



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“DISEÑO DE UNA CÉLULA DE PRODUCCIÓN SIMULADA PARA  
PRÁCTICAS EXPERIMENTALES DE LOS ESTUDIANTES DE  
INGENIERÍA INDUSTRIAL.”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial

**Autor:**

Núñez Acosta Alvaro Paúl

**Tutor:**

PhD. MSc. Medardo Ángel Ulloa Enríquez

**Latacunga – Ecuador**

**Septiembre 2020**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Alvaro Paúl Núñez Acosta con cédula de ciudadanía 180472998-4 declaro ser autor del presente proyecto de investigación, “**DISEÑO DE UNA CÉLULA DE PRODUCCIÓN SIMULADA PARA PRÁCTICAS EXPERIMENTALES DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**”, siendo el PhD. MSc. Medardo Ulloa Enríquez tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



Alvaro Paúl Núñez Acosta

180472998-4



## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título: “**DISEÑO DE UNA CÉLULA DE PRODUCCIÓN SIMULADA PARA PRÁCTICAS EXPERIMENTALES DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**”, de autoría del postulante Alvaro Paúl Núñez Acosta, de la carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas en la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 17 de Septiembre del 2020

.....  
PhD. MSc. Medardo Ulloa Enríquez

**Tutor del Proyecto de Investigación**

CC: 1000970325



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente proyecto de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante: Alvaro Paúl Núñez Acosta, con el título de Proyecto de Investigación: **“DISEÑO DE UNA CÉLULA DE PRODUCCIÓN SIMULADA PARA PRÁCTICAS EXPERIMENTALES DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto. Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 17 de Septiembre del 2020

Para constancia firman:

.....  
Lector 1  
Ing. Mg. Hernán Navas  
CC: 050069554-9

.....  
Lector 2  
Ing. MSc. Xavier Espín  
CC:050226936-8

.....  
Lector 3  
Ing. Mg. Marcelo Tello  
CC: 050151855-9

## **AGRADECIMIENTO**

A los docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la Carrera de Ingeniería Industrial por compartir sus conocimientos y experiencia para fortalecer nuestras ideas y desarrollar nuevas destrezas que nos permitirá ser buenos profesionales dentro del ámbito laboral.

A mi tutor de tesis el PhD Medardo Ulloa por la oportunidad de desarrollar este proyecto con su ayuda y su guía para finalizarlo con éxito.

Al Ing. MSc. Raúl Andrango por su ayuda y dedicación para compartir sus conocimientos y experiencia en el desarrollo de este proyecto reforzando los conocimientos impartidos en clases.

Me gustaría agradecer a mi amigo Bryan que siempre está apoyándome y brindándome ayuda cuando la necesito, a mis amigos incondicionales que a pesar de las circunstancias siempre me alentaron a seguir adelante.

**Alvaro Núñez**

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida y la fortaleza para culminar una de las metas que he planteado en mi vida.

A mi madre y mi padre por animarme avanzar siempre hacia adelante, no permitir que me rinda tras cada caída y guiándome por el buen camino, a todas las personas que me apoyaron incondicionalmente a lo largo de mi formación académica.

**Alvaro Núñez**

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                                    |      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------|
| PORTADA .....                                                                      | i    |
| DECLARACION DE AUTORIA .....                                                       | ii   |
| AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACION.....                                  | iii  |
| APROBACION DEL TRIBUNAL DE TITULACION.....                                         | iv   |
| CI TCF GEKO KGP VQ .....                                                           | v    |
| F GF ÆCVQTKC(00000) .....                                                          | vi   |
| TABLA DE CONTENIDO .....                                                           | vii  |
| RESUMEN .....                                                                      | xiii |
| ABSTRACT .....                                                                     | xiv  |
| AVAL DE TRADUCCION.....                                                            | xv   |
| 1. INFORMACIÓN GENERAL .....                                                       | 1    |
| 2. DESCRIPCIÓN .....                                                               | 2    |
| 3. JUSTIFICACIÓN .....                                                             | 3    |
| 4. BENEFICIARIOS .....                                                             | 3    |
| 5. EL PROBLEMA .....                                                               | 4    |
| 6. OBJETIVOS.....                                                                  | 5    |
| 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS<br>PLANTEADOS ..... | 6    |
| 8. ANTECEDENTES DE INVESTIGACION.....                                              | 7    |
| 9. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....                                          | 8    |
| 9.1 Proceso.....                                                                   | 8    |
| 9.2 Elementos de un proceso. ....                                                  | 8    |
| 9.3 Manufactura .....                                                              | 9    |
| 9.4 Proceso de Manufactura.....                                                    | 9    |
| 9.5 Beneficios de una célula de trabajo .....                                      | 9    |
| 9.6 Diseño industrial .....                                                        | 10   |
| 9.7 Proceso de formación de una célula de manufactura.....                         | 11   |
| 9.8 Sistemas de Fabricación Celular .....                                          | 12   |
| 9.9 Formación de célula de manufactura .....                                       | 12   |
| 9.10 Estudio de trabajo de las estaciones.....                                     | 13   |
| 9.10.1 Estudio de métodos.....                                                     | 14   |
| 9.10.2 Medición del trabajo .....                                                  | 16   |
| 9.11 Simulación .....                                                              | 23   |
| 9.12 Modelo .....                                                                  | 23   |

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 9.13 Elementales de un modelo de simulación.....                                                              | 23 |
| 9.14 FlexSim.....                                                                                             | 24 |
| 9.15 Desarrollo de prácticas experimentales .....                                                             | 24 |
| 9.15.1 Aprendizaje.....                                                                                       | 24 |
| 9.15.2 Actividades experimentales.....                                                                        | 25 |
| 9.15.3 Desarrollo de actividades experimentales .....                                                         | 25 |
| 9.16 Determinación del problema experimental en el objeto de estudio.....                                     | 25 |
| 9.17 Planteamiento de problemas experimentales en el objeto de estudio.....                                   | 25 |
| 9.18 Diseño del experimento docente.....                                                                      | 26 |
| 9.19 Ejecución del experimento docente en clase .....                                                         | 26 |
| 9.20 Comprobación del experimento la interacción del sujeto- sujeto.....                                      | 26 |
| 9.21 Metodologías utilizadas en el desarrollo de las experiencias de laboratorio.....                         | 27 |
| 9.21.1 Experimentos introductorios .....                                                                      | 27 |
| 9.21.2 Experimento de comprobación.....                                                                       | 27 |
| 9.21.3 Experimento inductivo o de descubrimiento.....                                                         | 27 |
| 9.21.4 Experimentos independientes .....                                                                      | 27 |
| 9.21.5 Experimentos .....                                                                                     | 28 |
| 9.22 Enfoques pedagógicos para el desarrollo de las prácticas de laboratorio.....                             | 28 |
| 9.23 Metodologías utilizadas para el logro de la habilidad experimental en los estudiantes de ingeniería..... | 28 |
| 10. HIPÓTESIS .....                                                                                           | 30 |
| 11. METODOLOGÍAS .....                                                                                        | 30 |
| 12. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....                                                                  | 32 |
| 12.1 Sistemas de producción .....                                                                             | 32 |
| 12.2 Procesos de una célula de producción .....                                                               | 33 |
| 12.3 Selección de equipos para la fabricación.....                                                            | 38 |
| 12.4 Estaciones de trabajo .....                                                                              | 39 |
| 12.4.1 Establecimiento de secuencia de trabajo .....                                                          | 39 |
| 12.4.2 Diagrama de recorrido dentro de la célula de producción.....                                           | 58 |
| 12.5 Estudio de trabajo .....                                                                                 | 61 |
| 12.5.1 Estudio de tiempos. ....                                                                               | 61 |
| 12.5.2 Calculo de capacidad de producción.....                                                                | 70 |
| 12.5.3 Balanceo de líneas .....                                                                               | 73 |
| 12.5.4 Resumen del balanceo de línea.....                                                                     | 80 |
| 12.6 Áreas de trabajo definidas.....                                                                          | 81 |



|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 12.7 Simulación del proceso productivo..... | 83 |
| 12.7.1 Diseño del modelo .....              | 83 |
| 12.7.2 Elementos del modelo simulado.....   | 83 |
| 12.8 Desarrollo de prácticas.....           | 86 |
| 12.8.1 Practica 1 .....                     | 86 |
| 12.8.2 Practica 2 .....                     | 88 |
| 12.8.3 Practica 3 .....                     | 90 |
| 12.8.4 Practica 4 .....                     | 93 |
| 13. PRESUPUESTO.....                        | 96 |
| 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....    | 97 |
| 15. BIBLIOGRAFÍA .....                      | 98 |
| 16. ANEXOS.....                             | 99 |

## Índice de tablas

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla N°1 Beneficiarios .....                                         | 3  |
| Tabla N°2 Objetivos, actividades y metodología .....                  | 6  |
| Tabla N°3 Etapas del estudio de métodos .....                         | 13 |
| Tabla N°4 Ritmo de trabajo según escala de valoración británica ..... | 19 |
| Tabla N°5 Ajustes por dificultad del trabajo .....                    | 20 |
| Tabla N°6 Sistema de suplementos por descanso .....                   | 21 |
| Tabla N°7 Descripción de maquinas .....                               | 39 |
| Tabla N°8 Diagrama sinóptico área de corte.....                       | 46 |
| Tabla N°9 Diagrama analítico área de corte.....                       | 47 |
| Tabla N°10 Diagrama sinóptico área de destallado .....                | 48 |
| Tabla N°11 Diagrama analítico área de destallado .....                | 49 |
| Tabla N°12 Diagrama sinóptico área de aparado .....                   | 50 |
| Tabla N°13 Diagrama analítico área de aparado .....                   | 51 |
| Tabla N°14 Diagrama sinóptico área de armado.....                     | 52 |
| Tabla N°15 Diagrama analítico área de armado.....                     | 53 |
| Tabla N°16 Diagrama sinóptico área de plantado .....                  | 54 |
| Tabla N°17 Diagrama analítico área de plantado .....                  | 55 |
| Tabla N°18 Diagrama sinóptico área de terminado .....                 | 56 |
| Tabla N°19 Diagrama analítico área de terminado .....                 | 57 |
| Tabla N°20 Valores para cálculo de la muestra .....                   | 61 |
| Tabla N°21 Valoración objetiva.....                                   | 62 |
| Tabla N°22 Calculo de suplementos por área .....                      | 63 |
| Tabla N°23 Estudio de tiempos área de corte .....                     | 64 |
| Tabla N°24 Estudio de tiempos área de destallado .....                | 65 |
| Tabla N°25 Estudio de tiempos área de aparado .....                   | 66 |
| Tabla N°26 Actividades área de armado .....                           | 67 |
| Tabla N°27 Actividades área de plantado .....                         | 68 |
| Tabla N°28 Estudio de tiempos área de terminado .....                 | 69 |
| Tabla N°29 Tiempos de producción de calzado.....                      | 70 |
| Tabla N°30 Balanceo de línea área de corte.....                       | 74 |
| Tabla N°31 Balanceo de línea área de destallado .....                 | 75 |
| Tabla N°32 Balanceo de línea área de aparado .....                    | 76 |
| Tabla N°33 Balanceo de línea área de armado.....                      | 77 |
| Tabla N°34 Balanceo de línea área de plantado .....                   | 78 |
| Tabla N°35 Balanceo de línea área de terminado .....                  | 79 |
| Tabla N°36 Resumen de Balanceo de línea .....                         | 80 |
| Tabla N°37 Presupuesto .....                                          | 96 |

## Índice de ilustraciones

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración N°1 Elementos de un proceso .....                                       | 8  |
| Ilustración N°2 Formación de una célula de manufactura .....                        | 13 |
| Ilustración N°3 Herramientas utilizadas para el análisis de métodos de trabajo..... | 14 |
| Ilustración N°4 Simbología del diagrama de flujo .....                              | 15 |
| Ilustración N°5 Simbología diagrama analítico .....                                 | 16 |
| Ilustración N°6 Diagrama de recorrido .....                                         | 16 |
| Ilustración N°7 Numero recomendado de ciclos de observación.....                    | 18 |
| Ilustración N°8 Segmentación de suplementos .....                                   | 21 |
| Ilustración N°9 División de tiempos .....                                           | 22 |
| Ilustración N°10 Corte de cuero con troquel .....                                   | 33 |
| Ilustración N°11 Proceso de rayado .....                                            | 34 |
| Ilustración N°12 Destallado de calibre.....                                         | 34 |
| Ilustración N°13 destallado de doblados .....                                       | 34 |
| Ilustración N°14 Pegado de piezas .....                                             | 35 |
| Ilustración N°15 Proceso de aparado .....                                           | 35 |
| Ilustración N°16 Maquina fijadora de puntas.....                                    | 35 |
| Ilustración N°17 Maquina conformadora de talones.....                               | 36 |
| Ilustración N°18 Reactivadora de capellada.....                                     | 36 |
| Ilustración N°19 Conformado de puntas .....                                         | 37 |
| Ilustración N°20 Reactivadora de talón.....                                         | 37 |
| Ilustración N°21 Armadora de lados y talón .....                                    | 37 |
| Ilustración N°22 Maquina de secadora-reactivadora .....                             | 38 |
| Ilustración N°23 Pegadora de suelas .....                                           | 38 |
| Ilustración N°24 Diagrama de flujo área de corte .....                              | 40 |
| Ilustración N°25 Diagrama de flujo área de destallado.....                          | 41 |
| Ilustración N°26 Diagrama de flujo área de aparado .....                            | 42 |
| Ilustración N°27 Diagrama de flujo área de armado .....                             | 43 |
| Ilustración N°28 Diagrama de flujo área de plantado .....                           | 44 |
| Ilustración N°29 Diagrama de flujo área de terminado .....                          | 45 |
| Ilustración N°30 Diagrama de recorrido .....                                        | 59 |
| Ilustración N°31 Layout de la célula de producción .....                            | 82 |
| Ilustración N°32 Entidades.....                                                     | 83 |
| Ilustración N°33 Atributos .....                                                    | 84 |
| Ilustración N°34 Recursos .....                                                     | 84 |
| Ilustración N°35 Célula de manufactura .....                                        | 85 |

## Índice de Ecuaciones

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| Ecuación N°1 Numero de observaciones .....       | 18 |
| Ecuación N°2 Tiempo Normal .....                 | 22 |
| Ecuación N°3 Tiempo Estándar .....               | 22 |
| Ecuación N°4 Capacidad de Producción .....       | 22 |
| Ecuación N°5 Factor de ajuste .....              | 62 |
| Ecuación N°6 Factor de valoración objetiva ..... | 62 |
| Ecuación N°7 Capacidad de producción .....       | 70 |
| Ecuación N°8 Cantidad de puestos teóricos .....  | 73 |
| Ecuación N°9 Cantidad de puestos teóricos .....  | 73 |
| Ecuación N°10 Minutos necesarios .....           | 73 |
| Ecuación N°11 Índice de desocupación .....       | 73 |



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TÍTULO:** “DISEÑO DE UNA CÉLULA DE PRODUCCIÓN SIMULADA PARA PRÁCTICAS EXPERIMENTALES DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.”

**Autor:** Alvaro Paúl Núñez Acosta

### RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como propósito el “Diseño de una célula de producción simulada para prácticas experimentales de los estudiantes de Ingeniería Industrial” para desarrollar nuevas habilidades en los estudiantes universitarios mismas que servirán para el cumplimiento de las actividades dentro del campo laboral, el proyecto tiene como objetivo principal el diseño de las estaciones de trabajo que conformaran una célula de producción mediante el uso de software de diseño y simulación, este estudio se plantea como una investigación descriptiva ya que se basa en la recopilación de información de varias fuentes bibliográfica, se adoptó la técnica de investigación de observación, mismas que permitieron la evaluación de los diferentes elementos que se requieren para el diseño de una célula de manufactura y su simulación, mediante la recopilación de información de células de manufactura se analizó los procesos involucrados, los sistemas de fabricación celular inmersos en la industria productiva mismos que aportan al mejoramiento de la calidad de los productos que se generan en el Ecuador, a esta información se la orienta al proceso de aprendizaje de los estudiantes mediante un modelo de simulación de un sistema que permite la manipulación del mismo mostrando los posibles resultados que se pueden obtener a través del uso de softwares donde el usuario decide cuáles serán las variables que aplicara, los métodos que utilizara para la recopilación de los datos, la interpretación de los resultados obtenidos esto favorece a la aplicación de los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo de la carrera. Además es de vital importancia el desarrollo de prácticas experimentales ya que a través de estas se establecen y se toman medidas cuyo resultado permite verificar o comprobar teorías, esto genera profesionales que aportan con ideas nuevas e innovadoras para la solución de problemas.

**Palabras clave:** Célula de producción, sistemas de fabricación, diseño, simulación, modelo, softwares, prácticas experimentales.



# COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

## FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**TITLE:** "DESIGN OF A SIMULATED PRODUCTION CELL FOR EXPERIMENTAL PRACTICES OF INDUSTRIAL ENGINEERING STUDENTS."

**Author:** Alvaro Paúl Núñez Acosta

### ABSTRACT

The purpose of this research project is the "Design of a simulated production cell for experimental practices of Industrial Engineering students" to develop new skills in university students. These will be useful for the fulfillment of the activities within the labor field. The main objective of the project aims to the design of workstations that will make up a production cell through the use of a design and simulation software. This study is presented as descriptive research as it is based on the collection of information from various bibliography sources. The observational research technique was adopted, which allowed the evaluation of the different elements that are required for the design of a manufacturing cell and its simulation. Through information gathering about manufacturing cells, the processes involved -cell manufacturing systems immersed in the productive industry- contribute to the improvement of the quality of the products generated in Ecuador. This information is oriented to the learning process of the students using a simulation model of a system that allows its manipulation showing the possible results that can be obtained through the use of software programs. These help the user decide which variables will be applied; the methods that will be used to the data collection, the interpretation of the results obtained which favor the application of the theoretical knowledge acquired throughout the career. The importance of the development of experimental practices is also vital since through them measures are established and taken. The result allows users to verify or prove theories right. This generates professionals who provide new and innovative ideas for the solution of problems.

**Keywords:** Production cell, manufacturing systems, design, simulation, model, software, experimental practices.



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por el señor Núñez Acosta Alvaro Paúl Egresado de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, cuyo título versa “**DISEÑO DE UNA CÉLULA DE PRODUCCIÓN SIMULADA PARA PRÁCTICAS EXPERIMENTALES DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, Septiembre del 2020

Atentamente,

Nelson Guagchinga Mg. C.  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
**C.C. 050324641-5**

## **1 INFORMACIÓN GENERAL**

**Título:** Diseño de una célula de producción simulada para prácticas experimentales de los estudiantes de Ingeniería industrial.

**Fecha de inicio:**

Mayo

**Fecha de finalización:**

Septiembre

**Lugar de ejecución:**

Universidad Técnica de Cotopaxi

**Facultad que auspicia**

CIYA

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Industrial

**Proyecto de investigación vinculado:**

Diseño y construcción de un prototipo de línea de producción automatizada como apoyo al proceso enseñanza aprendizaje en la carrera de ingeniería industrial.

**Equipo de Trabajo:**

Alvaro Paúl Núñez Acosta

**Tutor:**

PhD. Medardo Ángel Ulloa Enríquez

**Investigadores participantes**

Ing. Mgs. Ángel Hidalgo Oñate

Ing. Ángel Tello Córdor

Ing. Mgs. Benjamín Chavez

Ing. Mgs. Hernán Navas

Ing. Mgs. Raúl Andrango

**Área de Conocimiento:**

**Campo Amplio:** 07 Ingeniería Industrial y construcción

**Campo Específico:** 02 Industria y producción

**Campo Detallado:** 05 Producción industrial



## 07 Diseño Industrial y de Procesos

### **Línea de investigación:**

Procesos industriales.

### **Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Procesos Productivos.

Administración y gestión de la producción.

## **2 DESCRIPCIÓN**

El presente proyecto propone el diseño de una célula de producción simulada para el laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, elemento con el cual se simulara un proceso de manufactura dentro de una industria; para lograr los objetivos de este proyecto, es necesario el uso de elementos de diseño de los puestos de trabajo para lo cual se usara un software, se identificarán los productos y componentes necesarios de la célula y se diseñara el proceso; se calculará el número de personas, máquinas y estaciones de trabajo de tal forma que se pueda definir la infraestructura para su posterior implementación; de ésta forma se aportará a la solución de la necesidad de experiencia práctica que los estudiantes deben tener al salir de la Universidad al campo laboral.

Todas las aplicaciones que proporciona el sistema serán dadas a conocer conforme avance del trabajo, además se proponen soluciones y mejoras en caso de que aparezcan problemas o fallos durante el proceso. Los problemas más comunes que se pueden encontrar en el sistema están en la manipulación de objetos y en el tráfico de datos desde y hacia los dispositivos electrónicos.

El proceso de experimentación permite al docente alcanzar un aprendizaje significativo, el aprendizaje humano va más allá que un cambio de conducta, la labor educativa debe conducir a un cambio en el significado de la experiencia, al tomar en cuenta al alumno de forma integral se le educa para incrementar su conocimiento, es así como en las prácticas es preciso que el docente tenga la capacidad de reconocer los intereses de cada alumno así como su experiencia previa, para así lograr la motivación necesaria para que el aprendiz incorpore a su propio conocimiento la información desarrollada dentro de las prácticas de laboratorio. (Ariza, 2010, pág. 30)

### 3 JUSTIFICACIÓN

El proceso industrial tiene un desarrollo metodológico, con una serie de pasos sistemáticos y coherentes entre sí, con el propósito de elaborar un producto final de alta calidad.

En el proceso de enseñanza aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial la simulación es una herramienta que permite al futuro ingeniero acercarse a la forma real del cómo se desarrolla el proceso productivo permitiendo consolidar habilidades y aptitudes que solidifican el conocimiento significativo primordial en el marco profesional de la ingeniería industrial. La Universidad Técnica de Cotopaxi, consciente de ésta necesidad quiere incorporar ésta alternativa de estudio a través de prácticas simuladas en células de producción.

El desarrollo de una actividad de forma práctica nos permite adquirir experiencia, conocer los factores que intervienen en la actividad y desarrollar nuevas habilidades que son necesarias dentro del ámbito laboral, con la aplicación del presente proyecto se podrán realizar las prácticas de varias asignaturas de la carrera de ingeniería industrial como lo son en materia de ingeniería de métodos, producción, administración de la producción, etc. beneficiando así a los aproximadamente 500 estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### 4 BENEFICIARIOS

**Tabla N°1 Beneficiarios**

| <b>Beneficiarios</b>                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Directos</b>                                                                                                         | <b>Indirectos</b>                                                                                                                                                                                    |
| Los beneficiarios directos son los aproximadamente 500 estudiantes y 8 docentes de la carrera de Ingeniería Industrial. | Los beneficiarios indirectos de este proyecto será todo el mercado laboral de la ingeniería industrial, con un aproximado en microempresas a nivel de la Provincia de Cotopaxi de 601 microempresas. |

**Elaborado por:** Autor del proyecto

## 5 EL PROBLEMA

En los últimos años en el Ecuador se ha generado un gran incremento en la creación de microempresas dedicadas al proceso de manufactura al iniciar dichas empresas sus procesos de trabajo se centra en una forma manual generando una calidad diferente en cada uno de sus productos por lo cual se busca modernizar y automatizar sus procesos, permitiendo que se cumpla con normas, estándares nacionales e internacionales mejorando la calidad de productos ayudando a las empresas a ser más competitivas a través del uso de las nuevas tecnologías llegando así a cumplir las metas planteadas.

Los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi deben familiarizarse con los procesos que involucra una célula de producción para adquirir experiencia en el campo del manejo de los sistemas productivos permitiéndoles así en la vida laboral mejorar o modificar los procesos con el fin de generar mejores resultados con la menor cantidad de recursos.

La Universidad Técnica de Cotopaxi no cuenta con un laboratorio de simulación de gestión por células para el proceso de aprendizaje por lo cual no se puede poner en práctica los conocimientos teóricos recibidos a lo largo de la carrera.

El presente proyecto: **“Diseño de una célula de producción simulada para prácticas experimentales de los estudiantes de Ingeniería Industrial”** pretende abarcar las materias prácticas de la carrera de Ingeniería Industrial (Ingeniería de Métodos, Administración de la producción, Producción, Localización y diseño de plantas industriales, etc.) permitiendo que los estudiantes adquieran conocimientos y experiencia brindándoles una visión de los procesos presentes dentro de una célula de producción en el ámbito laboral.

## **6 OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar las estaciones de trabajo de una célula de producción simulada mediante el uso de softwares para el proceso de aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Industrial.

### **Específicos**

- Identificar las características de una célula de producción para el diseño de áreas de trabajo, en un proceso productivo.
- Dimensionar las áreas de trabajo de la célula de producción para la distribución eficiente de los espacios.
- Realizar la simulación del proceso productivo en base a los datos y cálculos obtenidos para la célula de manufactura.
- Elaborar las guías de prácticas en la célula de producción para el uso de los estudiantes de Ingeniería Industrial.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla N°2 Objetivos, actividades y metodología

| Objetivos                                                                                                                      | Actividad                                                                                                                                                                                                                                        | Resultado de la actividad                                                                                                                                                                                                 | Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Identificar las características de una célula de producción para el diseño de estaciones de trabajo, en un proceso productivo. | <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar un análisis de las células de producción en la industria</li> <li>Identificar los procesos de una célula de producción.</li> <li>Establecer las áreas de trabajo dentro de la célula.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Componentes de una célula de trabajo identificados.</li> <li>Procesos estandarizados.</li> <li>Tipo de producción seleccionado.</li> </ul>                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Método analítico</li> <li>Método deductivo</li> <li>Investigación bibliográfica</li> </ul> |
| Dimensionar las estaciones de trabajo de la célula de producción para la distribución eficiente de los espacios.               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar los procesos que se realizara en las áreas.</li> <li>Dimensionar las áreas de trabajo.</li> <li>Realizar un estudio de trabajo de las áreas.</li> <li>Diseño de layout del proceso</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Áreas y puestos de trabajo definidos.</li> <li>Procesos identificados y definidos.</li> <li>Áreas de trabajos dimensionados.</li> <li>Plano de la célula de producción.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Método sintético</li> <li>Método deductivo</li> <li>Investigación bibliográfica</li> </ul> |
| Realizar la simulación del proceso productivo en base a los datos y cálculos obtenidos para la célula de manufactura.          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Simulación del proceso productivo</li> </ul>                                                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Visualización del proceso productivo.</li> <li>Comparación entre la simulación y el desarrollo real.</li> </ul>                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Método analítico</li> <li>Método sintético</li> </ul>                                      |
| Elaborar las guías de prácticas en la célula de producción para el uso de los estudiantes de Ingeniería Industrial.            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar el tipo de práctica que puede desarrollarse en la célula de producción</li> <li>Elaborar las guías de prácticas en la célula de producción.</li> </ul>                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Diseñar y elaborar guías de prácticas.</li> </ul>                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Método analítico</li> <li>Método deductivo</li> <li>Investigación bibliográfica</li> </ul> |

Elaborado por: (Nuñez, 2020)

## 8 ANTECEDENTES DE INVESTIGACION

La necesidad de adquirir una guía para la elaboración del presente proyecto de investigación se ha considerado la revisión bibliográfica y trabajos similares de diseño de células de producción simuladas y estudio de tiempos por esta razón se inspecciono publicaciones científicas, archivos del repositorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, tesis de otros países y archivos de diferentes universidades del país se estudiara las conclusiones obtenidas de los mismos como son:

- Estandarización de los procesos de fabricación en el área de montaje de la empresa de calzado Wonderland. cuyo autor es Ronquillo Freire Paúl Vicente este fue Trabajo de graduación modalidad TEMI Trabajo Estructurado de Manera Independiente, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización en la Universidad Técnica de Ambato en 2015. En este proyecto se concluyó que “la aplicación de un software de simulación para la evaluación del método propuesto, permite al investigador tener una visión clara y objetiva de cuan factible es el emplear las mejoras propuestas; asimismo, a la empresa de calzado Wonderland le ahorra tiempo y dinero, ya que primero se analiza de manera computacional todos los posibles cambios antes de aplicarlos, para que de esta forma se tenga un enfoque ideal de lo que se va a hacer y si los cambios son proporcionales a las metas que se quiere alcanzar con el método propuesto” (Freire, 2015, pág. 244)
- Aplicación lean manufacturing a una célula autónoma de fabricación de piezas de CN cuyo autor es Coral María García Macías este fue Trabajo Fin de Grado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla en 2016 en este proyecto se concluyó que “Un sistema de fabricación basado en células de trabajo en forma de U constituye la manera más eficiente de producción, en cuanto a la reducción de tiempos de fabricación y movimientos de material en su interior.” (Garcia, 2016, pág. 197)
- Diseño de celdas de manufactura considerando el balanceo de las cargas de trabajo con algoritmos genéticos cuyo autores son Edison Suesca, Milena Bermúdez, Camilo Mejía, Luis Armando, Leonardo Rodríguez en la Universidad EAN en 2016 en este artículo se concluyó que “Al considerar el tiempo promedio en la obtención de las mejores soluciones, se puede evidenciar una clara ventaja para el proceso de diseño de sistemas de manufactura, ya que es posible realizar varias iteraciones que permiten validar los resultados, simularlos o realizar una evaluación más detallada de estos en un tiempo muy corto. Adicionalmente, si se realizan cambios en los productos o procesos

que modifican la matriz de incidencia, los tiempos de operación y/o los tiempos ciclo, es posible en un corto tiempo formular nuevas propuestas para reconfigurar las celdas o modificar la asignación de las cargas de trabajo para lograr una mejor operación; esto influye positivamente en facilitar la flexibilidad del sistema.”

(Suesca, Bermúdez, Mejía, & Cobo, 2016, pág. 112)

## 9 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

### 9.1 Proceso

El proceso es una secuencia de actividades ordenadas, en donde a través de una entrada (materia prima o insumos) definida se puede desarrollar una o varias tareas, que permitan generar una salida (producto o servicio terminado). (Monga, 2018, pág. 11)

Es el conjunto de actividades relacionadas y ordenadas que tiene como objetivo principal aportar valor al producto en cada una de las etapas para satisfacer las necesidades del cliente, tiene como origen una entrada y como fin una salida.

### 9.2 Elementos de un proceso.

Para (Fernández, 2010, pág. 49) todo proceso consta de los siguientes elementos:

**Entrada.** Es un producto que proviene de un suministrador (externo o interno); es la salida de otros procesos (precedente en la cadena de valor) o de un proceso del proveedor o del cliente. (Fernández, 2010, pág. 49)

**Salida.** Es un producto que va destinado a un usuario o cliente (externo o interno). (Fernández, 2010, pág. 49)

Así pues, una entrada y una salida, un proveedor y un cliente, definen los límites de todo proceso que han de ser claros y conocidos para poder asignar la responsabilidad pertinente, para que los procesos estén conectados entre sí, es preciso que entradas y salidas estén fuera del ámbito de responsabilidad funcional. (Fernández, 2010, pág. 49)



**Ilustración N°1 Elementos de un proceso**  
Fuente: (Nudel, 2013)

### **9.3 Manufactura**

Manufactura es un proceso para la transformación de materia prima en productos terminados a través de un serie de actividades, desde el punto de vista organizacional la manufactura se trata de la estructuración y organización de un conjunto de operaciones que permiten a un sistema realizar una tarea específica. (Suesca, Bermúdez, Mejía, & Cobo, 2016, pág. 89)

### **9.4 Proceso de Manufactura**

El proceso de manufactura está conformado por 5 criterios:

- Proyecto
- Materiales
- Procesos de manufactura
- Factor humano
- Proceso administrativo

Estos criterios se relacionan de la siguiente forma el proyecto se trata de diseños funcionales que permitan el proceso productivo calculado y controlado usando los materiales más adecuados para la transformación de la materia prima mediante un sistema coordinado de actividades que tienen como objetivo generar un producto terminado que cumpla con las necesidades del cliente y los estándares de calidad, el criterio de factor humano se centra en las condiciones que requiere el personal para lograr un mejor desempeño laboral por último los procesos administrativos se trata de un conjunto de manejo generalizado de la organización. (Alting, 1990, pág. 369)

### **9.5 Beneficios de una célula de trabajo**

Se utilizan para combinar un equipo de personas que comparten un objetivo común en un área específica, con la ventaja adicional de mejorar la comunicación y promover el trabajo en equipo, las células de trabajo se implementan a menudo en instalaciones de fabricación para mejorar el flujo de proceso, la calidad, la velocidad y reducir costes. (García, 2016)



Según (García, 2016) los beneficios son los siguientes:

- **Ahorro de espacio**

Para mover previamente varios puestos de trabajo y colocarlos en un área compacta permitirá ahorrar el espacio libre, el espacio ahorrado deja más sitio para las células adicionales, lo que aumenta la capacidad de producción. (García, 2016)

- **Funcionalidad**

En una planta de fabricación, los equipos involucrados en el proceso de producción deben colocarse de manera que los productos que se producen avanzan sin problemas de una etapa a la siguiente, esto es posible cuando el equipo se agrupa en células de trabajo que facilitan la progresión lógica de los productos que se producen desde las materias primas en un extremo hasta el producto terminado en el otro. (García, 2016)

- **Flexibilidad**

Al implementar el sistema de gestión lean y eliminando los fallos se genera un proceso altamente eficiente en todos sus aspectos (tiempo de proceso bajo, reducción de stocks, reducción de paros, productividad elevada y equilibrada), el tiempo de ciclo variara con el objetivo de adaptarlo al takt time. (García, 2016)

- **Calidad**

Al introducir el proceso de fabricación en flujo unitario unida a un autocontrol en una empresa esto permite que al final de cada operación se pueda detectar, corregir y prevenir los fallos del proceso productivo, el número de fallos encontrados en los productos disminuyen de forma significativa obteniendo así una mayor productividad. (García, 2016)

## **9.6 Diseño industrial**

El diseño industrial con un enfoque holístico, por lo que es más coherente la definición otorgada por la Industrial Designers Society of América que lo declara como una actividad cuya función es crear productos y sistemas que optimizan la función, el valor y la apariencia para el beneficio mutuo de usuarios y manufactureros, a través de la innovación y la colaboración interdisciplinaria. (IDSA, 2010)

## **9.7 Proceso de formación de una célula de manufactura**

El diseño de una célula de producción es un ejercicio que involucra a toda la organización, este proceso comprende aspectos relacionados tanto con la estructura de la célula como con el control y gestión de la misma, (García, 2016, pág. 14) los pasos a considerar son los siguientes:

- **Formación de familias y selección de productos a fabricar.**

Mediante los medios de categorización y codificación de productos de la tecnología de grupos, se organizan por familias y se establece el conjunto de productos y la cantidad que se desea fabricar. (Garcia, 2016, pág. 14)

- **Selección de máquinas y equipos para la fabricación.**

De acuerdo a las especificaciones en el diseño de dichos productos se estudia el tipo y el número de máquinas que son necesarios para la fabricación de los mismos de igual forma se identifican las herramientas y el utillaje para cada operación del proceso. (Garcia, 2016, pág. 14)

- **Establecimiento de la secuencia y operaciones de trabajo.**

Definidos los productos a fabricar y contando con las máquinas necesarias para ello, se determinan todas las operaciones del proceso de fabricación de cada pieza y la secuencia de las mismas. (Garcia, 2016, pág. 14)

- **Medición de la demanda y sincronización de los tiempos de fabricación.**

Para que un sistema productivo sea eficiente debe producir de acuerdo a la demanda, tomando en consideración los cambios y fluctuaciones del mercado, los requerimientos del cliente para esto es importante la sincronización del tiempo de producción del producto con la demanda y la entrega a tiempo del producto. (Garcia, 2016, pág. 14)

- **Equilibrio del proceso**

La optimización de la producción es siempre una meta a conseguir con el equilibrado o balanceo de la línea de fabricación se consigue que todas las máquinas estén ocupadas en cada momento, reduciendo el tiempo de fabricación y aumentando así la productividad. (Garcia, 2016, pág. 14)

- **Diseño del layout**

Para realizar una correcta distribución de los distintos equipos dentro de la célula es necesario determinar el layout según el flujo de material y de las operaciones, la distribución en planta es esencial para la minimización y optimización de los espacios ocupados por las máquinas, recorrido de personas y productos. (Garcia, 2016, pág. 14)

## **9.8 Sistemas de Fabricación Celular**

Los sistemas de fabricación celular (SFC) son otro modelo de sistema inmerso en la industria manufacturera destinado a la mejora de la productividad, la fabricación celular es un proceso productivo que implica el uso de múltiples células, estas células están compuestas por una o

varias máquinas que realizan tareas predeterminadas, las células pueden estar dedicadas a un subcomponente o el producto al completo. (Delgado, 2017, pág. 26)

Según (Groover, 2007, págs. 18-19) Existen varias posibilidades de diseño:

- **Célula de máquina única**

Se trata de una sola máquina que se opera manualmente y dispone de las herramientas, auxiliares para la generación de las distintas variables dentro de la familia de piezas, la célula de máquina única se emplea cuando se realizan operaciones básicas de mecanizado.

- **Célula de múltiples máquinas**

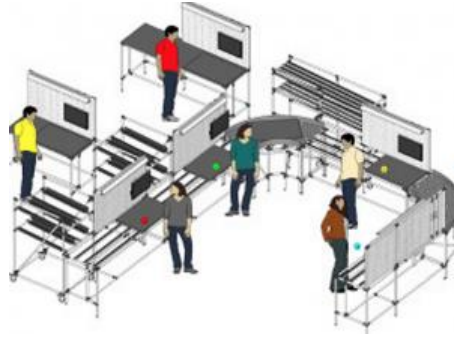
Esta célula consta de dos o más máquinas que llevan a cabo las operaciones de fabricación de forma manual, en la que los trabajadores mueven las piezas dentro de la célula y las colocan en las distintas máquinas para su procesado, la distribución en planta más usada para este tipo de células es la distribución en forma de U o C.

- **Célula de producción flexible**

Es una línea de montaje manual semi-automatizada para ensamblar o procesar productos terminados o componentes, esta semi-automatización es lo que le permite ser flexible y adaptarse a la variación de la demanda tanto en volumen como en variedad de modelos/productos.

## **9.9 Formación de célula de manufactura**

La formación de una célula de manufactura se trata de unir dos o más procesos que permitan la fabricación uno o más productos con el objetivo de reducir los tiempos de producción y se pueda adaptar fácilmente para la fabricación de productos similares. (Suesca, Bermúdez, Mejía, & Cobo, 2016, pág. 94)



**Ilustración N°2 Formación de una célula de manufactura**

**Fuente:** (García, 2016)

### 9.10 Estudio de trabajo de las estaciones.

El estudio de trabajo se realiza mediante una evaluación sistemática de los métodos utilizados para la realización de actividades con el objetivo de optimizar los recursos y establecer estándares de rendimiento, en particular se centra en el estudio de métodos y la medición del trabajo para el incremento de la productividad. (Salazar, 2019)

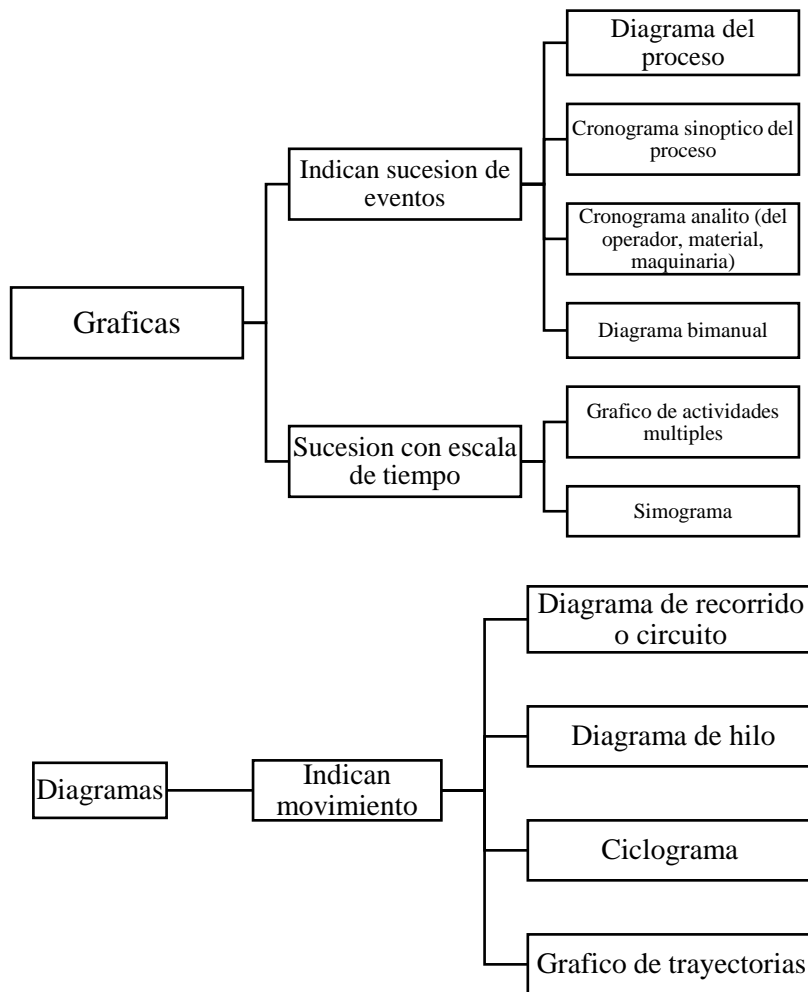
**Tabla N°3 Etapas del estudio de métodos**

| <b>ETAPA</b> | <b>DESARROLLO</b>                                                                                                                                                                                                  |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Seleccionar  | El trabajo o proceso a estudiar.                                                                                                                                                                                   |
| Registrar    | Recopilar todos los datos acerca de las operaciones utilizando técnicas de la forma más cómoda para analizar.                                                                                                      |
| Examinar     | Los hechos registrados con espíritu crítico, preguntándose sí se justifica lo que se hace, según el propósito de la actividad, el lugar donde se lleva a cabo, el orden en que se ejecutan, y los medios empleados |
| Establecer   | El método más económico tomando en cuenta las circunstancias y utilizando las diferentes técnicas de gestión, así como los aportes de dirigentes, supervisores, trabajadores.                                      |
| Evaluar      | Los resultados obtenidos con el nuevo método en comparación con la cantidad de trabajo necesario y establecer un tiempo tipo.                                                                                      |
| Definir      | El nuevo método, y el tiempo correspondiente, y presentar dicho método, ya sea verbalmente o por escrito, a todas las personas a quienes concierne, utilizando demostraciones                                      |
| Implementar  | El nuevo método, formando a las personas interesadas, como practica general con el tiempo fijado.                                                                                                                  |
| Controlar    | La aplicación de la nueva norma siguiendo los resultados obtenidos y comparándolos con los objetivos.                                                                                                              |

**Fuente:** (Niebel & Freivalds, 2004)

### 9.10.1 Estudio de métodos

Es una técnica de registro y examen crítico sistemático de las metodologías existentes y proyectadas utilizada para el desarrollo de un trabajo u operación, con el objetivo primordial de aplicar métodos sencillos y eficientes para mejorar la productividad de los sistemas y reducción de los costos. (Salazar, 2019)



#### Ilustración N°3 Herramientas utilizadas para el análisis de métodos de trabajo




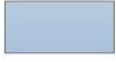

Elaborado por: Autor del proyecto

- **Diagrama de flujo de proceso**

Los diagramas de flujo son comunes en varios dominios técnicos y se usan para poner en orden los pasos a seguir o las acciones a realizar, su principal ventaja es que tienen capacidad de presentar la información con gran claridad, además de que se necesitan relativamente pocos conocimientos previos para entender los procesos y/o el objeto del modelado Ilustración N°10.

(Juganaru, 2014, pág. 34)

El diagrama de flujo es una representación gráfica que desglosa un proceso en las diferentes actividades que lo conforman, dentro del ámbito industrial se lo utiliza para la mejora de las actividades y la relación secuencial que existe entre ellas ilustración 24.

| Símbolo                                                                           | Nombre           | Función                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Inicio / Final   | Representa el inicio y el final de un proceso                                                  |
|  | Línea de Flujo   | Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción. |
|  | Entrada / Salida | Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida              |
|  | Proceso          | Representa cualquier tipo de operación                                                         |
|  | Decisión         | Nos permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso                  |

**Ilustración N°4 Simbología del diagrama de flujo**  
Fuente: (Barcia, 2020)

- **Diagrama sinóptico**

Es la idea gráfica de los puntos en los cuales se introducen materiales en el proceso, del orden de las inspecciones y de todas las operaciones, excepto las incluidas en la manipulación de los materiales (demoras, transportes y almacenamiento). (Salazar, 2019)

- **Diagrama o cursograma analítico**

Un cursograma analítico es la idea gráfica de la sucesión de todas las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes que tienen parte durante un proceso o procedimiento, y comprende la información considerada adecuada para el estudio. (Salazar, 2019)

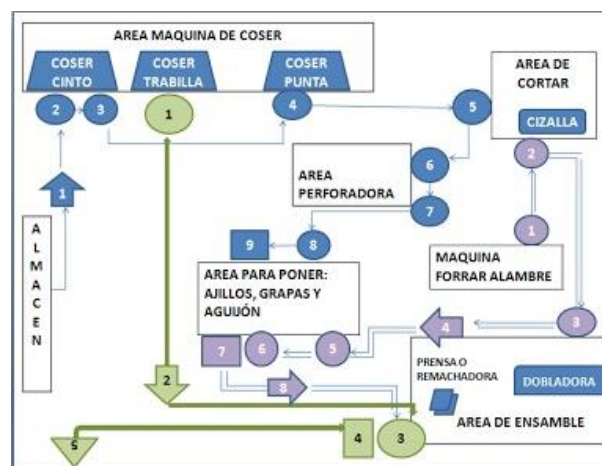
| SÍMBOLO                                                                             | NOMBRE         | DESCRIPCIÓN                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------|
|  | OPERACIÓN      | Indica las principales fases del proceso. Agrega, modifica, montaje, etc. |
|  | INSPECCIÓN     | Verifica la calidad y cantidad. En general no agrega valor.               |
|  | TRANSPORTE     | Indica el movimiento de materiales. Traslado de un lugar a otro.          |
|  | ESPERA         | Indica demora entre dos operaciones o abandono momentáneo.                |
|  | ALMACENAMIENTO | Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén                |
|  | COMBINADA      | Indica varias actividades simultáneas                                     |

**Ilustración N°5 Simbología diagrama analítico**  
Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009)

- **Diagrama de recorrido**

El diagrama de recorrido es una representación gráfica de la distribución de los pisos y edificios que muestra la ubicación de todas las actividades en el diagrama de flujo del proceso, al elaborar un diagrama de flujo o recorrido se identifica cada actividad mediante símbolos y números correspondientes a los que aparecen en el diagrama de flujo del proceso, la dirección del flujo se indica colocando pequeñas flechas a lo largo de las líneas de flujo, se pueden utilizar colores diferentes para indicar líneas de flujo en más de una parte.

(Niebel & Freivalds, 2009, pág. 30)



**Ilustración N°6 Diagrama de recorrido**

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009)

### 9.10.2 Medición del trabajo

Consiste en la aplicación de técnicas mediante las cuales se trata de determinar el tiempo empleado por un trabajador calificado para la realización de una tarea determinada, este tipo de medición tiene el objetivo de conocer el tiempo total de fabricación de un producto para la optimización de la producción, al reducir los tiempos de fabricación se podrá incrementar la productividad de recursos con respecto a la mano de obra o instalaciones. (Salazar, 2019)

#### 9.10.2.1 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de operación correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en un entorno determinadas y para examinar los datos a fin de consultar el tiempo requerido para realizar la tarea según una norma de ejecución preestablecida. (Salazar, 2019)

- **Etapas del estudio de tiempos**

1. Obtener y registrar toda la información acerca de la tarea del operario y de las condiciones que puedan influir en la ejecución del trabajo.
2. Registrar una descripción completa del método, descomponiendo la operación en elementos.
3. Examinar una descripción para verificar que se están utilizando los mejores métodos de trabajo.
4. Medir el tiempo con un instrumento apropiado, y registrar el tiempo invertido por el operario en realizar cada elemento de la operación.
5. Simultáneamente con la medición, determinar la velocidad de trabajo del operario por correlación con el ritmo normal de trabajo de este.
6. Convertir los tiempos observados o medidos en tiempos normales o básicos.
7. Determinar los suplementos por descanso que se añadirán al tiempo normal o básico de la operación.
8. Determinar el tiempo tipo o tiempo estándar de la operación.

- **Calculo del tamaño de la muestra**

Es estimar el tamaño de la muestra o el número de observaciones que deben efectuarse para cada elemento a fin de obtener un resultado confiable de tiempos básicos, dado un nivel de confianza y un margen de exactitud previamente determinado. (Kanawaty, 1996, pág. 300) Con el método estadístico que se basa en el número de observaciones realizadas previamente; la formula a aplica para un nivel de confianza de 95.45% y un margen de error de  $\pm 5\%$  es la siguiente:

**Ecuación N°1 Numero de observaciones**

|                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $n = \left( \frac{40\sqrt{n'\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}}{\Sigma x} \right)^2$ | <p><b>Siendo:</b></p> <p><b>n</b> = tamaño de la muestra que deseamos determinar.</p> <p><b>n'</b> = número de observaciones del estudio preliminar.</p> <p><math>\Sigma</math> = suma de los valores.</p> <p><b>x</b> = valor de las observaciones.</p> |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Algunas empresas como General electric han adoptado una guía convencional para determinar el número de ciclos a cronometrar y la guía se basa en el número total de minutos por ciclo.



| Tiempo de ciclo (minutos) | Número recomendado de ciclos |
|---------------------------|------------------------------|
| 0.10                      | 200                          |
| 0.25                      | 100                          |
| 0.50                      | 60                           |
| 0.75                      | 40                           |
| 1.00                      | 30                           |
| 2.00                      | 20                           |
| 2.00-5.00                 | 15                           |
| 5.00-10.00                | 10                           |
| 10.00-20.00               | 8                            |
| 20.00-40.00               | 5                            |
| 40.00 o más               | 3                            |

**Ilustración N°7 Numero recomendado de ciclos de observación**

**Fuente:** (Niebel & Freivalds, 2009)

- **Velocidad de trabajo del operario**

1. **Valorar el ritmo**

La valoración del ritmo se trata de determinar a partir del tiempo invertido por el operario observado cual es el tiempo tipo que el trabajador calificado medio puede mantener y que sirva de base para la planificación, el control y los sistemas, el analista debe determinar la velocidad con que el operario ejecuta el trabajo en relación con su propia idea de velocidad normal, la velocidad de trabajo representada por el tiempo invertido en la operación es en realidad la única que se puede medir con el cronometro. (Kanawaty, 1996, pág. 305)

Es un valor subjetivo que refleja el ritmo de trabajo, que es utilizado para regular el tiempo observado a niveles normales, los factores que influyen en el ritmo del trabajo son:

- Variaciones en la calidad de los materiales.
- Eficiencia de los equipos.
- Variaciones en la concentración de los trabajadores.
- Cambios de clima y medio ambiente (temperatura, luz, etc.)
- Estado de ánimo.

Para poder verificar el ritmo de trabajo observado con el ritmo tipo se requiere una escala numérica que sirva de guía para calcularlos:

Tabla N°4 Ritmo de trabajo según escala de valoración británica

| Escala                  | Descripción del desempeño                                                                                                                                                                 | Velocidad de marcha (km/h) |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 0                       | Actividad nula.                                                                                                                                                                           |                            |
| 50                      | Muy lento, movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo.                                                                                   | 3.2                        |
| 75                      | Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan.                       | 4.8                        |
| <b>100 (Ritmo tipo)</b> | Activo, capaz, como de obrero calificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.                                                          | 6.4                        |
| 125                     | Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio.                                              | 8.0                        |
| 150                     | Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación de virtuoso, sólo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes | 9.6                        |

**Fuente:** Cuadro publicado por la Engineering and Allied Employers (West of England)

Association, Department of Work Study, 1960.

## 2. Valoración objetiva

Establece una sola asignación de trabajo con la que se compara el paso del resto de las tareas y se asigna un factor secundario al trabajo, que indica su dificultad relativa, se asignan valores numéricos, como resultado de experimentos, para un intervalo de cada factor, la suma de los valores numéricos para cada uno de los factores forma el ajuste secundario.

(Romero, 2013, pág. 23)

Tabla N°5 Ajustes por dificultad del trabajo

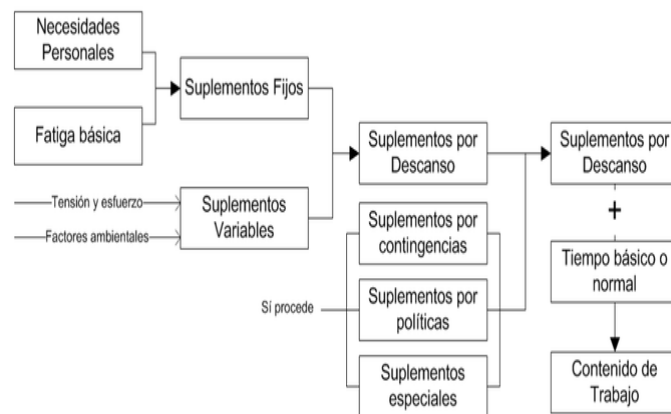
| Categoría | Descripción                    | Letra | Condición                                                                       | %  |
|-----------|--------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1         | Parte del cuerpo Usada.        | A     | Escaso uso de los dedos                                                         | 0  |
|           |                                | B     | Muñecas y dedos                                                                 | 1  |
|           |                                | C     | Codo, muñecas y dedos                                                           | 2  |
|           |                                | D     | Brazos, etc.                                                                    | 5  |
|           |                                | E     | Tronco, etc.                                                                    | 8  |
|           |                                | E2    | Levantar del piso con las piernas.                                              | 10 |
| 2         | Pedales.                       | F     | Sin pedales o un pedal con Fulcro bajo el pie.                                  | 0  |
|           |                                | G     | Pedal o pedales con fulcro Fuera del pie.                                       | 5  |
| 3         | Uso de ambas manos             | H     | Las manos se ayudan entre sí, o trabajan alternadamente.                        | 0  |
|           |                                | H2    | Las manos trabajan simultáneamente haciendo el mismo trabajo en piezas iguales. | 18 |
| 4         | Coordinación de ojo y mano     | I     | Trabajo burdo, principalmente al tacto.                                         | 0  |
|           |                                | J     | Visión moderada.                                                                | 2  |
|           |                                | K     | Constante, pero no muy cercana.                                                 | 4  |
|           |                                | L     | Cuidadosa, bastante cercana.                                                    | 7  |
|           |                                | M     | Dentro de 0.4 mm.                                                               | 10 |
| 5         | Requerimientos de manipulación | N     | Puede manipularse burdamente.                                                   | 0  |
|           |                                | O     | Solamente un control burdo                                                      | 1  |
|           |                                | P     | Debe controlarse, pero puede Estrujarse.                                        | 3  |
|           |                                | Q     | Debe manejarse Cuidadosamente.                                                  | 3  |
|           |                                | R     | Frágil                                                                          | 5  |

Elabora por: Autor del proyecto

- **Suplementos de la operación.**

### Tiempos suplementarios

Los tiempos suplementarios son tiempos que se asignan al trabajador para compensar los retrasos, estos porcentajes son suplementos por descanso que han sido asignados de acuerdo a la tabla establecida por la organización internacional del trabajo y es la que se muestra a continuación:



**Ilustración N°8 Segmentación de suplementos**

**Fuente:** (Salazar, 2019)

**Tabla N°6 Sistema de suplementos por descanso**

| SUPLEMENTOS CONSTANTES            |  |  | HOMBRE | MUJER | SUPLEMENTOS VARIABLES                                                 |  |     | HOMBRE | MUJER |
|-----------------------------------|--|--|--------|-------|-----------------------------------------------------------------------|--|-----|--------|-------|
| Necesidades personales            |  |  | 5      | 7     | e) Condiciones atmosféricas                                           |  |     |        |       |
| Básico por fatiga                 |  |  | 4      | 4     | Índice de enfriamiento, termómetro de KATA (milicalorías/cm2/segundo) |  |     |        |       |
| SUPLEMENTOS VARIABLES             |  |  | HOMBRE | MUJER |                                                                       |  |     |        |       |
| a) Trabajo de pie                 |  |  |        |       | 16                                                                    |  | 0   |        |       |
| Trabajo se realiza sentado(a)     |  |  | 0      | 0     | 14                                                                    |  | 0   |        |       |
| Trabajo se realiza de pie         |  |  | 2      | 4     | 12                                                                    |  | 0   |        |       |
| b) Postura normal                 |  |  |        |       | 10                                                                    |  | 3   |        |       |
| Ligeramente incómoda              |  |  | 0      | 1     | 8                                                                     |  | 10  |        |       |
| Incómoda (inclinación del cuerpo) |  |  | 2      | 3     | 6                                                                     |  | 21  |        |       |
| Muy incómoda (Cuerpo estirado)    |  |  | 7      | 7     | 5                                                                     |  | 31  |        |       |
|                                   |  |  |        |       | 4                                                                     |  | 45  |        |       |
|                                   |  |  |        |       | 3                                                                     |  | 64  |        |       |
|                                   |  |  |        |       | 2                                                                     |  | 100 |        |       |
|                                   |  |  |        |       | f) Tensión visual                                                     |  |     |        |       |
|                                   |  |  |        |       | Trabajos de cierta precisión                                          |  |     | 0      | 0     |
|                                   |  |  |        |       | Trabajos de precisión o fatigosos                                     |  |     | 2      | 2     |
|                                   |  |  |        |       | Trabajos de gran precisión                                            |  |     | 5      | 5     |
|                                   |  |  |        |       | g) Ruido                                                              |  |     |        |       |
|                                   |  |  |        |       | Sonido continuo                                                       |  |     | 0      | 0     |
|                                   |  |  |        |       | Sonidos intermitentes y fuertes                                       |  |     | 2      | 2     |
|                                   |  |  |        |       | Sonidos intermitentes y muy fuertes                                   |  |     | 5      | 5     |
|                                   |  |  |        |       | Sonidos estridentes                                                   |  |     | 7      | 7     |
|                                   |  |  |        |       | h) Tensión mental                                                     |  |     |        |       |
|                                   |  |  |        |       | Proceso algo complejo                                                 |  |     | 1      | 1     |
|                                   |  |  |        |       | Proceso complejo o de atención dividida                               |  |     | 4      | 4     |
|                                   |  |  |        |       | Proceso muy complejo                                                  |  |     | 8      | 8     |
|                                   |  |  |        |       | i) Monotonía mental                                                   |  |     |        |       |
|                                   |  |  |        |       | Trabajo monótono                                                      |  |     | 0      | 0     |
|                                   |  |  |        |       | Trabajo bastante monótono                                             |  |     | 1      | 1     |
|                                   |  |  |        |       | Trabajo muy monótono                                                  |  |     | 4      | 4     |
|                                   |  |  |        |       | j) Monotonía física                                                   |  |     |        |       |
|                                   |  |  |        |       | Trabajo algo aburrido                                                 |  |     | 0      | 0     |
|                                   |  |  |        |       | Trabajo aburrido                                                      |  |     | 2      | 2     |
|                                   |  |  |        |       | Trabajo muy aburrido                                                  |  |     | 5      | 5     |

**Fuente:** (Organización Internacional del Trabajo, 2002)

- **Tiempo normal (TN).**

El tiempo normal es el tiempo requerido para el desarrollo de una actividad específica tomando en cuenta el factor de valoración, el cual se calcula en base a las condiciones del área de trabajo, se determina mediante la siguiente ecuación:

**Ecuación N°2 Tiempo Normal**

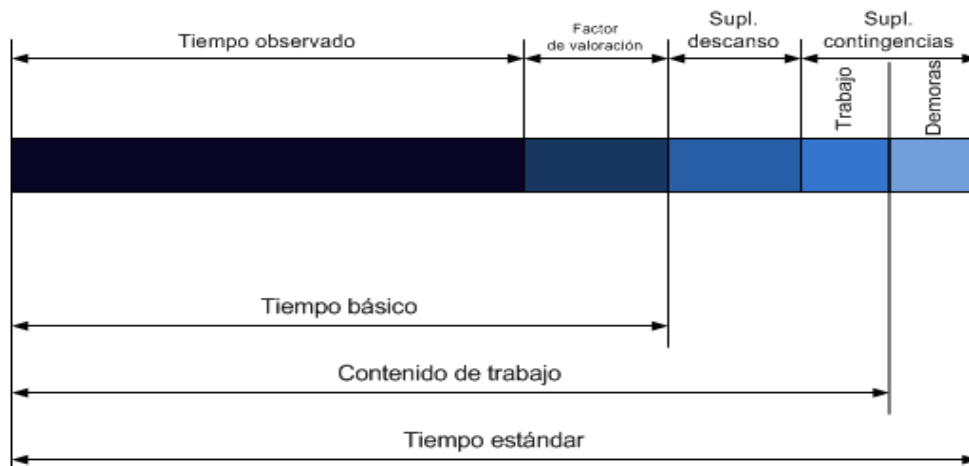
$$\text{Tiempo normal (TN)} = \text{TOM} \times \text{Factor de valoración objetiva}$$

- **Tiempo estándar de la operación (TS).**

Es el tiempo requerido para que una persona calificada y bien entrenada en el trabajo pueda desarrollar una tarea a un ritmo normal, en esta se incluyen las tolerancias debidas a retrasos que estén fuera del control del trabajador, se determina mediante el uso de la siguiente ecuación:

**Ecuación N°3 Tiempo Estándar**

$$\text{Tiempo estandar (TS)} = \text{TN} \times \left(1 + \frac{\text{Suplementos por descanso}}{100}\right)$$



**Ilustración N°9 División de tiempos**

Fuente: (Kanawaty, 1996, pág. 304)

- **Capacidad de producción**

La capacidad de producción es el volumen de producción sobre una unidad de tiempo se calcula mediante la siguiente ecuación:

**Ecuación N°4 Capacidad de Producción**

$$\text{Capacidad de producción (Cp)} = \frac{1}{\text{Tiempo estandar}}$$

### 9.10.2.2 Balanceo de línea

La optimización de la producción es siempre una meta a conseguir con el equilibrado o balanceo de la línea de fabricación se consigue que todas las máquinas estén ocupadas en cada momento, reduciendo el tiempo de fabricación y aumentando así la productividad.

### 9.10.2.3 Diseño del layout.

Para llevar a cabo la distribución de los distintos equipos dentro de la célula es necesario la determinación del layout según el flujo de material y de las operaciones. La distribución en planta es esencial para el diseño de la célula, ya que minimiza y optimiza los espacios ocupados por las máquinas y organiza los recorridos de personas y productos.

## 9.11 Simulación

La simulación de un sistema consiste en el funcionamiento de un modelo o simulador, que es una representación del sistema a estudiar el modelo permite manipulaciones que serían imposibles, demasiado costosas o impracticables realizar sobre el sistema real, el funcionamiento del modelo puede ser estudiado para inferir propiedades respecto al comportamiento del sistema real o de sus subsistemas. (Fullana & Urquía, 2009, pág. 1)

## 9.12 Modelo

Un modelo nos sirve para trabajar el sistema y solucionar las dudas acerca de “qué pasaría” si se hicieran cambios referente al mismo, esto nos da la oportunidad de elaborar todas las posibles pruebas y notar los resultados que estas producirían. (Delgado, 2017, pág. 47)

### 9.13 Desde el punto de vista de la simulación podemos clasificar los modelos de la siguiente forma:

- **Dinámico:** Esta vez sí se tiene en cuenta el transcurso del tiempo.
- **Continuo:** En estos modelos el sistema cambia continuamente con respecto al tiempo.
- **Discreto:** El cambio sucede en diferentes espacios de tiempo.

### 9.14 Elementales de un modelo de simulación

Según (Delgado, 2017, pág. 47) los elementos de un modelo de simulación son los siguientes:

**Entidades:** Serán las entradas/llegadas al proceso. Son objetos dinámicos, es decir, dependen del transcurso del tiempo.

**Atributos:** permite diferenciar las entidades, son valores comunes entre ellas que pueden tomar valores distintos y así individualizarse permitiendo diferenciar entre cada identidad.

**VARIABLES GLOBALES:** es información que identifica a nuestro sistema, sin importar el número de objetos que generemos.

**Recursos:** Las entidades a menudo necesitan de recursos para ser procesadas. Estos recursos pueden ser: personal o maquinaria.

**Eventos:** es un hecho que se genera en un determinado intervalo de tiempo el cual puede provocar cambios.

Existen tres tipos de eventos:

- **Llegada:** una nueva entidad entra en el sistema
- **Salida:** acaba el procesado de una entidad y deja el sistema
- **Fin:** la simulación se detiene.

**Colas:** son un lugar determinado donde se detienen las entidades debido a que requieren un recurso específico o puede darse el caso de que se agrupen con el fin de esperar una señal que las libere.

## 9.15 FlexSim

Es un software para la simulación de eventos discretos, que permite modelar, analizar, visualizar y optimizar cualquier proceso industrial, desde procesos de manufactura hasta cadenas de suministro, además Flexsim es un programa que permite construir y ejecutar el modelo desarrollado en una simulación dentro de un entorno 3D desde el comienzo.

(FlexSim Software Products, Inc, 2005)

## 9.16 Desarrollo de prácticas experimentales

### 9.16.1 Aprendizaje

Toda labor formativa en una institución educativa se apoya en ayudar al estudiante a irse formando y perfeccionando constantemente, ya que el ser humano no es un ser prefabricado y que desarrolla un simple código genético durante su vida, si no que por el contrario, su riqueza consiste en poder construirse a sí mismo intelectualmente de acuerdo a sus experiencias con el ambiente que le rodea. (Yáñez, 2016, pág. 70)

### **9.16.2 Actividades experimentales**

La actividad experimental es toda actividad que usualmente se relaciona con un lugar específico, preestablecido (que contiene cierta cantidad de instrumentos, los cuales permiten crear y obtener medidas cuyo efecto permite reflejar relaciones y proporciones que van apuntadas a la demostración o revisión de teorías. (Lopera, Cardona, & Garcia, 2017, pág. 12)

Actividad experimental se entiende como cualquier actividad que comprende la manipulación de materiales, objetos u organismos con el objetivo de observar y analizar los fenómenos que se generan a partir de esta.

### **9.16.3 Desarrollo de actividades experimentales**

El desarrollo de actividades experimentales se centra en la formación de los conocimientos necesarios para generar profesionales que puedan aportar con ideas y mejores soluciones a los problemas que se presenten en su vida laboral, permitiendo así un mejor desempeño en las actividades realizadas. (Ariza, 2010, pág. 30)

### **9.17 Determinación del problema experimental en el objeto de estudio**

En esta primera etapa se dirige a que el alumno adquiriera la facultad que le permita tratar los problemas profesionales a los que se pueden dar solución en torno a la materia, a través del ensayo en el laboratorio. (Ariza, 2010, pág. 30)

En esta se llevan a cabo las siguientes operaciones:

- Determinación del problema experimental del objeto de estudio.
- Selección de los diferentes contenidos relacionados con el experimento docente.
- Valoración de los problemas profesionales de la especialidad.
- Establecimiento de los componentes del sistema docente experimental, real.

### **9.18 Planteamiento de problemas experimentales en el objeto de estudio**

En la organización docente de la labor práctica, partiendo de los objetivos experimentales del contenido de la materia, derivara los objetivos de este medio según la tarea experimental. (Ariza, 2010, pág. 31)

- Sistema de operaciones de la habilidad.
- Planteamiento de Problemas Docentes experimentales.
- Definición de la Relación Objetivo- contenido- métodos y medios disponibles.



- Definición del Objeto de la actividad Experimental seleccionada.
- Definición de los fundamentos teóricos de la actividad.
- Formulación de la hipótesis de la actividad.

### **9.19 Diseño del experimento docente**

La medida de independencia y las habilidades conseguidas por los estudiantes es de vital importancia, esta se resume en el proceso formativo de la materia en la que se desarrolla el estudio. (Ariza, 2010, pág. 31)

Mediante los siguientes pasos de esta etapa:

- Diseño del experimento docente.
- Análisis de presupuestos teóricos que fundamentan la hipótesis ya formulada.
- Modelación de las acciones a desarrollar.
- Selección de los medios, instrumentos y equipos.
- Definición de las magnitudes a medir.
- Precisión de las observaciones que se realizan.
- Concebir tablas y guías si es necesario.

### **9.20 Ejecución del experimento docente en clase**

De acuerdo al estudio planteado por el docente, el alumno procede a la ejecución práctica del estudio, el docente facilita la definición del estudio, lo guía a través de este y realiza aportes adicionales para el alcance de mejores logros.

(Ariza, 2010, pág. 31)

La estructura de esta habilidad es la siguiente:

- Ejecución del experimento docente.
- Asegurar medios y condiciones necesarias.
- Armar y describir instalación experimental.
- Obtener datos experimentales.
- Interpretar datos obtenidos.
- Plantear y procesar información adicional.

### **9.21 Comprobación del experimento la interacción del sujeto- sujeto**

El docente debe estar preparado para cualquiera que sea el resultado esperado y tomar decisiones que le permitan aclarar dudas a los estudiantes de acuerdo a los resultados y conclusiones, la habilidad experimental no se desarrolla de igual forma cuando el estudiante en

forma aislada realiza el experimento, por eso es necesaria la comunicación efectiva del docente con el estudiante, así como la de este con su grupo de trabajo. (Ariza, 2010, págs. 31-32)

Operaciones que conforman esta Habilidad:

- Comprobar el experimento y estructurar la relación sujeto-sujeto.
- Procesar datos experimentales.
- Interpretar y generalizar resultados parciales.
- Propiciar la comunicación oral entre los sujetos.

## **9.22 Metodologías utilizadas en el desarrollo de las experiencias de laboratorio**

(Ariza, 2010, pág. 32) Las metodologías utilizadas en el desarrollo de los experimentos de laboratorio de acuerdo al experimento docente son las siguientes:

### **9.22.1 Experimentos introductorios**

Son actividades simples que pueden no ser programadas y que introducen al alumno al tema a tratar, el objetivo central del estudio es motivar logrando con esto alistar al alumno para un estudio más completo. (Ariza, 2010, pág. 32)

Permite que en el estudiante surja un gran interés por la temática desarrolla creando un interés importante para el alcance de los objetivos propuestos.

### **9.22.2 Experimento de comprobación**

Permiten confirmar o refutar una teoría, en este tipo de experimentos el estudiante tiene un conocimiento previo por lo cual conoce el resultado esperado, este puede generar debate o discusión, al tener un concepto previo se puede realizar un análisis más detallado de los datos obtenidos durante el ensayo. (Ariza, 2010, pág. 32)

### **9.22.3 Experimento inductivo o de descubrimiento**

Este estudio requiere de la experiencia del docente para dirigir al alumno a que utilice la capacidad de observación científica para que sea el mismo quien realice la práctica de laboratorio, en este estudio se implementa la recopilación y reordenación de los datos para alcanzar una categoría o generación, se dice que los conocimientos son consecuencia de la inferencia a partir de resultados observables. (Ariza, 2010, pág. 32)

### **9.22.4 Experimentos independientes**

Son indispensables en el desarrollo profesional pues permite una alta independencia, generando con esto un sentido de la responsabilidad y un espíritu investigativo, en este se trabajan

proyectos de aula, proyectos de grado y otras actividades como cursos que contribuyan a la formación integral y profesional del estudiante, se confirman o refutan teorías o hipótesis. (Ariza, 2010, pág. 32)

#### **9.22.5 Experimentos**

Según (Ariza, 2010, pág. 32) la clasificación del proceso los experimentos se clasifican en:

- **Experimentos frontales**

El estudio lo realizan los alumnos al mismo tiempo y el profesor puede realizar el experimento también al mismo tiempo que los alumnos teniendo una guía que oriente el laboratorio.

(Ariza, 2010, pág. 32)

- **Experimentos de ciclo**

En ocasiones no existen equipos suficientes para cada grupo de estudiantes, en este tipo de experimentos se propone la rotación de los estudiantes por los distintos puestos de trabajo, es posible que se produzca un desfase no muy conveniente para el objetivo propuesto, por lo tanto es importante la intervención del docente en la unificación de las ideas. (Ariza, 2010, pág. 32)

### **9.23 Enfoques pedagógicos para el desarrollo de las prácticas de laboratorio**

Para lograr la motivación necesaria para el aprendizaje de un estudiante hay que conducirlo a un cambio en el significado de la experiencia y conocer sus ideas de tal forma que se comprenda al estudiante íntegramente, logrado esto se procede a enriquecer sus propias experiencias en las prácticas de laboratorio, para generar la motivación necesaria para que el aprendiz incorpore a su propia experiencia los conocimientos desarrollados en las prácticas de laboratorio.

(Ariza, 2010, pág. 32)

### **9.24 Metodologías utilizadas para el logro de la habilidad experimental en los estudiantes de ingeniería**

(Ariza, 2010, pág. 33) En el desarrollo de las prácticas de laboratorio en el programa de ingeniería se tienen en cuenta los siguientes pasos:

- Evaluación de los conocimientos previos del estudiante
- Experiencia de laboratorio propuesta, esta debe tener un título claro y acorde a la experiencia propuesta que presente los objetivos alcanzar con esta

- Metodología aplicada (Método experimental): Se describe el método aplicado y la clasificación de este en el experimento de laboratorio, y se muestran los equipos necesarios para su desarrollo
- Objetivos y competencia: Se plantean los objetivos y competencia a alcanzar

**Introducción al tema:**

- Marco teórico: los conceptos asociados al laboratorio
- Procedimiento Instruccional: En este se describe los pasos a seguir durante la práctica, se toman datos que indiquen el resultado esperado o se determinan los posibles errores permitiendo así generar gráficos para generar ideas.
- Trabajo independiente: Se debe proponer al estudiante la realización de una práctica de laboratorio que implique un problema a resolver donde este aplique los conocimientos obtenidos en la experiencia realizada
- Conclusiones del estudiante
- Referencias Bibliográficas
- Informe de laboratorio

## **10 HIPÓTESIS**

Para el desarrollo de la investigación se establece la siguiente hipótesis:

¿Con el diseño de la célula de producción simulada se podrá realizar prácticas experimentales en el laboratorio mejorando el proceso de aprendizaje de los estudiantes de ingeniería industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi?

## **11 METODOLOGÍAS**

### **Tipo de investigación**

#### **Descriptivo**

El tipo de investigación que se utilizó es descriptivo ya que se parte de la recopilación de información de fuentes secundarias relacionadas a la temática, la cual permitió obtener datos registrados en investigaciones paralelas o teorías fundamentadas para el diseño de la célula de producción y la aplicación del software de simulación, de igual forma este tipo de investigación permitió realizar la evaluación de la situación de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial los cuales no tienen conocimiento del proceso productivo que se genera dentro de una línea de producción, al no contar con un laboratorio de simulación de una célula de producción para el desarrollo de habilidades y obtener conocimientos necesarios para la vida laboral.

#### **Métodos**

##### **Analítico**

La presente investigación permite conocer de una forma más clara como los sistemas de producción actuales son el resultado de la evolución de los primeros sistemas creados con el único objetivo de satisfacer la demanda de un producto, con el pasar de los años estos se han mejorado mediante la introducción de diferentes temáticas como lo son los sistemas de fabricación celular, estudio de tiempo, la composición de las células de trabajo y el estudio de trabajo de las estaciones, permitiendo así que las empresas un aumento significativo de la producción y una reducción de los costos involucrados, ofertando un producto con mejores características y calidad a un mercado determinado.

##### **Sintético**

Al definir los procesos productivos se procede a la selección del más idóneo para el desarrollo de la célula de producción, seleccionando así la maquinaria y herramientas necesarios que se

usaran, se realizara la estructuración del personal necesario, se dimensionara cada una de las estaciones que conforman la célula dentro del área del laboratorio designado permitiendo la distribución adecuada de los espacios.

### **Deductivo**

La adquisición de conocimientos en la etapa educativa para una persona es algo esencial ya que esto nos permite el desarrollo de las actividades laborales de una forma más efectiva dentro de esta se encuentra la puesta en práctica de los conocimientos teóricos impartidos por los docentes, a través del desarrollo de actividades que nos permiten adquirir habilidades y destrezas útiles para la vida laboral.

### **Inductivo**

Mediante este proyecto se busca poner en práctica los conocimientos teóricos obtenidos dentro de la carrera para el desarrollo de habilidades y destrezas las cuales son necesarias para los estudiantes, además de conocer los procesos involucrados en una célula de producción de una empresa dentro del campo laboral.

### **Técnicas de investigación**

Las principales técnicas de investigación aplicadas para el desarrollo del presente proyecto de investigación fueron:

- **Investigación Bibliográfica:** Es la base fundamental mediante la cual se realizó la recopilación de información necesaria que aporte al desarrollo del fundamento teórico y científico que sustenta este proyecto.
- **Investigación de Campo:** Es de gran importancia en el desarrollo del proyecto de investigación, porque se lleva a cabo en el lugar de los hechos.
- **Observación:** Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, de estudio, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

## **12 ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **12.1 Sistemas de producción**

Con el pasar de los años se ha generado un crecimiento significativo de la población en el Ecuador y con ello un incremento en la demanda de productos razón por la cual las empresas se han visto en la necesidad de mejorar constantemente sus sistemas de producción para abastecer la demanda creciente aumentando su jornada laboral, número de trabajadores, días de trabajo, con esta finalidad se pretende realizar un modelo de optimización de producción mediante una célula de manufactura que ayude en la reducción de costos innecesarios, definir la jornada laboral requerido para abastecer los pedidos, para realizar un correcto análisis del proceso de producción se identificara cada una de las actividades requeridas mediante la descripción y diagramas de proceso.

#### **Proceso productivo**

El proceso productivo es una secuencia de actividades planificadas y ordenadas para la elaboración de un producto, está compuesto por herramientas, máquinas y operarios, los procesos se orientan a la optimización de los objetivos de producción con la finalidad de satisfacer las necesidades de la demanda creciente generada por los consumidores.

#### **Sistema de producción en la industria**

##### **Sistemas de Fabricación Celular**

Los sistemas de fabricación celular (SFC) son otro más dentro del modelo de la industria manufacturera destinado a la mejora de la fabricación. (Delgado, 2017, pág. 26)

La fabricación celular es un proceso productivo que comprende la concentración de máquinas y trabajadores que realizan una cadena de operaciones predeterminadas, manejando un nivel de inventario pequeño pero que a su vez permite que el proceso de producción se realice de forma continua. (Delgado, 2017, pág. 26)

##### **Célula de múltiples máquinas**

La célula de manufactura es una pequeña parte de la industria conformada por un grupo de máquinas y personas que realizan un conjunto de actividades de forma secuencial para la fabricación de uno o más productos, se centra en la producción lean distribuyendo de forma mejorada los recursos y los tiempos de fabricación, haciendo uso de las habilidades de los trabajadores ofreciendo las condiciones óptimas para reducir el número de movimientos.

## 12.2 Procesos de una célula de producción

### Composición de la célula de manufactura

El proceso productivo que se va realizar dentro de la célula de producción diseñada es fabricación de zapatos basado en la información recopilada en una empresa de la ciudad de Ambato dicha empresa se divide en 6 áreas las cuales son:

- **Corte**

Es la primera área del proceso productivo donde el cuero empieza como un rollo a ser cortador con diferentes moldes para su transformación en un producto final, el corte se lo realiza mediante el uso de una maquina troqueladora y diferentes moldes de acuerdo con la medida requerida para dar forma al cuero, antes de iniciar el proceso se debe realizar una inspección al cuero con la finalidad de observar que cuenta con las medidas adecuadas y que no existen imperfecciones en el mismo.



**Ilustración N°10 Corte de cuero con troquel**  
**Fuente:** (CicegGTO, 2015)

- **Destallado**

En esta área se realiza las siguientes operaciones; se raya los cortes de cuero, después de proceder a pintar los bordes y por último se destalla.

**Rayado:** Para marcar el cuero en este proceso se requiere una mina la cual se utilizara para el proceso de trazado de las líneas de costura, esto mediante el uso de un molde, estos son detalles que dan una guía para ensamblar el calzado, estas guías ayudan al proceso de aparado ya que por estas líneas es por donde pasaran las costuras.





**Ilustración N°11 Proceso de rayado**  
**Fuente:** (CicegGTO, 2015)

**Pintado:** Una vez se ha realizado el proceso de rayado en las piezas de cuero se procede a pintar los filos de los cortes de cuero para que el zapato tenga un color uniforme.

**Destallado:** Proceso donde se rebaja el espesor del cuero para la unión y costura que se realizarán en el proceso de aparado.

El proceso de destallado se realiza en 2 máquinas; la primera es la destalladora de calibre donde se procede a reducir el espesor del cuero en el borde por donde se va a coser ilustración N°12.



**Ilustración N°12 Destallado de calibre**  
**Fuente:** (Reinventado el calzado, 2019)

En la segunda máquina se realiza el destallado de doblados esto permite suavizar el cuero para moldearlo según las necesidades del operario del área de aparado Ilustración N°13.



**Ilustración N°13 destallado de doblados**  
**Fuente:** (Reinventado el calzado, 2019)

- **Aparado**

En este proceso se realiza el armado de las piezas entregadas por el área anterior, en esta se procede al ensamblaje de los cortes y el zapato va tomando forma, se procede al pegado de las piezas y cosido de las mismas.



**Ilustración N°14 Pegado de piezas**  
**Fuente:** (CicegGTO, 2015)



**Ilustración N°15 Proceso de aparado**  
**Fuente:** (Reinventado el calzado, 2019)

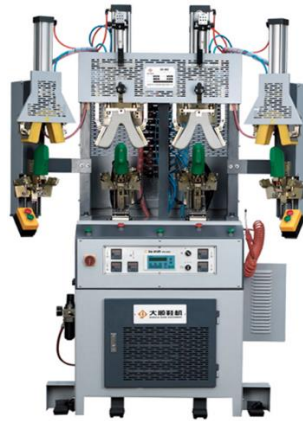
- **Armado**

Este proceso se divide en 3 sub procesos:

El pre-armado es el proceso donde se realiza el montaje de las punteras con una maquina llamada fijadora de puntas y contrafuertes con la ayuda de una maquina llamada conformadora de talones, una vez formado los talones se procede a colocar los cortes sobre la horma.



**Ilustración N°16 Maquina fijadora de puntas**  
**Fuente:** (Armendáriz, 2017)



**Ilustración N°17 Máquina conformadora de talones**

**Fuente:** (Sudamerican, 2015)

Para el montaje completo se procede a utilizar un total de 4 máquinas en la primera se procede a calentar la capellada para el proceso de formado de la punta, ilustración 18 una vez reactivado el cuero se procede a la máquina que arma la punta del zapato estirando el cuero ilustración 19, continua el proceso en la maquina reactivadora de talones ilustración 20 donde que por medio de procesos termodinámicos se reactiva el cuero, una vez reactivado se procede a colocar el ensamble en la maquina armadora de lados y talón dándole forma al zapado ilustración 21.



**Ilustración N°18 Reactivadora de capellada**

**Fuente:** (Simon Maquinaria, 2010)



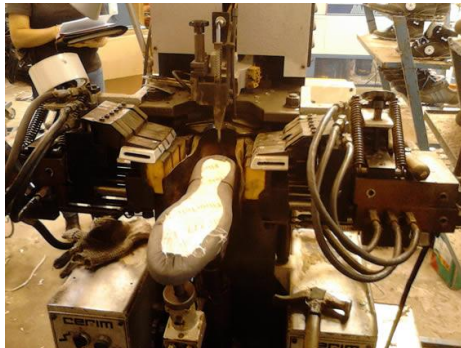
**Ilustración N°19 Conformado de puntas**

**Fuente:** (Armendáriz, 2017)



**Ilustración N°20 Reactivadora de talón**

**Fuente:** (Armendáriz, 2017)



**Ilustración N°21 Armadora de lados y talón**

**Fuente:** (Armendáriz, 2017)

Para el montaje de las plantas se preparan las plantas, se aplica brillo y pega a la planta para prepararla para el siguiente proceso donde se une todo.

- **Plantado**

En esta área se encuentran 2 máquinas, la primera se trata de una máquina que lleva el conjunto ya formado a través de una máquina que procede al secado del pegamento mediante frío y reactivado del mismo mediante calor ilustración 22 para que el calzado se fije con la planta de mejor manera para poder unir ambos materiales y formen un solo objeto, el operario utiliza un martillo para unir la planta con el zapato, lo coloca en la pegadora de suelas donde mediante

una base de aire se genera presión ilustración 23 una vez realizado este proceso se coloca en una estantería la cual una vez completado el número de zapatos procesados se transporta al proceso de terminado.



**Ilustración N°22 Máquina de secadora-reactivadora**  
Fuente: (Tecom, 2010)



**Ilustración N°23 Pegadora de suelas**  
Fuente: (Simon Maquinaria, 2010)

- **Terminado**

En esta área se realiza los retoques finales al calzado, se procede a la limpieza de exceso de pegamento, pintar las pequeñas imperfecciones del cuero, se aplica brillo al calzado para su presentación final, se colocan los pasadores y se enumeran las cajas de cartón para su posterior almacenamiento en la bodega de producto terminado.

### 12.3 Selección de equipos para la fabricación

De acuerdo a las especificaciones de cada área del proceso de fabricación señalado en el punto anterior se procede a detallar los equipos requeridos para el desarrollo del proceso productivo en la Tabla 7.

**Tabla N°7 Descripción de maquinas**

| N° | Maquina                              | Modelo    | Marca              | Área       |
|----|--------------------------------------|-----------|--------------------|------------|
| 1  | Troqueladora manual                  | 2C-20T    | GSB                | Corte      |
| 2  | Destalladora de calibre              | 22508     | KLEIN              | Destallado |
| 3  | Destalladora para doblados           | 23527     | KLEIN              | Destallado |
| 4  | Máquina de coser                     | CI-3000   | IVOMAQ             | Aparado    |
| 5  | Fijadora de puntas                   | WSK-831   | GRPS               | Armado     |
| 6  | Conformadora de talones              | 300-IV    | ZASI               | Armado     |
| 7  | Reactivadora de capellada            | 181       | ELETTROTECNICA B.C | Armado     |
| 8  | Armadora de puntas                   | QF-737 MA | ALBIZ              | Armado     |
| 9  | Reactivadora de talones              | 231       | ELETTROTECNICA B.C | Armado     |
| 10 | Armadora de lados y talón            | CB-168T   | CHENGBEN           | Armado     |
| 11 | Secadora-reactivadora de propiedades | 409       | ELETTROTECNICA     | Plantado   |
| 12 | Prensa pegadora de plantas           | PL-500    | SIMAQ              | Plantado   |

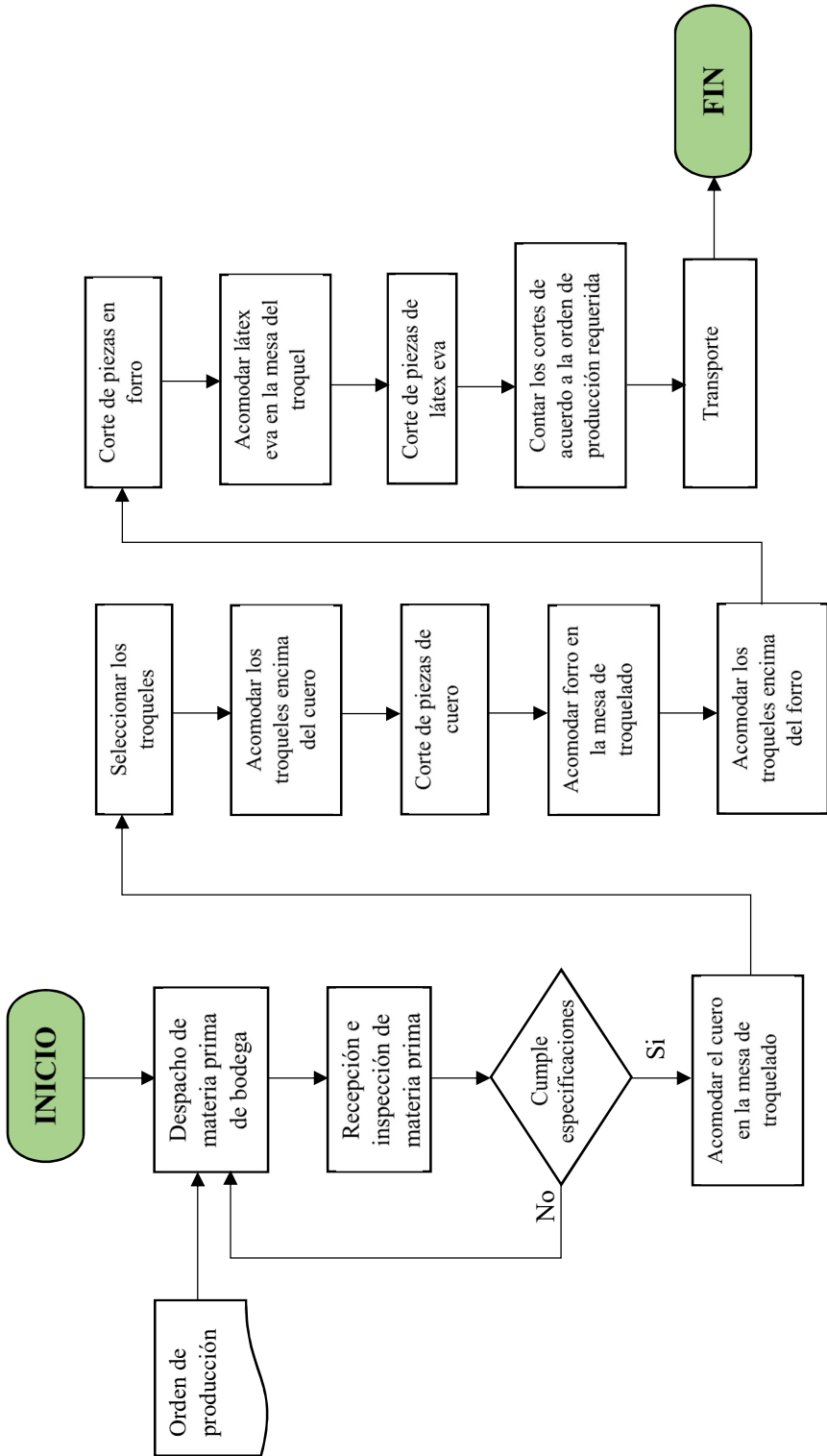
**Elaborado por:** Autor del proyecto

## 12.4 Estaciones de trabajo

### 12.4.1 Establecimiento de secuencia de trabajo

Mediante el uso de diagramas de flujo se representa la secuencia de los procesos de producción de cada área, tomando en cuenta desde su inicio y considerando todas las posibles situaciones desfavorables que se puedan presentar en el transcurso de la transformación de la materia prima a un producto terminado, mostrando así las posibles opciones que permitirán mejor cada área del proceso.

Los diagramas cuentan con un inicio y un fin, en el diagrama se pueden observar figuras que describen las etapas del proceso representados por rectángulos que siguen un orden conectados mediante flechas que indican el sentido del proceso Ilustración 24.



**Ilustración N°24 Diagrama de flujo área de corte**  
Elaborado por: Autor del proyecto

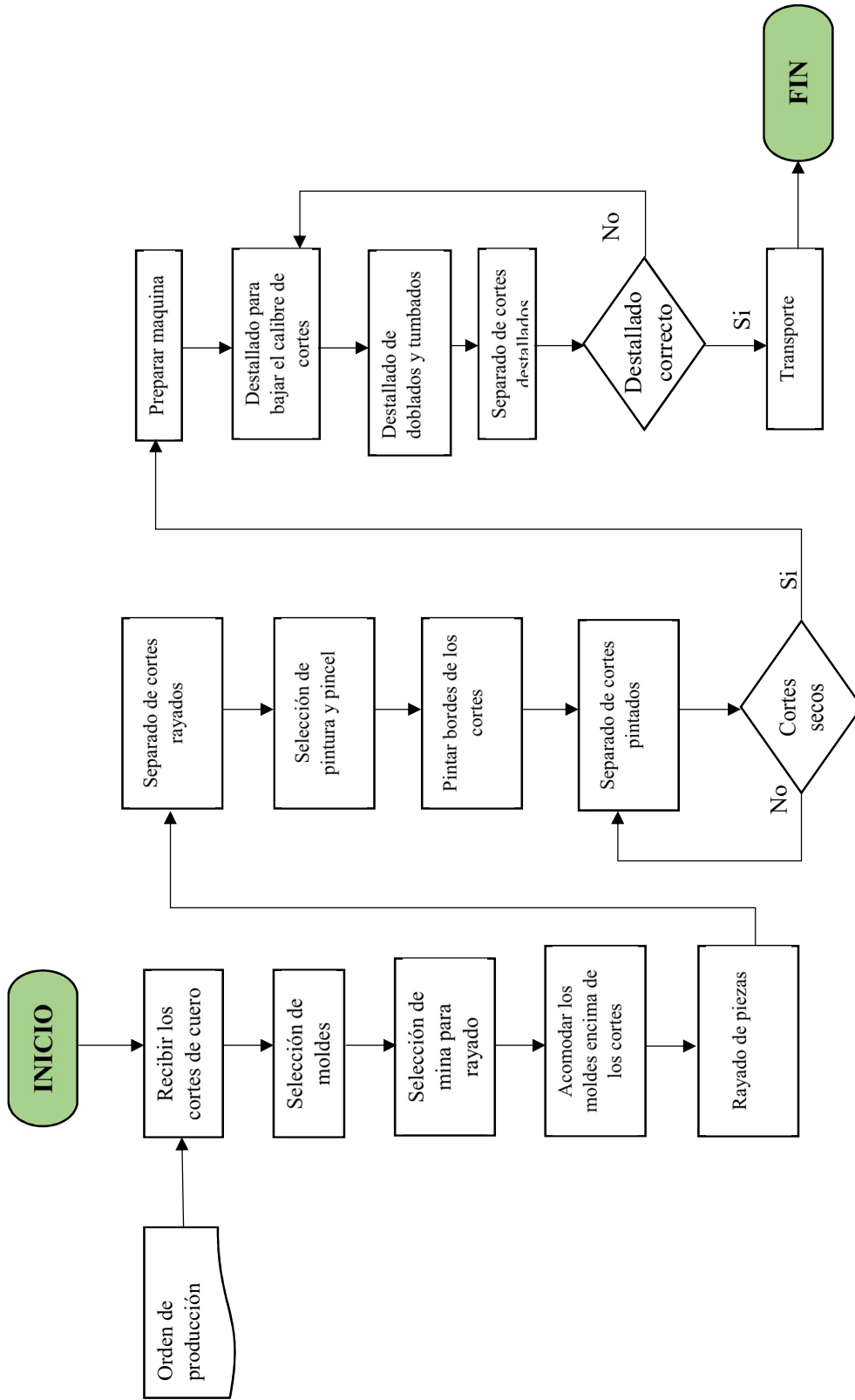


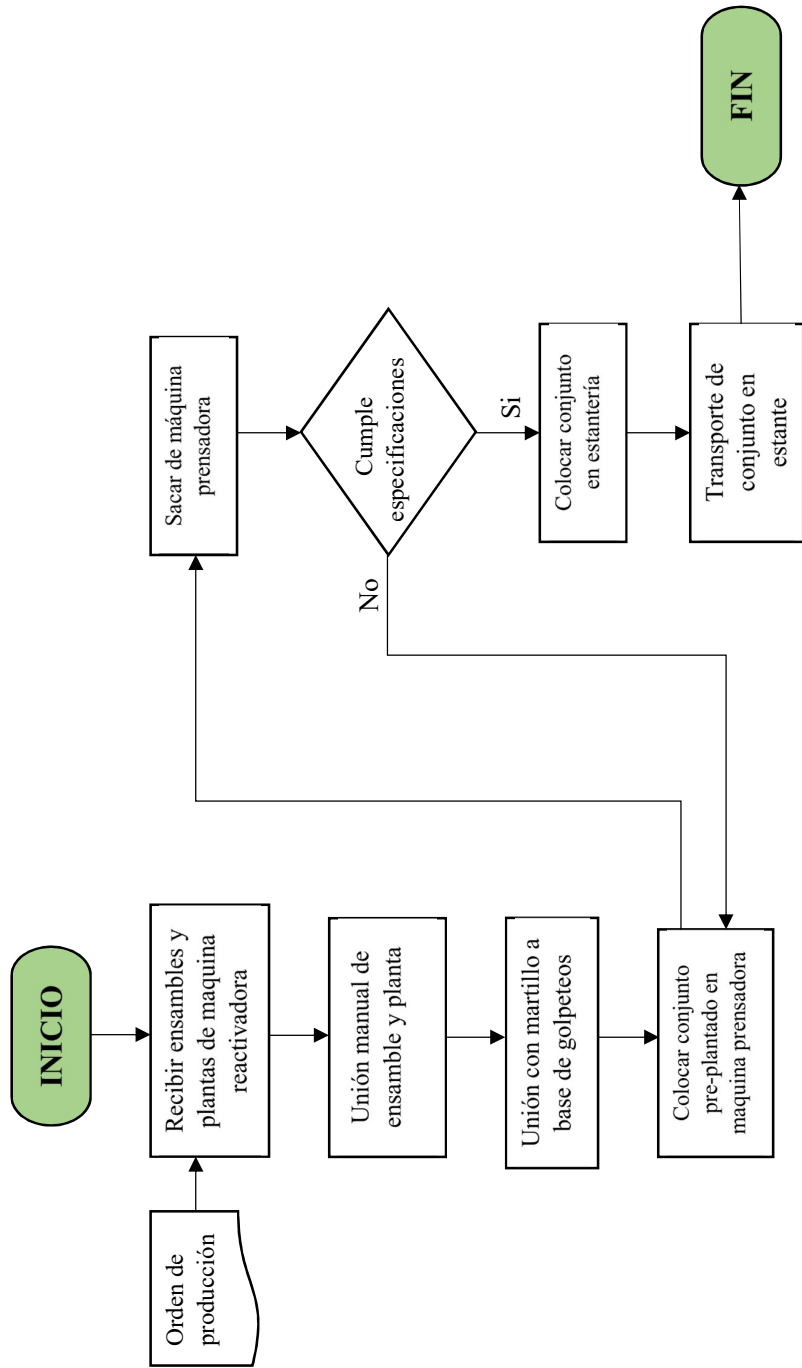
Ilustración N°25 Diagrama de flujo área de destallado

Elaborado por: Autor del proyecto

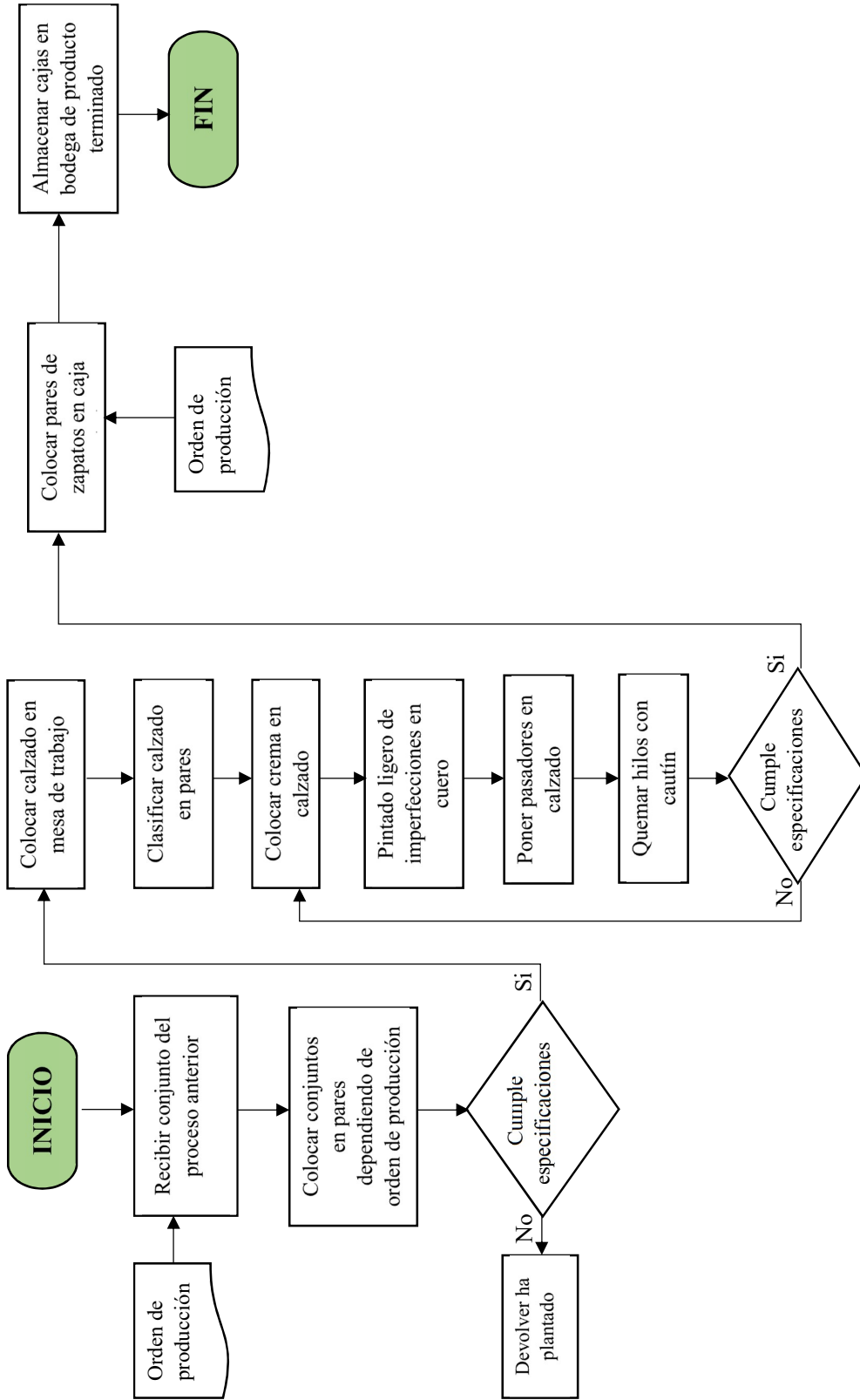








**Ilustración N°28 Diagrama de flujo área de plantado**  
**Elaborado por:** Autor del proyecto



**Ilustración N°29 Diagrama de flujo área de terminado**  
 Elaborado por: Autor del proyecto

Tabla N°8 Diagrama sinóptico área de corte

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                 |                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| <b>LOGO DE EMPRESA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>PROCESO DE CORTE</b>         | <b>Código:</b>               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                 | <b>Fecha de elaboración:</b> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                 | <b>Ultima aprobación:</b>    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                 | <b>Revisión:</b>             |
| <b>Elaborado por:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Revisado por:</b>            | <b>Aprobado por:</b>         |
| <b>DIAGRAMA SINÓPTICO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Método:</b> Actual/Propuesto |                              |
| <b>DIAGRAMA N°1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>HOJA 1 DE 1</b>              | <b>Lugar:</b>                |
| <b>CONDICIONES GENERALES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                 |                              |
| Se procede a corta el cuero y forro con moldes usando 1 maquina troqueladora.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                 |                              |
| <p style="text-align: center;"> <b>CORTE DE CUERO</b>                      <b>CORTE DE FORRO</b>                      <b>CORTE DE LATEX (EVA)</b> </p> <pre> graph TD     subgraph "CORTE DE CUERO"         I1[0,54 I1: Recepción e inspección de materia prima] --&gt; O1[2,54 O1: Corte de piezas en maquina troqueladora]     end     subgraph "CORTE DE FORRO"         O2[0,83 O2: Corte de piezas en maquina troqueladora]     end     subgraph "CORTE DE LATEX (EVA)"         O3[0,35 O3: Corte de piezas en maquina troqueladora]     end     O1 --&gt; I2[0,34 I2: Contar e inspeccionar cortes de cuero, forro y látex]     O2 --&gt; I2     O3 --&gt; I2   </pre> |                                 |                              |
| <b>RESUMEN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                 |                              |
| <b>Actividad</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Cantidad</b>                 | <b>Tiempo (min)</b>          |
| <b>Operaciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 3                               | 3,72                         |
| <b>Inspecciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2                               | 0,88                         |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                 | 4,6 min                      |

Elaborado por: Autor del proyecto

Tabla N°9 Diagrama analítico área de corte

| DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO                           |          |                |            |        |              |              |              |               |               |
|--------------------------------------------------------|----------|----------------|------------|--------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Ubicación:                                             |          |                |            | ACTUAL |              | PROPUESTO    |              |               |               |
| Actividad: Proceso de corte                            |          | Evento         | Símbolo    | Número | Tiempo (min) | Tiempo (min) |              |               |               |
| Fecha:                                                 |          | Operación      | ○          | 3      | 3,72         |              |              |               |               |
| Operador: Paulina                                      |          | Transporte     | ⇒          | 1      | 0,38         |              |              |               |               |
| Analista:                                              |          | Retrasos       | ◻          |        |              |              |              |               |               |
| Método:                                                | Actual   | Propuesto:     | Inspección | □      |              |              |              |               |               |
| Tipo: Trabajador                                       | Material | Máquina        | Combinado  | ◻○     | 2            | 0,88         |              |               |               |
|                                                        |          | Almacenamiento | ▽          |        |              |              |              |               |               |
| <b>Comentarios:</b>                                    |          | <b>TOTAL</b>   |            | 6      | 4,98         |              |              |               |               |
|                                                        |          |                |            |        |              |              |              |               |               |
| ACTIVIDAD                                              | Símbolo  |                |            |        |              |              | Tiempo (min) | Distancia (m) | Observaciones |
| Recepción e inspección de materia prima                | ○        | ⇒              | ◻          | □      | ◻○           | ▽            | 0,54         | 3,1           |               |
| Corte de piezas de cuero en maquina troqueladora       | ●        | ⇒              | ◻          | □      | ◻○           | ▽            | 2,54         |               |               |
| Corte de piezas en forro en máquina troqueladora       | ●        | ⇒              | ◻          | □      | ◻○           | ▽            | 0,83         |               |               |
| Corte de piezas en látex (eva) en máquina troqueladora | ●        | ⇒              | ◻          | □      | ◻○           | ▽            | 0,35         |               |               |
| Contar e inspeccionar cortes de cuero y forro          | ○        | ⇒              | ◻          | □      | ◻○           | ▽            | 0,34         |               |               |
| Transporte a Destallado                                | ○        | ⇒              | ◻          | □      | ◻○           | ▽            | 0,38         | 1,6           |               |
| <b>TIEMPO DE CICLO</b>                                 |          |                |            |        |              |              | 4,98         |               |               |

Elaborado por: Autor del proyecto

Tabla N°10 Diagrama sinóptico área de destallado

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                 |                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| <b>LOGO DE EMPRESA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>PROCESO DE DESTALLADO</b>    | <b>Código:</b>               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                 | <b>Fecha de elaboración:</b> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                 | <b>Ultima aprobación:</b>    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                 | <b>Revisión:</b>             |
| <b>Elaborado por:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Revisado por:</b>            | <b>Aprobado por:</b>         |
| <b>DIAGRAMA SINÓPTICO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Método:</b> Actual/Propuesto |                              |
| <b>DIAGRAMA N°1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>HOJA 1 DE 1</b>              | <b>Lugar:</b>                |
| <b>CONDICIONES GENERALES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                 |                              |
| En el área se raya, pinta y destalla los cortes para el proceso de destallado se usa 2 maquina destalladora, que permite reducir el filo del corte, doblados y tumbados para suavizar el cuero.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                 |                              |
| <pre> graph TD     O1((O1)) --&gt; O2((O2))     O2 --&gt; O3((O3))     O3 --&gt; O4((O4))     O4 --&gt; I1[I1]   </pre> <p>El diagrama sinóptico muestra el flujo de las actividades en el proceso de destallado. Comienza con el <b>RAYADO</b> (O1) con un tiempo de 1,30 minutos, seguido por el <b>PINTADO</b> (O2) con 0,76 minutos, el <b>DESTALLADO DE CALIBRE</b> (O3) con 1,50 minutos y el <b>DESTALLADO DE DOBLADOS</b> (O4) con 1,51 minutos. Finalmente, todas las piezas pasan por una <b>Inspección de cortes destallados</b> (I1) que toma 0,44 minutos.</p> |                                 |                              |
| <b>RESUMEN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                 |                              |
| <b>Actividad</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Cantidad</b>                 | <b>Tiempo (min)</b>          |
| <b>Operaciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 4                               | 5,07                         |
| <b>Inspecciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1                               | 0,44                         |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 5                               | 5,51 min                     |

Elaborado por: Autor del proyecto

Tabla N°11 Diagrama analítico área de destallado

| DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO      |            |            |                |           |        |              |              |               |               |      |
|-----------------------------------|------------|------------|----------------|-----------|--------|--------------|--------------|---------------|---------------|------|
| Ubicación:                        |            |            |                |           | ACTUAL |              | PROPUESTO    |               |               |      |
| Actividad: Proceso de destallado  |            |            | Evento         | Símbolo   | Número | Tiempo (min) | Número       | Tiempo (min)  |               |      |
| Fecha:                            |            |            | Operación      | ○         | 4      | 5,07         |              |               |               |      |
| Operador:                         |            | Analista:  | Transporte     | ⇒         | 1      | 0,16         |              |               |               |      |
|                                   |            |            | Retrasos       | ◻         | 1      | 1,80         |              |               |               |      |
| Método:                           | Actual     | Propuesto: | Inspección     | □         | 1      | 0,44         |              |               |               |      |
| Tipo:                             | Trabajador | Material   | Máquina        | Combinado | ◻○     | 0            |              |               |               |      |
|                                   |            |            | Almacenamiento | ▽         | 0      |              |              |               |               |      |
| <b>Comentarios:</b>               |            |            | <b>TOTAL</b>   |           | 7      | 7,47         |              |               |               |      |
|                                   |            |            |                |           |        |              |              |               |               |      |
| ACTIVIDAD                         |            |            | Símbolo        |           |        |              | Tiempo (min) | Distancia (m) | Observaciones |      |
| Rayado de piezas con mina         |            |            | ●              | ⇒         | ◻      | □            | ○            | ▽             | 1,30          |      |
| Pintado de bordes de piezas       |            |            | ●              | ⇒         | ◻      | □            | ○            | ▽             | 0,76          |      |
| Esperar que se sequen los cortes  |            |            | ○              | ⇒         | ●      | □            | ○            | ▽             | 1,80          |      |
| Destallado de calibre de piezas   |            |            | ●              | ⇒         | ◻      | □            | ○            | ▽             | 1,50          | 1,20 |
| Destallado de doblados y tumbados |            |            | ●              | ⇒         | ◻      | □            | ○            | ▽             | 1,51          |      |
| Inspección de destallado          |            |            | ○              | ⇒         | ◻      | ■            | ○            | ▽             | 0,44          |      |
| Transporte a Aparado              |            |            | ○              | ⇒         | ◻      | □            | ○            | ▽             | 0,16          | 1,60 |
| <b>TIEMPO DE CICLO</b>            |            |            | 3              | 1         | 1      | 1            |              |               | 7,47          |      |

Elaborado por: Autor del proyecto



Tabla N°12 Diagrama sinóptico área de aparato

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                 |                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| <b>LOGO DE EMPRESA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>PROCESO DE APARADO</b>       | <b>Código:</b>               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                 | <b>Fecha de elaboración:</b> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                 | <b>Ultima aprobación:</b>    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                 | <b>Revisión:</b>             |
| <b>Elaborado por:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Revisado por:</b>            | <b>Aprobado por:</b>         |
| <b>DIAGRAMA SINÓPTICO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>Método:</b> Actual/Propuesto |                              |
| <b>DIAGRAMA N°1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>HOJA 1 DE 1</b>              | <b>Lugar:</b>                |
| <b>CONDICIONES GENERALES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                 |                              |
| Se procede a unir los cortes de cuero, forro y látex con isarcol, se coserá las pieza, se realiza las perforaciones para los ojales, finalmente se podrá transportar al siguiente proceso.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                 |                              |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>PLANTILLADO</b></p> <p>3,45</p> <p>O2</p> <p>Realizar plantilla: coser plantilla y látex</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>PEGADO DE PIEZAS</b></p> <p>2,30</p> <p>O1</p> <p>Pegado de piezas cuero con forro, látex y etiquetas</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>COSTURA DE PIEZAS</b></p> <p>10,46</p> <p>O3</p> <p>Cosido de piezas</p> <p>1,62</p> <p>O5</p> <p>Perforar huecos para cordones y ojales</p> <p>0,49</p> <p>I1</p> <p>Inspección de piezas cosidas</p> <p>0,49</p> <p>I2</p> <p>Inspección de ensamble y plantilla</p> </div> </div> |                                 |                              |
| <b>RESUMEN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                 |                              |
| <b>Actividad</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Cantidad</b>                 | <b>Tiempo (min)</b>          |
| <b>Operaciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 4                               | 17,83                        |
| <b>Inspecciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2                               | 0,98                         |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 6                               | 18,81 min                    |

Elaborado por: Autor del proyecto

Tabla N°13 Diagrama analítico área de aparato

| DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO                       |            |                |         |            |              |              |              |               |               |
|----------------------------------------------------|------------|----------------|---------|------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Ubicación:                                         |            |                |         | ACTUAL     |              | PROPUESTO    |              |               |               |
| Actividad: Proceso de aparato                      |            | Evento         | Símbolo | Número     | Tiempo (min) | Tiempo (min) |              |               |               |
| Fecha:                                             |            | Operación      | ○       | 5          | 18,69        |              |              |               |               |
| Operador:                                          |            | Transporte     | ⇒       | 1          | 0,30         |              |              |               |               |
| Analista:                                          |            | Retrasos       | ◻       | 0          | 0,00         |              |              |               |               |
| Método:                                            | Actual     | Propuesto:     |         | Inspección | □            | 2            | 1,10         |               |               |
| Tipo:                                              | Trabajador | Material       | Máquina | Combinado  | ◉            | 0            |              |               |               |
|                                                    |            | Almacenamiento | ▽       | 0          |              |              |              |               |               |
| <b>Comentarios:</b>                                |            | <b>TOTAL</b>   |         | 8          | 20,09        |              |              |               |               |
|                                                    |            |                |         |            |              |              |              |               |               |
| ACTIVIDAD                                          | Símbolo    |                |         |            |              |              | Tiempo (min) | Distancia (m) | Observaciones |
| Pegar piezas de cuero con forro, látex y etiquetas | ●          | ⇒              | ◻       | □          | ◉            | ▽            | 2,30         |               |               |
| Cosido de piezas                                   | ●          | ⇒              | ◻       | □          | ◉            | ▽            | 10,46        | 1,20          |               |
| Perforar huecos para cordones y realizar ojales    | ●          | ⇒              | ◻       | □          | ◉            | ▽            | 1,62         | 1,20          |               |
| Inspección de las piezas cosidas                   | ○          | ⇒              | ◻       | ■          | ◉            | ▽            | 0,61         |               |               |
| Realizar plantilla                                 | ●          | ⇒              | ◻       | □          | ◉            | ▽            | 3,45         | 1,20          |               |
| Unir plantilla con ensamble                        | ●          | ⇒              | ◻       | □          | ◉            | ▽            | 0,86         |               |               |
| Inspección unión ensamble y plantilla              | ○          | ⇒              | ◻       | ■          | ◉            | ▽            | 0,49         |               |               |
| Transporte a Pre-armado                            | ○          | ⇒              | ◻       | □          | ◉            | ▽            | 0,30         | 1,50          |               |
| <b>TIEMPO DE CICLO</b>                             | 3          | 1              | 0       | 1          |              |              | 20,09        |               |               |

Elaborado por: Autor del proyecto

Tabla N°14 Diagrama sinóptico área de armado

|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>LOGO DE EMPRESA</b>                                                                                                                                                       | <b>PROCESO DE ARMADO</b>                                                                                                                                                                                | <b>Código:</b>                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                         | <b>Fecha de elaboración:</b>                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                         | <b>Ultima aprobación:</b>                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                         | <b>Revisión:</b>                                                                                                                                                                              |
| <b>Elaborado por:</b>                                                                                                                                                        | <b>Revisado por:</b>                                                                                                                                                                                    | <b>Aprobado por:</b>                                                                                                                                                                          |
| <b>DIAGRAMA SINÓPTICO</b>                                                                                                                                                    | <b>Método:</b> Actual/Propuesto                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                               |
| <b>DIAGRAMA N°1</b>                                                                                                                                                          | <b>HOJA 1 DE 1</b>                                                                                                                                                                                      | <b>Lugar:</b>                                                                                                                                                                                 |
| <b>CONDICIONES GENERALES</b>                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                               |
| En el área se coloca los ensambles en la maquina armadora de puntas y armadora de lados y talones, se prepara la planta para el siguiente proceso.                           |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                               |
| <b>PRE-ARMADO</b>                                                                                                                                                            | <b>MONTAJE</b>                                                                                                                                                                                          | <b>PREPARADO DE PLANTA</b>                                                                                                                                                                    |
| <p>Colocar en máquinas fijadora de puntas y conformadora de talones</p> <p>Colocar ensamble en hormas, estirar el cuero y colocar pasadores</p> <p>Colocar en estantería</p> | <p>Colocar ensamble en maquina reactivadora de capellada y armadora de puntas</p> <p>Colocar ensamble en maquina reactivadora de talones y armadora de lados y talones</p> <p>Colocar en estantería</p> | <p>Recepción e inspección de planta</p> <p>Colocar brillo y pegamento a la planta</p> <p>Colocar plantas en banda transportadora</p> <p>Colocar ensamble y planta en maquina reactivadora</p> |
| <b>RESUMEN</b>                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                               |
| <b>Actividad</b>                                                                                                                                                             | <b>Cantidad</b>                                                                                                                                                                                         | <b>Tiempo (min)</b>                                                                                                                                                                           |
| <b>Operaciones</b>                                                                                                                                                           | 9                                                                                                                                                                                                       | 12,69                                                                                                                                                                                         |
| <b>Inspecciones</b>                                                                                                                                                          | 1                                                                                                                                                                                                       | 0,64                                                                                                                                                                                          |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                 | 10                                                                                                                                                                                                      | 13,33 min                                                                                                                                                                                     |

Elaborado por: Autor del proyecto

Tabla N°15 Diagrama analítico área de armado

| DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO                                                                  |            |            |                |           |        |              |               |               |       |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|----------------|-----------|--------|--------------|---------------|---------------|-------|------|
| Ubicación:                                                                                    |            |            |                |           | ACTUAL |              | PROPUESTO     |               |       |      |
| Actividad: Proceso de armado                                                                  |            |            | Evento         | Símbolo   | Número | Tiempo (min) | Número        | Tiempo (min)  |       |      |
| Fecha:                                                                                        |            |            | Operación      | ○         | 8      | 10,29        |               |               |       |      |
| Operador:                                                                                     |            | Analista:  | Transporte     | ⇒         | 0      | 0,00         |               |               |       |      |
|                                                                                               |            |            | Retrasos       | ⊐         | 1      | 2,40         |               |               |       |      |
| Método:                                                                                       | Actual     | Propuesto: | Inspección     | □         | 0      | 0,00         |               |               |       |      |
| Tipo:                                                                                         | Trabajador | Material   | Máquina        | Combinado | ⊞      | 1            | 0,64          |               |       |      |
|                                                                                               |            |            | Almacenamiento | ▽         | 0      |              |               |               |       |      |
| <b>Comentarios:</b>                                                                           |            |            | <b>TOTAL</b>   |           | 10     | 13,33        |               |               |       |      |
|                                                                                               |            |            |                |           |        |              |               |               |       |      |
| ACTIVIDAD                                                                                     |            |            | Símbolo        |           |        | Tiempo (min) | Distancia (m) | Observaciones |       |      |
| Colocar en máquina conformadora de talones                                                    |            |            | ●              | ⇒         | ⊐      | □            | ⊞             | ▽             | 2,80  |      |
| Colocar ensamble en hormas, estirar el cuero y colocar pasadores                              |            |            | ●              | ⇒         | ⊐      | □            | ⊞             | ▽             | 4,23  |      |
| Colocar en estantería                                                                         |            |            | ●              | ⇒         | ⊐      | □            | ⊞             | ▽             | 0,30  | 0,60 |
| Colocar ensamble en máquinas reactivadora de capellada y armadora de puntas                   |            |            | ●              | ⇒         | ⊐      | □            | ⊞             | ▽             | 0,53  | 0,60 |
| Colocar ensamble en máquinas reactivadora de talones, armadora de lados y armadora de talones |            |            | ●              | ⇒         | ⊐      | □            | ⊞             | ▽             | 0,71  | 0,60 |
| Colocar en estantería                                                                         |            |            | ●              | ⇒         | ⊐      | □            | ⊞             | ▽             | 0,22  | 1,20 |
| Recepción e inspección de planta                                                              |            |            | ○              | ⇒         | ⊐      | □            | ●             | ▽             | 0,64  |      |
| Colocar brillo y pegamento a planta                                                           |            |            | ●              | ⇒         | ⊐      | □            | ⊞             | ▽             | 1,20  |      |
| Colocar plantas en banda transportadora                                                       |            |            | ●              | ⇒         | ⊐      | □            | ⊞             | ▽             | 0,30  |      |
| Colocar ensamble y plantas en máquina de secado-reactivado                                    |            |            | ●              | ⇒         | ⊐      | □            | ⊞             | ▽             | 2,40  |      |
| <b>TIEMPO DE CICLO</b>                                                                        |            |            | 9              | 0         | 1      | 0            | 1             |               | 13,33 |      |

Elaborado por: Autor del proyecto

Tabla N°16 Diagrama sinóptico área de plantado

|                                                                                                                                                                                                          |                                 |                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| <b>LOGO DE EMPRESA</b>                                                                                                                                                                                   | <b>PROCESO DE PLANTADO</b>      | <b>Código:</b>               |
|                                                                                                                                                                                                          |                                 | <b>Fecha de elaboración:</b> |
|                                                                                                                                                                                                          |                                 | <b>Ultima aprobación:</b>    |
|                                                                                                                                                                                                          |                                 | <b>Revisión:</b>             |
| <b>Elaborado por:</b>                                                                                                                                                                                    | <b>Revisado por:</b>            | <b>Aprobado por:</b>         |
| <b>DIAGRAMA SINÓPTICO</b>                                                                                                                                                                                | <b>Método:</b> Actual/Propuesto |                              |
| <b>DIAGRAMA N°1</b>                                                                                                                                                                                      | <b>HOJA 1 DE 1</b>              | <b>Lugar:</b>                |
| <b>CONDICIONES GENERALES</b>                                                                                                                                                                             |                                 |                              |
| En el área se recibe ensamblajes y plantas en la banda transportadora de la máquina reactivadora, se procede a utilizar 1 máquina prensadora que une el ensamblaje y planta.                             |                                 |                              |
| <p><b>ENSAMBLE Y PLANTAS</b></p> <pre> graph TD     Start(( )) --&gt; O1((O1))     O1 --&gt; O2((O2))     O2 --&gt; O3((O3))     O3 --&gt; I1[I1]     I1 --&gt; O4((O4))     O4 --&gt; End(( ))   </pre> |                                 |                              |
| <b>RESUMEN</b>                                                                                                                                                                                           |                                 |                              |
| <b>Actividad</b>                                                                                                                                                                                         | <b>Cantidad</b>                 | <b>Tiempo (min)</b>          |
| <b>Operaciones</b>                                                                                                                                                                                       | 4                               | 2,35                         |
| <b>Inspecciones</b>                                                                                                                                                                                      | 1                               | 0,36                         |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                             | 5                               | 2,71 min                     |

Elaborado por: Autor del proyecto

Tabla N°17 Diagrama analítico área de plantado

| DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO                                                                                                       |            |            |         |                |              |              |              |               |               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|---------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Ubicación:                                                                                                                         |            |            |         | ACTUAL         |              | PROPUESTO    |              |               |               |
| Actividad: Proceso de plantado                                                                                                     |            | Evento     | Símbolo | Número         | Tiempo (min) | Tiempo (min) |              |               |               |
| Fecha:                                                                                                                             |            | Operación  | ○       | 3              | 2,35         |              |              |               |               |
| Operador:                                                                                                                          |            | Transporte | ⇒       | 1              | 0,24         |              |              |               |               |
| Analista:                                                                                                                          |            | Retrasos   | ◻       | 0              | 0,00         |              |              |               |               |
| Método:                                                                                                                            | Actual     | Propuesto: |         | Inspección     | □            | 1            | 0,36         |               |               |
| Tipo:                                                                                                                              | Trabajador | Material   | Máquina | Combinado      | ◻○           | 0            |              |               |               |
|                                                                                                                                    |            |            |         | Almacenamiento | ▽            | 0            |              |               |               |
| <b>Comentarios:</b>                                                                                                                |            |            |         | <b>TOTAL</b>   |              | 5            | 2,95         |               |               |
|                                                                                                                                    |            |            |         |                |              |              |              |               |               |
| ACTIVIDAD                                                                                                                          | Símbolo    |            |         |                |              |              | Tiempo (min) | Distancia (m) | Observaciones |
| Recepción de ensamble y planta de la máquina reactivadora de propiedades procedente de banda transportadora en el proceso anterior | ●          | ⇒          | ◻       | □              | ◻○           | ▽            | 0,00         |               |               |
| Unión manual de ensamble con planta                                                                                                | ●          | ⇒          | ◻       | □              | ◻○           | ▽            | 1,40         |               |               |
| Colocar conjunto pre-plantado en máquina                                                                                           | ●          | ⇒          | ◻       | □              | ◻○           | ▽            | 0,69         |               |               |
| Inspección de conjunto                                                                                                             | ○          | ⇒          | ◻       | ■              | ◻○           | ▽            | 0,36         |               |               |
| Colocar conjunto en estantería                                                                                                     | ●          | ⇒          | ◻       | □              | ◻○           | ▽            | 0,26         |               |               |
| Transporte en banda transportadora a proceso de terminado                                                                          | ○          | ⇒          | ◻       | □              | ◻○           | ▽            | 0,24         | 1             |               |
| <b>TIEMPO DE CICLO</b>                                                                                                             | 3          | 1          | 0       | 1              |              |              | 2,95         |               |               |

Elaborado por: Autor del proyecto

Tabla N°18 Diagrama sinóptico área de terminado

|                                                                                                                                                                              |                                 |                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| <b>LOGO DE EMPRESA</b>                                                                                                                                                       | <b>PROCESO DE TERMINADO</b>     | <b>Código:</b>               |
|                                                                                                                                                                              |                                 | <b>Fecha de elaboración:</b> |
|                                                                                                                                                                              |                                 | <b>Ultima aprobación:</b>    |
|                                                                                                                                                                              |                                 | <b>Revisión:</b>             |
| <b>Elaborado por:</b>                                                                                                                                                        | <b>Revisado por:</b>            | <b>Aprobado por:</b>         |
| <b>DIAGRAMA SINÓPTICO</b>                                                                                                                                                    | <b>Método:</b> Actual/Propuesto |                              |
| <b>DIAGRAMA N°1</b>                                                                                                                                                          | <b>HOJA 1 DE 1</b>              | <b>Lugar:</b>                |
| <b>CONDICIONES GENERALES</b>                                                                                                                                                 |                                 |                              |
| El producto terminado pasa por la banda transportadora, se coloca en la mesa de trabajo, para realizar el control de calidad y empaquetar y finalmente almacenarlo.          |                                 |                              |
| <p><b>TERMINADO</b></p> <pre> graph TD     Start[TERMINADO] --&gt; O1((O1))     O1 --&gt; I1[I1]     I1 --&gt; O2((O2))     O2 --&gt; I2[I2]     I2 --&gt; O3((O3))   </pre> |                                 |                              |
| <b>RESUMEN</b>                                                                                                                                                               |                                 |                              |
| <b>Actividad</b>                                                                                                                                                             | <b>Cantidad</b>                 | <b>Tiempo (min)</b>          |
| <b>Operaciones</b>                                                                                                                                                           | 3                               | 7,17                         |
| <b>Inspecciones</b>                                                                                                                                                          | 2                               | 0,84                         |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                 | 5                               | 2,71 min                     |

Elaborado por: Autor del proyecto

Tabla N°19 Diagrama analítico área de terminado

| DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO                        |            |                |            |           |              |              |              |               |               |
|-----------------------------------------------------|------------|----------------|------------|-----------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Ubicación:                                          |            |                |            | ACTUAL    |              | PROPUESTO    |              |               |               |
| Actividad: Proceso de terminado                     |            | Evento         | Símbolo    | Número    | Tiempo (min) | Tiempo (min) |              |               |               |
| Fecha:                                              |            | Operación      | ○          | 4         | 6,71         |              |              |               |               |
| Operador:                                           |            | Transporte     | ⇒          | 1         | 0,50         |              |              |               |               |
| Analista:                                           |            | Retrasos       | ◻          | 0         | 0,00         |              |              |               |               |
| Método:                                             | Actual     | Propuesto:     | Inspección | □         | 1            | 0,28         |              |               |               |
| Tipo:                                               | Trabajador | Material       | Máquina    | Combinado | ◻            |              |              |               |               |
|                                                     |            | Almacenamiento | ▽          | 1         | 1,30         |              |              |               |               |
| <b>Comentarios:</b>                                 |            | <b>TOTAL</b>   |            | 6         | 8,79         |              |              |               |               |
|                                                     |            |                |            |           |              |              |              |               |               |
| ACTIVIDAD                                           | Símbolo    |                |            |           |              |              | Tiempo (min) | Distancia (m) | Observaciones |
| Recepción de conjunto en la banda transportadora de | ●          | ⇒              | ◻          | □         | ◻            | ▽            | 0,00         |               |               |
| Inspección de producto                              | ○          | ⇒              | ◻          | ■         | ◻            | ▽            | 0,28         |               |               |
| Colocar crema en calzado, pintar ligeras            | ●          | ⇒              | ◻          | □         | ◻            | ▽            | 6,20         |               |               |
| Inspección de calidad del producto                  | ○          | ⇒              | ◻          | ■         | ◻            | ▽            | 0,28         |               |               |
| Colocar el par de zapatos en caja                   | ●          | ⇒              | ◻          | □         | ◻            | ▽            | 0,23         |               |               |
| Transporte de cajas a bodega de producto terminado  | ○          | ⇒              | ◻          | □         | ◻            | ▽            | 0,50         |               |               |
| Almacenar cajas en bodega de producto terminado     | ○          | ⇒              | ◻          | □         | ◻            | ▽            | 1,30         | 3             |               |
| <b>TIEMPO DE CICLO</b>                              | 4          | 1              | 0          | 1         |              | 1            | 8,79         |               |               |

Elaborado por: Autor del proyecto



#### **12.4.2 Diagrama de recorrido dentro de la célula de producción**

En base a la secuencia de operaciones del punto anterior se procede al registro de las actividades a desempeñarse en la célula de producción mediante el diseño de un diagrama de recorrido ilustración 30 donde se indica la secuencia de actividades de forma general.



- ① Recepcion e inspeccion de materia prima
- ① Corte de piezas de cuero en troqueladora
- ② Corte de piezas en forro en troqueladora
- ③ Recepcion e inspeccion de materia prima
- ② Contar e inspeccionar cortes de cuero y forro
- ➡① Transporte a destallado
- ④ Rayado de piezas
- ⑤ Pintado de piezas
- ① Esperar que se sequen los cortes
- ⑥ Destallado de calibre de piezas
- ⑦ Destallado de doblado y tumbados de piezas
- ① Inspección de destallado
- ➡② Transporte a aparado
- ⑧ Pegar piezas de cuero con forro y etiquetas
- ⑨ Cosido de piezas
- ⑩ Perforar huecos para cordones y ojales
- ⑪ Realizar plantilla
- ⑫ Unir plantilla con ensamble
- ② Inspección de piezas cosidas
- ➡③ Transporte a armado
- ⑬ Colocar puntera en ensamble y colocar ensamble en máquina fijadora de puntas
- ⑭ Colocar contrafuerte en ensamble y colocar ensamble en conformadora de talones
- ⑮ Colocar ensamble en hormas, estirar el cuero
- ⑯ Colocar en estantería
- ⑰ Colocar ensamble en máquina reactivadora de capellada y armadora de puntas
- ⑱ Colocar ensamble en máquinas reactivadora de talones, armadora de lados y armadora de talones
- ⑲ Colocar en estantería
- ⑳ Colocar brillo y pegamento a planta
- ② Colocar plantas y ensamble en máquina de secado-reactivado
- ㉑ Unión manual de ensamble con planta
- ㉒ Colocar en conjunto pre-plantado en máquina prensadora
- ③ Inspección de conjunto armado
- ㉓ Colocar en estantería
- ➡④ Transporte a terminado
- ㉔ Recepción de conjunto
- ④ Inspección del conjunto
- ㉕ Colocar crema, pasadores, pintar imperfecciones, quemar hilos con cautín, pegar etiquetas
- ⑤ Inspección del producto terminado
- ㉖ Colocar par de zapatos en caja
- ➡⑤ Transporte a bodega de producto terminado
- ▽① Almacenamiento de producto terminado

| Cant.   | Materiales   | Tipo  | Espesor | Tolerancia                   |          | Peso         | CÉLULA DE PRODUCCIÓN             |  |                                                                                       |
|---------|--------------|-------|---------|------------------------------|----------|--------------|----------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------|
|         |              |       |         |                              |          |              |                                  |  |                                                                                       |
|         |              |       |         |                              |          |              |                                  |  |                                                                                       |
|         |              |       |         |                              |          |              |                                  |  |                                                                                       |
|         |              |       |         |                              | Fecha    | Nombre       | SIMBOLOGÍA DIAGRAMA DE RECORRIDO |  | Escala:                                                                               |
|         |              |       |         | Dib.                         | 07/07/20 | Núñez Alvaro |                                  |  | 1:1                                                                                   |
|         |              |       |         | Rev:                         | 07/07/20 |              |                                  |  |                                                                                       |
|         |              |       |         | Apro:                        | 07/07/20 |              |                                  |  |                                                                                       |
|         |              |       |         | UTC-FCIYA<br>ING. INDUSTRIAL |          |              | 4242                             |  |  |
| Edicion | Modificacion | Fecha | Nombre  |                              |          |              |                                  |  |                                                                                       |

## 12.5 Estudio de trabajo

### 12.5.1 Estudio de tiempos.

El estudio de tiempos se realizó mediante la aplicación de técnicas de registro las cuales permitieron examinar el trabajo desarrollado en cada una de las áreas de la célula de producción bajo los factores que influyen en la eficiencia de la situación estudiada, para esta investigación se procedió a tomar tiempos preliminares los cuales se utilizaron para calcular el número de observaciones requeridas para el estudio Tabla 20.

**Tabla N°20 Valores para cálculo de la muestra**

| Observaciones preliminares (min) | Cuadrado de observaciones preliminares (min) |
|----------------------------------|----------------------------------------------|
| 6,4                              | 40,96                                        |
| 5,93                             | 35,16                                        |
| 6,3                              | 39,69                                        |
| 6,29                             | 39,56                                        |
| 6,1                              | 37,21                                        |
| 6,4                              | 40,96                                        |
| 6,1                              | 37,21                                        |
| 5,10                             | 26,01                                        |
| 5,38                             | 28,94                                        |
| 6,75                             | 45,56                                        |
| 60,75                            | 371,28                                       |

**Elaborado por:** Autor del proyecto

Reemplazando los valores en la ecuación 1

$$n = \left( \frac{40\sqrt{n'\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}}{\Sigma x} \right)^2$$

$$n = \left( \frac{40\sqrt{10(371,28)^2 - (60,75)^2}}{60,75} \right)^2$$

$$n = 9,62$$

Basado en la aplicación de la ecuación 1 para un 95% de confianza se requiere una cantidad de 10 muestras.

### Calculo de factor de ajuste (FA)

El factor de ajuste se determina de acuerdo a la tabla 20 que indica los ajustes por dificultad y apoyados en la tabla 5 para determinar el factor de ajuste en base a la dificultad del trabajo.

#### Ecuación N°5 Factor de ajuste

$$\text{Factor de ajuste (FA)} = 1 + \frac{\text{Valoración objetiva}}{100}$$

Tabla N°21 Valoración objetiva

| VALORACIÓN OBJETIVA        |       |             |
|----------------------------|-------|-------------|
| CONDICION                  | LETRA | % DE AJUSTE |
| Codo, muñeca y dedos       | C     | 2           |
| Brazos                     | D     | 5           |
| Manos se ayudan una a otra | H     | 0           |
| Visión moderada            | J     | 2           |
| <b>TOTAL</b>               |       | <b>9</b>    |

Elaborado por: Autor del proyecto

### Factor de valoración (FV)

El factor de valoración es asignado por el observador basado en los valores de la tabla 4, en este caso se planteó un factor de valoración del 95%.

### Calculo de factor de valoración objetiva

El factor de valoración objetiva se obtiene mediante la multiplicación del factor de ajuste de dificultad en el trabajo, ya que entre más complejo sea el trabajo más despacio se realiza.

#### Ecuación N°6 Factor de valoración objetiva

$$\text{Factor de valoración objetiva} = \text{Factor de valoración (FV)} \times \text{Factor de ajuste (FA)}$$

### Calculo de suplementos

Los suplementos se determinan de acuerdo a la tabla 22 que indica las condiciones bajo las cuales el trabajador desarrolla sus actividades y apoyados en la tabla 6 para determinar los suplementos para cada actividad y operación de producción.

**Tabla N°22 Calculo de suplementos por área**

| <b>CALCULO DE SUPLEMENTOS</b>  |              |                   |                |               |                 |                  |
|--------------------------------|--------------|-------------------|----------------|---------------|-----------------|------------------|
| <b>AREAS</b>                   | <b>Corte</b> | <b>Destallado</b> | <b>Aparado</b> | <b>Armado</b> | <b>Plantado</b> | <b>Terminado</b> |
| <b>SEXO DE LOS OBREROS</b>     | Mujer        | Hombre            | Mujer          | Hombre        | Mujer           | Mujer            |
| <b>Suplementos constantes</b>  |              |                   |                |               |                 |                  |
| Necesidades personales         | 7            | 5                 | 7              | 5             | 7               | 7                |
| Básico por fatiga              | 4            | 4                 | 4              | 4             | 4               | 4                |
| <b>Suplementos variables</b>   |              |                   |                |               |                 |                  |
| Trabajo de pie                 | 4            | 0                 | 0              | 2             | 4               | 4                |
| Postura normal                 | 2            | 2                 | 3              | 2             | 1               | 3                |
| Uso de fuerza/energía muscular | 1            | 0                 | 1              | 0             | 2               | 1                |
| Ruido                          | 0            | 2                 | 2              | 0             | 0               | 0                |
| Tensión mental                 | 1            | 0                 | 1              | 0             | 1               | 0                |
| Monotonía mental               | 0            | 0                 | 1              | 0             | 0               | 0                |
| <b>TOTAL</b>                   | <b>19</b>    | <b>13</b>         | <b>19</b>      | <b>13</b>     | <b>19</b>       | <b>19</b>        |

**Elaborado por:** Autor del proyecto

Tabla N°23 Estudio de tiempos área de corte

| AREA DE CORTE |                                                        |
|---------------|--------------------------------------------------------|
| ACTIVIDAD N°  | DESCRIPCION                                            |
| 1             | Recepción e inspección de materia prima                |
| 2             | Corte de piezas de cuero en maquina troqueladora       |
| 3             | Corte de piezas en forro en máquina troqueladora       |
| 4             | Corte de piezas en látex (eva) en máquina troqueladora |
| 5             | Contar e inspeccionar cortes de cuero, forro y látex   |
| 6             | Transporte a Destallado                                |

| ESTUDIO DE TIEMPOS |         |          |      |                      |      |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                      |
|--------------------|---------|----------|------|----------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|
| AREA:              | Corte   |          |      |                      |      |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                      |
| OPERACIÓN:         | Corte   | MATERIAL |      | Cuero, forro y látex |      |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                      |
| ESTUDIO N°:        | 1       | MAQUINAS |      | 1                    |      |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                      |
| OPERARIO:          | Paulina |          |      |                      |      |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                      |
| RESUMEN            |         |          |      |                      |      |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                      |
| ACTIVIDAD          | 1       | 2        | 3    | 4                    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | TOTAL | TOM  | FACTOR DE AJUSTE (FA) | FACTOR DE VALORACION (FV) | FACTOR DE VALORACION OBJETIVA | TIEMPO NORMAL (TN) | TIEMPO ESTANDAR (TS) |
| 1                  | 0,54    | 0,58     | 0,56 | 0,57                 | 0,56 | 0,54 | 0,55 | 0,57 | 0,57 | 0,58 | 5,62  | 0,56 | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,58               | 0,69                 |
| 2                  | 2,54    | 2,59     | 2,57 | 2,52                 | 2,52 | 2,55 | 2,53 | 2,55 | 2,54 | 2,56 | 25,47 | 2,55 | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 2,64               | 3,14                 |
| 3                  | 0,83    | 0,82     | 0,89 | 0,9                  | 0,82 | 0,85 | 0,83 | 0,84 | 0,83 | 0,85 | 8,46  | 0,85 | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,88               | 1,04                 |
| 4                  | 0,35    | 0,36     | 0,35 | 0,4                  | 0,34 | 0,35 | 0,35 | 0,34 | 0,36 | 0,35 | 3,55  | 0,36 | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,37               | 0,44                 |
| 5                  | 0,34    | 0,36     | 0,29 | 0,3                  | 0,29 | 0,3  | 0,32 | 0,32 | 0,33 | 0,32 | 3,17  | 0,32 | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,33               | 0,39                 |
| 6                  | 0,41    | 0,41     | 0,4  | 0,4                  | 0,41 | 0,4  | 0,4  | 0,41 | 0,41 | 0,4  | 4,05  | 0,41 | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,42               | 0,50                 |

Elaborado por: Autor del proyecto

Tabla N°24 Estudio de tiempos área de destallado

| AREA DE DESTALLADO |                                   |
|--------------------|-----------------------------------|
| ACTIVIDAD N°       | DESCRIPCION                       |
| 1                  | Rayado de piezas con mina         |
| 2                  | Pintado de bordes de piezas       |
| 3                  | Esperar que se sequen los cortes  |
| 4                  | Destallado de calibre de piezas   |
| 5                  | Destallado de doblados y tumbados |
| 6                  | Inspección de destallado          |
| 7                  | Transporte a Aparado              |

| ESTUDIO DE TIEMPOS |                              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | HOJA         |                       |                           |                               |                    |                   |
|--------------------|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|
| Destallado         |                              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 1 de 1       |                       |                           |                               |                    |                   |
| OPERACIÓN:         | Rayado, pintado y destallado |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | Cuero        |                       |                           |                               |                    |                   |
| ESTUDIO N°:        | 2                            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 2            |                       |                           |                               |                    |                   |
| OPERARIO:          | Dario, Carlos                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | Alvaro Núñez |                       |                           |                               |                    |                   |
| CICLOS (min)       |                              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | RESUMEN      |                       |                           |                               |                    |                   |
| ACTIVIDAD          | 1                            | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | TOTAL | TOM          | FACTOR DE AJUSTE (FA) | FACTOR DE VALORACION (FV) | FACTOR DE VALORACION OBJETIVA | TIEMPO NORMAL (TN) | TIEMPO FINAL (TS) |
| 1                  | 1,30                         | 1,25 | 1,30 | 1,30 | 1,26 | 1,27 | 1,27 | 1,28 | 1,26 | 1,26 | 12,75 | 1,28         | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 1,33               | 1,50              |
| 2                  | 0,76                         | 0,76 | 0,75 | 0,75 | 0,70 | 0,75 | 0,74 | 0,74 | 0,75 | 0,74 | 7,44  | 0,74         | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,77               | 0,87              |
| 3                  | 1,80                         | 1,85 | 1,95 | 1,96 | 1,95 | 1,88 | 1,9  | 1,95 | 1,9  | 1,87 | 19,01 | 1,90         | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 1,97               | 2,23              |
| 4                  | 1,50                         | 1,47 | 1,45 | 1,45 | 1,47 | 1,47 | 1,45 | 1,44 | 1,44 | 1,51 | 14,65 | 1,47         | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 1,52               | 1,72              |
| 5                  | 1,51                         | 1,53 | 1,55 | 1,52 | 1,62 | 1,52 | 1,52 | 1,59 | 1,6  | 1,56 | 15,52 | 1,55         | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 1,61               | 1,82              |
| 6                  | 0,44                         | 0,42 | 0,43 | 0,49 | 0,50 | 0,45 | 0,5  | 0,49 | 0,45 | 0,47 | 4,64  | 0,46         | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,47               | 0,53              |
| 7                  | 0,16                         | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 1,46  | 0,15         | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,15               | 0,17              |

Elaborado por: Autor del proyecto



Tabla N°25 Estudio de tiempos área de aparado

| AREA DE APARADO |                                                 |
|-----------------|-------------------------------------------------|
| ACTIVIDAD N°    | DESCRIPCION                                     |
| 1               | Pegar piezas de cuero con forro y etiquetas     |
| 2               | Cosido de piezas                                |
| 3               | Perforar huecos para cordones y realizar ojales |
| 4               | Inspección de las piezas cosidas y pegadas      |
| 5               | Realizar plantilla                              |
| 6               | Unir plantilla con ensamble                     |
| 7               | Inspección unión ensamble y plantilla           |
| 8               | Transporte a Pre-armado                         |

| ESTUDIO DE TIEMPOS   |                             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |                       |                           |                               |                    |                   |
|----------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|
| AREA:                | Aparado                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |                       |                           |                               |                    |                   |
| OPERACIÓN:           | Pegar, coser y perforar     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |                       |                           |                               |                    |                   |
| ESTUDIO N°:          | 3                           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |                       |                           |                               |                    |                   |
| OPERARIO:            | Karina, Ana, Yolanda, Carla |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |                       |                           |                               |                    |                   |
| HOJA                 | 1 de 1                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |                       |                           |                               |                    |                   |
| HORA DE INICIO       |                             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |                       |                           |                               |                    |                   |
| HORA DE FINALIZACION |                             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |                       |                           |                               |                    |                   |
| OBSERVADOR           | Alvaro Núñez                |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |                       |                           |                               |                    |                   |
| RESUMEN              |                             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |                       |                           |                               |                    |                   |
| ACTIVIDAD            | 1                           | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | TOTAL  | TOM   | FACTOR DE AJUSTE (FA) | FACTOR DE VALORACION (FV) | FACTOR DE VALORACION OBJETIVA | TIEMPO NORMAL (TN) | TIEMPO FINAL (TS) |
| 1                    | 2,30                        | 2,35  | 2,38  | 2,40  | 2,47  | 2,42  | 2,35  | 2,35  | 2,4   | 2,27  | 23,79  | 2,38  | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 2,46               | 2,93              |
| 2                    | 10,46                       | 10,38 | 10,44 | 10,52 | 10,48 | 10,46 | 10,45 | 10,45 | 10,46 | 10,45 | 104,55 | 10,46 | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 10,83              | 12,88             |
| 3                    | 1,62                        | 1,68  | 1,69  | 1,68  | 1,70  | 1,38  | 1,38  | 1,39  | 1,4   | 1,37  | 15,29  | 1,53  | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 1,58               | 1,88              |
| 4                    | 0,61                        | 0,62  | 0,61  | 0,62  | 0,62  | 0,49  | 0,5   | 0,48  | 0,51  | 0,51  | 5,57   | 0,56  | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,58               | 0,69              |
| 5                    | 3,45                        | 3,47  | 3,48  | 3,46  | 3,45  | 3,46  | 3,46  | 3,45  | 3,48  | 3,45  | 34,61  | 3,46  | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 3,58               | 4,26              |
| 6                    | 0,86                        | 0,85  | 0,94  | 0,88  | 0,95  | 0,96  | 0,83  | 0,88  | 0,88  | 0,87  | 8,90   | 0,89  | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,92               | 1,10              |
| 7                    | 0,49                        | 0,4   | 0,47  | 0,49  | 0,47  | 0,45  | 0,45  | 0,46  | 0,47  | 0,47  | 4,62   | 0,46  | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,48               | 0,57              |
| 8                    | 0,30                        | 0,31  | 0,26  | 0,27  | 0,25  | 0,3   | 0,27  | 0,27  | 0,25  | 0,27  | 2,75   | 0,28  | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,28               | 0,34              |

Elaborado por: Autor del proyecto

Tabla N°26 Actividades área de armado

| AREA DE ARMADO |                                                                                               | ESTUDIO DE TIEMPOS |      |      |      |      |      |      |      |      |      | RESUMEN |                       |                           |                               |                    |                   |      |      |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|------|------|
| ACTIVIDAD N°   | DESCRIPCION                                                                                   | CICLOS (min)       |      |      |      |      |      |      |      |      |      | TOM     | FACTOR DE AJUSTE (FA) | FACTOR DE VALORACION (FV) | FACTOR DE VALORACION OBJETIVA | TIEMPO NORMAL (TN) | TIEMPO FINAL (TS) |      |      |
| 1              | Colocar en máquinas fijadora de puntas y conformadora de talones                              | 2,80               | 2,85 | 2,84 | 2,85 | 2,85 | 2,84 | 2,85 | 2,85 | 2,85 | 2,85 | 2,85    | 2,84                  | 2,84                      | 1,09                          | 0,95               | 1,04              | 2,94 | 3,33 |
| 2              | Colocar ensamble en hormas, estirar el cuero y colocar pasadores                              | 4,23               | 4,21 | 4,23 | 4,17 | 4,21 | 4,22 | 4,23 | 4,21 | 4,21 | 4,21 | 4,18    | 4,21                  | 4,21                      | 1,09                          | 0,95               | 1,04              | 4,36 | 4,93 |
| 3              | Colocar en estantería                                                                         | 0,30               | 0,29 | 0,30 | 0,29 | 0,31 | 0,29 | 0,29 | 0,3  | 0,3  | 0,29 | 0,29    | 0,30                  | 0,30                      | 1,09                          | 0,95               | 1,04              | 0,31 | 0,35 |
| 4              | Colocar ensamble en máquina reactivadora de capellada y armadora de puntas                    | 0,53               | 0,49 | 0,48 | 0,55 | 0,51 | 0,52 | 0,51 | 0,5  | 0,51 | 0,51 | 0,51    | 0,51                  | 0,51                      | 1,09                          | 0,95               | 1,04              | 0,53 | 0,60 |
| 5              | Colocar ensamble en máquinas reactivadora de talones, armadora de lados y armadora de talones | 0,71               | 0,69 | 0,71 | 0,69 | 0,71 | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7     | 0,70                  | 0,70                      | 1,09                          | 0,95               | 1,04              | 0,73 | 0,82 |
| 6              | Colocar ensamble en estantería                                                                | 0,22               | 0,20 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,2  | 0,19 | 0,19 | 0,21 | 0,22 | 0,22    | 0,20                  | 0,20                      | 1,09                          | 0,95               | 1,04              | 0,21 | 0,23 |
| 7              | Recepción de planta                                                                           | 0,64               | 0,65 | 0,60 | 0,62 | 0,60 | 0,56 | 0,6  | 0,66 | 0,66 | 0,65 | 0,65    | 0,62                  | 0,62                      | 1,09                          | 0,95               | 1,04              | 0,65 | 0,73 |
| 8              | Colocar brillo y pegamento a planta                                                           | 1,20               | 1,24 | 1,22 | 1,20 | 1,24 | 1,2  | 1,23 | 1,23 | 1,22 | 1,22 | 1,22    | 1,22                  | 1,22                      | 1,09                          | 0,95               | 1,04              | 1,26 | 1,43 |
| 9              | Colocar plantas en banda transportadora                                                       | 0,30               | 0,28 | 0,25 | 0,28 | 0,25 | 0,26 | 0,27 | 0,27 | 0,28 | 0,28 | 0,28    | 0,27                  | 0,27                      | 1,09                          | 0,95               | 1,04              | 0,28 | 0,32 |
| 10             | Colocar ensamble y plantas en máquina de secado-reactivado                                    | 2,40               | 2,45 | 2,43 | 2,43 | 2,42 | 2,43 | 2,43 | 2,43 | 2,44 | 2,44 | 2,44    | 2,43                  | 2,43                      | 1,09                          | 0,95               | 1,04              | 2,52 | 2,84 |
| AREA: Armado   |                                                                                               | ESTUDIO DE TIEMPOS |      |      |      |      |      |      |      |      |      | RESUMEN |                       |                           |                               |                    |                   |      |      |
| OPERACION:     | Armado, montaje y preparado de planchales                                                     | Ciclo              |      |      |      |      |      |      |      |      |      | TOTAL   | FACTOR DE AJUSTE (FA) | FACTOR DE VALORACION (FV) | FACTOR DE VALORACION OBJETIVA | TIEMPO NORMAL (TN) | TIEMPO FINAL (TS) |      |      |
| ESTUDIO N°:    | 4                                                                                             | MATERIALES         |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 28,43   | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 2,94               | 3,33              |      |      |
| OPERARIO:      | Carlos, Herman, Juan                                                                          | MAQUINAS           |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 42,10   | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 4,36               | 4,93              |      |      |
|                |                                                                                               | Cuero              |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,96    | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,31               | 0,35              |      |      |
|                |                                                                                               | 6                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 5,11    | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,53               | 0,60              |      |      |
|                |                                                                                               | Observador         |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 7,00    | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,73               | 0,82              |      |      |
|                |                                                                                               | Alvaro Núñez       |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,00    | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,21               | 0,23              |      |      |
|                |                                                                                               | 1 de 1             |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6,24    | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,65               | 0,73              |      |      |
|                |                                                                                               |                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 12,20   | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 1,26               | 1,43              |      |      |
|                |                                                                                               |                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,72    | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,28               | 0,32              |      |      |
|                |                                                                                               |                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 24,30   | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 2,52               | 2,84              |      |      |

Elaborado por: Autor del proyecto

Tabla N°27 Actividades área de plantado

| AREA DE PLANTADO     |                                                                                                                                    |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|-------|------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|
| ACTIVIDAD N°         | DESCRIPCION                                                                                                                        |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| 1                    | Recepción de ensamble y planta en la máquina reactivadora de propiedades procedente de banda transportadora en el proceso anterior |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| 2                    | Unión manual de ensamble con planta                                                                                                |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| 3                    | Colocar conjunto pre-plantado en máquina prensadora                                                                                |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| 4                    | Inspección de conjunto                                                                                                             |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| 5                    | Colocar conjunto en estantería                                                                                                     |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| 6                    | Transporte de conjunto en banda transportadora a proceso terminado                                                                 |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| ESTUDIO DE TIEMPOS   |                                                                                                                                    |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| AREA:                | Plantado                                                                                                                           |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| OPERACIÓN:           | Armado de ensamble y planta                                                                                                        |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| ESTUDIO N°:          | 5                                                                                                                                  |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| OPERARIO:            | Carmen                                                                                                                             |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| HOJA                 |                                                                                                                                    |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| 1 de 1               |                                                                                                                                    |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| HORA DE INICIO       |                                                                                                                                    |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| HORA DE FINALIZACION |                                                                                                                                    |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| OBSERVADOR           |                                                                                                                                    |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| Alvaro Núñez         |                                                                                                                                    |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| RESUMEN              |                                                                                                                                    |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| ACTIVIDAD            | CICLOS (min)                                                                                                                       |      |      |      |      |      | TOTAL | TOM  | FACTOR DE AJUSTE (FA) | FACTOR DE VALORACION (FV) | FACTOR DE VALORACION OBJETIVA | TIEMPO NORMAL (TN) | TIEMPO FINAL (TS) |
|                      | 1                                                                                                                                  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| 1                    | 0,00                                                                                                                               | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 0,00                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,00               | 0,00              |
| 2                    | 1,40                                                                                                                               | 1,41 | 1,38 | 1,38 | 1,39 | 1,39 | 1,4   | 1,4  | 1,39                  | 0,95                      | 1,04                          | 1,44               | 1,72              |
| 3                    | 0,69                                                                                                                               | 0,68 | 0,64 | 0,63 | 0,66 | 0,68 | 0,68  | 0,65 | 0,66                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,69               | 0,82              |
| 4                    | 0,36                                                                                                                               | 0,35 | 0,40 | 0,38 | 0,37 | 0,37 | 0,37  | 0,36 | 0,37                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,38               | 0,46              |
| 5                    | 0,26                                                                                                                               | 0,28 | 0,26 | 0,26 | 0,29 | 0,26 | 0,26  | 0,28 | 0,29                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,28               | 0,34              |
| 6                    | 0,24                                                                                                                               | 0,23 | 0,25 | 0,26 | 0,24 | 0,24 | 0,25  | 0,25 | 0,24                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,25               | 0,30              |

Elaborado por: Autor del proyecto

Tabla N°28 Estudio de tiempos área de terminado

| AREA DE TERMINADO |                                                                                                                                 |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ACTIVIDAD N°      | DESCRIPCION                                                                                                                     |
| 1                 | Recepción de conjunto procedente del proceso anterior                                                                           |
| 2                 | Inspección de calidad del producto                                                                                              |
| 3                 | Colocar crema en calzado, pintar ligeras imperfecciones, colocar pasadores en calzado, quemar hilos con caufín, pegar etiquetas |
| 4                 | Inspección de calidad del producto terminado                                                                                    |
| 5                 | Colocar el par de zapatos en caja                                                                                               |
| 6                 | Transporte de cajas a bodega de producto terminado                                                                              |
| 7                 | Almacenar cajas en bodega de producto terminado                                                                                 |

| ESTUDIO DE TIEMPOS |                                  |      |          |          |      |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
|--------------------|----------------------------------|------|----------|----------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|
| AREA:              | Terminado                        |      |          |          |      |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| OPERACION:         | Inspección de calidad y retoques |      | MATERIAL |          |      |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| ESTUDIO N°:        | 6                                |      |          | MAQUINAS |      |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| OPERARIO:          | Carmen, Patricia                 |      |          |          |      |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| RESUMEN            |                                  |      |          |          |      |      |      |      |      |      |       |      |                       |                           |                               |                    |                   |
| ACTIVIDAD          | 1                                | 2    | 3        | 4        | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | TOTAL | TOM  | FACTOR DE AJUSTE (FA) | FACTOR DE VALORACION (FV) | FACTOR DE VALORACION OBJETIVA | TIEMPO NORMAL (TN) | TIEMPO FINAL (TS) |
| 1                  | 0,00                             | 0,00 | 0,00     | 0,00     | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00 | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,00               | 0,00              |
| 2                  | 0,28                             | 0,26 | 0,28     | 0,25     | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,26 | 0,28 | 0,28 | 2,70  | 0,27 | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,28               | 0,33              |
| 3                  | 6,20                             | 6,23 | 6,40     | 6,25     | 6,24 | 6,28 | 6,25 | 6,30 | 6,30 | 6,34 | 62,79 | 6,28 | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 6,50               | 7,74              |
| 4                  | 0,28                             | 0,26 | 0,28     | 0,25     | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,26 | 0,28 | 0,28 | 2,70  | 0,27 | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,28               | 0,33              |
| 5                  | 0,23                             | 0,21 | 0,25     | 0,25     | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,24 | 0,24 | 0,21 | 2,32  | 0,23 | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,24               | 0,29              |
| 6                  | 0,50                             | 0,54 | 0,54     | 0,54     | 0,52 | 0,50 | 0,51 | 0,51 | 0,50 | 0,52 | 5,18  | 0,52 | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 0,54               | 0,64              |
| 7                  | 1,30                             | 1,30 | 1,45     | 1,50     | 1,50 | 1,40 | 1,40 | 1,45 | 1,41 | 1,41 | 14,12 | 1,41 | 1,09                  | 0,95                      | 1,04                          | 1,46               | 1,74              |

Elaborado por: Autor del proyecto

A continuación se presenta en la Tabla 29 un resumen con los tiempos normales y estándar requeridos para el proceso de producción de cada área del proceso productivo de calzado.

**Tabla N°29 Tiempos de producción de calzado**

| <b>Cuadro de tiempos de producción para calzado</b> |                            |                              |
|-----------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| <b>AREA</b>                                         | <b>Tiempo normal (min)</b> | <b>Tiempo estándar (min)</b> |
| CORTE                                               | 5,21                       | 6,20                         |
| DESTALLADO                                          | 7,81                       | 8,84                         |
| APARADO                                             | 20,72                      | 24,65                        |
| ARMADO                                              | 13,78                      | 15,58                        |
| PLANTADO                                            | 3,05                       | 3,63                         |
| TERMINADO                                           | 9,30                       | 11,07                        |
| <b>TOTAL</b>                                        | <b>59,87</b>               | <b>69,97</b>                 |

**Elaborado por:** Autor del proyecto.

### 12.5.2 Cálculo de capacidad de producción

Para determinar la capacidad de producción se toma en cuenta algunas variables y se utiliza la fórmula:

**Ecuación N°7 Capacidad de producción**

$$\text{Capacidad de producción (Cp)} = \frac{1}{\text{Tiempo estándar}}$$

- **Área de corte**

Producción = cortes para un par de zapatos.

Tiempo estándar (TS) = 6,20 min

Día de trabajo = 8 horas = 480 min

$$\text{Capacidad de producción (Cp)} = \frac{1}{6,20}$$

$$\text{Cp} = 0,16 \text{ cortes/min} * 480 \text{ min/jornada} * 2 \text{ par}$$

$$\text{Cp} = 154,34 \text{ cortes/jornada}$$

- **Área de destallado**

Producción = cortes rayados, pintados y destallados para un par de zapatos.

Tiempo estándar (TS) = 8,84 min

Día de trabajo = 8 horas = 480 min

$$\text{Capacidad de producción (Cp)} = \frac{1}{8,84}$$

$$\text{Cp} = 0,11 \text{ cortes/min} * 480 \text{ min/jornada} * 2 \text{ par}$$

$$\text{Cp} = 105,60 \text{ cortes/jornada}$$

- **Área de aporado**

Producción = ensambles para un par de zapatos.

Tiempo estándar (TS) = 24,65 min

Día de trabajo = 8 horas = 480 min

$$\text{Capacidad de producción (Cp)} = \frac{1}{24,65}$$

$$\text{Cp} = 0,04 \text{ ensambles/min} * 480 \text{ min/jornada} * 2 \text{ par}$$

$$\text{Cp} = 38,4 \text{ ensambles/jornada}$$

- **Área de armado**

Producción = ensamble y planta para un par de zapatos.

Tiempo estándar (TS) = 15,58 min

Día de trabajo = 8 horas = 480 min

$$\text{Capacidad de producción (Cp)} = \frac{1}{15,58}$$

$$\text{Cp} = 0,06 \text{ ensambles/min} * 480 \text{ min/jornada} * 2 \text{ par}$$

$$\text{Cp} = 57,6 \text{ ensambles y plantas/ jornada}$$

- **Área de plantado**

Producción = par de zapatos.

Tiempo estándar (TS) = 3,63 min

Día de trabajo = 8 horas = 480 min

$$\text{Capacidad de producción (Cp)} = \frac{1}{3,63}$$

$$\text{Cp} = 0,28 \text{ pares/min} * 480 \text{ min/jornada} * 2 \text{ par}$$

$$\text{Cp} = 268,8 \text{ ensambles y plantas/ jornada}$$

- **Área de terminado**

Producción = cajas de zapatos.

Tiempo estándar (TS) = 11,07 min

Día de trabajo = 8 horas = 480 min

$$\text{Capacidad de producción (Cp)} = \frac{1}{11,07}$$

$$\text{Cp} = 0,09 \text{ cajas/min} * 480 \text{ min/jornada} * 2 \text{ par}$$

$$\text{Cp} = 86,4 \text{ cajas de zapatos/ jornada}$$

- **Capacidad de producción total**

$$\text{Capacidad de producción (Cp)} = \frac{1}{\text{TS}}$$

$$\text{Capacidad de producción (Cp)} = \frac{1}{69,97}$$

$$\text{Cp} = 0,014 \text{ lotes/min} = 0,84 \text{ lotes/hora}$$

### **Análisis de la capacidad de producción total**

Una vez realizado el cálculo de la capacidad de producción de cada área se procedió a calcular la capacidad de producción total de la célula dando como resultado que la producción total es de 0,84 lotes por hora.

### 12.5.3 Balanceo de líneas

Es una herramienta que permite el control de la producción, mediante el balanceo de los tiempos con la finalidad de equiparar los tiempos en las estaciones y las cargas laborales de cada uno de los operadores.

Para el balanceo de las líneas de producción se tomó en consideración las actividades donde que el operador interviene en el procesamiento de la materia prima y se descartó los tiempos de transporte en bandas transportadoras.

Para las tablas de balanceo de líneas se utilizó los tiempos estándar de cada una de las actividades en las respectivas áreas de la célula de producción con una producción esperada de 77 pares y una jornada de 8 horas.

Los minutos necesarios calculados para las actividades de fabricación de 77 pares se realizó con la fórmula:

**Ecuación N°8 Cantidad de puestos teóricos**

**Minutos necesarios** = Tiempo estándar x Producción diaria

El cálculo de los puestos de trabajo se realizó con el objetivo de obtener el número de operarios requerido para el área de trabajo mediante la siguiente formula:

**Ecuación N°9 Cantidad de puestos teóricos**

**Cantidad de puestos teóricos** =  $\frac{\text{Minutos necesarios}}{\text{Jornada de trabajo}}$

El cálculo de minutos sobrantes se debe realizó mediante la siguiente formula:

**Ecuación N°10 Minutos necesarios**

**Minutos sobrantes** = Cantidad de puestos reales x Jornada de trabajo – minutos necesarios

Para el cálculo del índice de desocupación se utilizó la siguiente formula:

**Ecuación N°11 Índice de desocupación**

**Índice de desocupación** =  $\frac{\text{Total minutos sobrantes}}{\text{Total de puestos reales x jornada de trabajo}} \times 100$



Tabla N°30 Balanceo de línea área de corte

| BALANCEO DE LINEAS |                                                  |                      |                        |                       |                                    |                                  |                      |                            |                                  |  |
|--------------------|--------------------------------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------------|--|
| AREA: CORTE        | PRODUCCION                                       | 154,34<br>cortes/día | PRODUCCION<br>ESPERADA | 77                    | pares/día                          | Jornada de<br>trabajo            | 480 min/día          | Hoja: 1                    | Fecha:                           |  |
| OPERACIÓN          | DESCRIPCION                                      | MAQUINA              | TS (min)               | Minutos<br>necesarios | Cantidad<br>de puestos<br>teóricos | Cantidad<br>de puestos<br>reales | Minutos<br>sobrantes | Cantidad<br>de<br>maquinas | Índice de<br>desocupación<br>(%) |  |
| 1                  | Recepción e inspección de materia prima          |                      | 0,69                   | 53,13                 | 0,11                               | Paulina                          |                      |                            |                                  |  |
| 2                  | Corte de piezas de cuero en maquina troqueladora |                      | 3,14                   | 241,78                | 0,50                               | Paulina                          |                      |                            |                                  |  |
| 3                  | Corte de piezas en forro en máquina troqueladora | Troqueladora         | 1,05                   | 80,85                 | 0,17                               | Paulina                          |                      | 1                          |                                  |  |
| 4                  | Corte de piezas en látex en maquina troqueladora |                      | 0,44                   | 33,88                 | 0,07                               | Paulina                          |                      |                            |                                  |  |
| 5                  | Contar e inspeccionar cortes de cuero y forro    |                      | 0,39                   | 30,03                 | 0,06                               | Paulina                          |                      |                            |                                  |  |
| 6                  | Transporte a Destallado                          |                      | 0,50                   | 38,50                 | 0,08                               | Paulina                          |                      |                            |                                  |  |
|                    | <b>TOTAL GENERAL</b>                             |                      | 6,21                   | 478                   | 1,00                               | 1                                | 1,83                 | 1                          | 0,38                             |  |

**Interpretación del balanceo de línea del área de corte:**  
Basado en el cálculo de puestos de trabajo teóricos se obtuvo un total de 1 dando como resultado 1 operarios y un índice de desocupación de 0,38%

Elaborado por: Autor del proyecto

Tabla N°31 Balanceo de línea área de destallado

| AREA:<br>DESTALLADO | PRODUCCION                        | 105,60 cortes/día | BALANCEO DE LINEAS     |                       |                                    |                               | 480 min/día          | Hoja: 2                    | Fecha:                           |
|---------------------|-----------------------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------------|
|                     |                                   |                   | PRODUCCION<br>ESPERADA | 77                    | pares/día                          | Jornada de<br>trabajo         |                      |                            |                                  |
| OPERACIÓN           | DESCRIPCION                       | MAQUINA           | TS (min)               | Minutos<br>necesarios | Cantidad<br>de puestos<br>teóricos | Cantidad de<br>puestos reales | Minutos<br>sobrantes | Cantidad<br>de<br>maquinas | Índice de<br>desocupación<br>(%) |
| 1                   | Rayado de piezas con mina         |                   | 1,50                   | 115,50                | 0,24                               | Dario                         |                      |                            |                                  |
| 2                   | Pintado de bordes de piezas       |                   | 0,87                   | 66,99                 | 0,14                               | Dario                         |                      |                            |                                  |
| 3                   | Esperar que se sequen los cortes  |                   | 2,23                   | 171,71                | 0,36                               | Dario                         |                      |                            |                                  |
| 4                   | Destallado de calibre de piezas   | Destalladora      | 1,72                   | 132,44                | 0,28                               | Dario                         |                      | 1                          |                                  |
| 5                   | Destallado de doblados y tumbados | Destalladora      | 1,82                   | 140,14                | 0,29                               | Carlos                        |                      | 1                          |                                  |
| 6                   | Inspección de destallado          |                   | 0,53                   | 40,81                 | 0,09                               | Carlos                        |                      |                            |                                  |
| 7                   | Transporte a Aparado              |                   | 0,17                   | 13,09                 | 0,03                               | Carlos                        |                      |                            |                                  |
|                     | <b>TOTAL GENERAL</b>              |                   | 8,84                   | 680,68                | 1,42                               | 2                             | 285,96               | 2                          | 29,79                            |

**Interpretación del balanceo de línea del área de destallado:**

Basado en el cálculo de puestos de trabajo teórico se obtuvo un total de 1,40 lo que se interpreta como 2 puestos reales, en esta área el operario llamado Darío realiza un 100% de su carga laboral en el área mientras que el operario Carlos realiza un 70,21% de la carga laboral en el área por ende el operario debe cumplir el resto de su carga laboral en otra área de la célula que lo requiera, dando un índice de desocupación de 29,79%.

**Elaborado por:** Autor del proyecto

Tabla N°32 Balanceo de línea área de aparato

| BALANCEO DE LINEAS |                                                    |                    |                        |                       |                                    |                                  |                      |                            |                                  |
|--------------------|----------------------------------------------------|--------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------------|
| AREA:<br>APARADO   | PRODUCCION                                         | 38,4 ensambles/día | PRODUCCION<br>ESPERADA | 77                    | pares/día                          | Jornada de<br>trabajo            | 480 min/día          | Hoja: 3                    | Fecha:                           |
| OPERACIÓN          | DESCRIPCION                                        | MAQUINA            | TS (min)               | Minutos<br>necesarios | Cantidad de<br>puestos<br>teóricos | Cantidad de<br>puestos<br>reales | Minutos<br>sobrantes | Cantidad<br>de<br>maquinas | Índice de<br>desocupación<br>(%) |
| 1                  | Pegar piezas de cuero con forro, látex y etiquetas |                    | 2,93                   | 225,73                | 0,47                               | Karina                           |                      |                            |                                  |
| 2                  | Cosido de piezas                                   | Máquina de coser   | 12,88                  | 992,00                | 2,07                               | Ana, Yolanda                     | -16,00               | 2                          |                                  |
| 3                  | Perforar huecos para cordones y realizar ojales    |                    | 1,88                   | 145,08                | 0,30                               | Karina                           |                      |                            |                                  |
| 4                  | Inspección de las piezas cosidas y pegadas         |                    | 0,69                   | 52,85                 | 0,11                               | Karina                           |                      |                            |                                  |
| 5                  | Realizar plantilla                                 | Máquina de coser   | 4,26                   | 328,39                | 0,68                               | Carla                            | 23,33                | 1                          |                                  |
| 6                  | Unir plantilla con ensamble                        |                    | 1,10                   | 84,45                 | 0,18                               | Carla                            |                      |                            |                                  |
| 7                  | Inspección unión ensamble y plantilla              |                    | 0,57                   | 43,84                 | 0,09                               | Carla                            |                      |                            |                                  |
| 8                  | Transporte a Pre-armado                            |                    | 0,34                   | 26,09                 | 0,05                               | Karina                           | 30,26                |                            |                                  |
|                    | <b>TOTAL GENERAL</b>                               |                    | 24,65                  | 1898                  | 3,96                               | 4                                | 37,58                | 3                          | 1,96                             |

**Interpretación del balanceo de línea del área de aparato:**

Basado en el cálculo de puestos de trabajo teórico se obtuvo un total de 3,96 lo que se interpreta como 4 puestos reales, en esta área la actividad que más tiempo requiere es el cosido de piezas para lo que se necesitan 2 operarios que cumplirán su carga de trabajo al 100%, el número de máquinas requeridas en esta área es de 3 las cuales se distribuirán de la siguiente forma 2 máquinas para cosido de piezas y 1 máquina para realizar plantillas, los minutos sobrantes totales son 37,58 minutos lo que da un índice de desocupación de 1,96%.

Elaborado por: Autor del proyecto

Tabla N°33 Balanceo de línea área de armado

| BALANCEO DE LINEAS |                                                                                               |                                                  |                          |                       |                                    |                                  |                      |                            |                                  |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------------|
| AREA:              | PRODUCCION                                                                                    | MAQUINA                                          | PRODUCCION<br>N ESPERADA | 77                    | pares/día                          | Jornada de<br>trabajo            | 480 min/día          | Hoja: 4                    | Fecha:                           |
| OPERACIÓN          | DESCRIPCION                                                                                   |                                                  | TS (min)                 | Minutos<br>necesarios | Cantidad<br>de puestos<br>teóricos | Cantidad<br>de puestos<br>reales | Minutos<br>sobrantes | Cantidad<br>de<br>maquinas | Índice de<br>desocupación<br>(%) |
| A                  | Colocar en máquinas fijadora de puntas y conformadora de talones                              | Fijadora de punta, conformadora de talones       | 3,33                     | 256,15                | 0,53                               | Carlos                           | 31,85                | 1                          |                                  |
| B                  | Colocar ensamble en hormas, estirar el cuero, colocar pasadores                               |                                                  | 4,93                     | 379,32                | 0,79                               | Hernán                           |                      |                            |                                  |
| D                  | Colocar en estantería                                                                         |                                                  | 0,35                     | 26,67                 | 0,06                               | Hernán                           |                      |                            |                                  |
| E                  | Colocar ensamble en máquina reactivadora de capellada y armadora de puntas                    | Reactivadora capellada, armadora de punta.       | 0,60                     | 46,04                 | 0,10                               | Hernán                           | 27,97                | 2                          |                                  |
| F                  | Colocar ensamble en máquinas reactivadora de talones, armadora de lados y armadora de talones | Reactivadora de talón armadora de talón y lados. | 0,82                     | 63,52                 | 0,13                               | Juan                             |                      | 2                          |                                  |
| G                  | Colocar en estantería                                                                         |                                                  | 0,23                     | 18,02                 | 0,04                               | Juan                             |                      |                            |                                  |
| H                  | Recepción de planta                                                                           |                                                  | 0,73                     | 56,22                 | 0,12                               | Juan                             |                      |                            |                                  |
| I                  | Colocar brillo y pegamento a planta                                                           |                                                  | 1,43                     | 109,92                | 0,23                               | Juan                             |                      |                            |                                  |
| J                  | Colocar plantas en banda transportadora                                                       |                                                  | 0,32                     | 24,51                 | 0,05                               | Juan                             |                      |                            |                                  |
| K                  | Colocar ensamble y plantas en máquina de secado-reactivado                                    | Máquina de secado-reactivado                     | 2,84                     | 218,94                | 0,46                               | Juan                             | -11,13               | 1                          |                                  |
|                    | <b>TOTAL GENERAL</b>                                                                          |                                                  | 15,58                    | 1199,30               | 2,50                               | 3                                | 48,70                | 6                          | 3,38                             |

#### Interpretación del balanceo de línea del área de armado:

Para una producción diaria de 77 pares de zapatos por día la cantidad de puestos de trabajo teórico es de 2,50 es decir 3 puestos reales, Carlos el operario del área de destallado deberá cumplir su parte de la carga de trabajo en esta área, dando como resultado 48,70 minutos sobrantes y un índice de desocupación de 3,38%.

Elaborado por: Autor del proyecto

Tabla N°34 Balanceo de línea área de plantado

| BALANCEO DE LINEAS   |                                                     |                               |                         |                       |                                    |                                  |                      |                            |                                  |
|----------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------------|
| AREA: PLANTADO       | PRODUCCION:                                         | 268,8<br>zapatos/día          | PRODUCCION<br>ESPERADA: | 77                    | pares/día                          | Jornada de<br>trabajo            | 480 min/día          | Hoja: 5                    | Fecha:                           |
| OPERACIÓN            | DESCRIPCION                                         | MAQUINA                       | TS (min)                | Minutos<br>necesarios | Cantidad<br>de puestos<br>teóricos | Cantidad<br>de puestos<br>reales | Minutos<br>sobrantes | Cantidad<br>de<br>maquinas | Índice de<br>desocupación<br>(%) |
| A                    | Unión manual de ensamble con planta                 | Reactivador de<br>propiedades | 1,72                    | 132,17                | 0,28                               | Carmen                           |                      | 1                          |                                  |
| B                    | Colocar conjunto pre-plantado en máquina prensadora | Prensadora                    | 0,82                    | 62,81                 | 0,13                               | Carmen                           |                      | 1                          |                                  |
| C                    | Inspección de conjunto                              |                               | 0,34                    | 26,00                 | 0,05                               | Carmen                           |                      |                            |                                  |
| D                    | Colocar conjunto en banda transportadora            |                               | 0,30                    | 23,15                 | 0,05                               | Carmen                           |                      |                            |                                  |
| <b>TOTAL GENERAL</b> |                                                     |                               | <b>3,17</b>             | <b>244,13</b>         | <b>0,51</b>                        | <b>1</b>                         | <b>235,87</b>        | <b>2</b>                   | <b>49,14</b>                     |

**Interpretación del balanceo de línea del área de armado:**

Para una producción diaria de 76 pares de zapatos por día la cantidad de puestos de trabajo teórico es de 0,53 es decir 1 puesto real, Carmen quien está a cargo del área de plantado deberá cumplir su parte de la carga de trabajo en otra área que lo requiera, dando como resultado 235,87 minutos sobrantes y un índice de desocupación de 49,14%.

**Elaborado por:** Autor del proyecto

Tabla N°35 Balanceo de línea área de terminado

| BALANCEO DE LINEAS |                                                                                                                                 |                |                        |                       |                                    |                                  |                      |                            |                                  |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------------|
| AREA:<br>TERMINADO | PRODUCCION                                                                                                                      | 86,4 pares/día | PRODUCCION<br>ESPERADA | 77                    | pares/día                          | Jornada de<br>trabajo            | 480 min/día          | Hoja: 6                    | Fecha:                           |
| OPERACION          | DESCRIPCION                                                                                                                     | MAQUINA        | TS (min)               | Minutos<br>necesarios | Cantidad<br>de puestos<br>teóricos | Cantidad<br>de puestos<br>reales | Minutos<br>sobrantes | Cantidad<br>de<br>maquinas | Índice de<br>desocupación<br>(%) |
| A                  | Inspección del conjunto                                                                                                         |                | 0,33                   | 25,62                 | 0,05                               | Carmen                           |                      |                            |                                  |
| B                  | Colocar crema en calzado, pintar ligeras imperfecciones, colocar pasadores en calzado, quemar hilos con cautín, pegar etiquetas |                | 7,74                   | 595,77                | 1,24                               | Patricia,<br>Carmen              |                      |                            |                                  |
| C                  | Inspección de calidad del producto terminado                                                                                    |                | 0,33                   | 25,62                 | 0,05                               | Carmen                           |                      |                            |                                  |
| D                  | Colocar el par de zapatos en caja                                                                                               |                | 0,29                   | 22,01                 | 0,05                               | Carmen                           |                      |                            |                                  |
| E                  | Transporte de cajas a bodega de producto terminado                                                                              |                | 0,64                   | 49,15                 | 0,10                               | Carmen                           |                      |                            |                                  |
| F                  | Almacenar cajas en bodega de producto terminado                                                                                 |                | 1,74                   | 133,97                | 0,28                               | Carmen                           |                      |                            |                                  |
|                    | <b>TOTAL GENERAL</b>                                                                                                            |                | 11,07                  | 852,14                | 1,78                               | 2                                | 20,87                | 0                          | 2,17                             |

**Interpretación del balanceo de línea del área de terminado:**

Para una producción diaria de 77 pares de zapatos por día la cantidad de puestos de trabajo teórico es de 1,47 es decir 2 puestos reales, en esta área Patricia completara el 100% de su carga laboral mientras que Carmen completara el resto de tiempo de su carga laboral en esta área, el tiempo sobrante es de 20,87 minutos y el índice de desocupación del 2,17%.

**Elaborado por:** Autor del proyecto

### 12.5.4 Resumen del balanceo de línea

Para el proceso productivo de la célula de manufactura se requiere un total de 12 operarios para el desarrollo de las actividades de una forma óptima y aprovechar al máximo el tiempo de la jornada laboral tabla 36.

Tabla N°36 Resumen de Balanceo de línea

| <b>Balanceo de línea</b>                     |                             |                           |                                     |                                   |
|----------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Producción esperada:</b> 99' r ctgu' f ¶c |                             |                           | <b>Jornada laboral:</b> 480 min/día |                                   |
| <b>Área</b>                                  | <b>Tiempo estándar (TS)</b> | <b>Minutos necesarios</b> | <b>Cantidad de puestos teóricos</b> | <b>Cantidad de puestos reales</b> |
| Corte                                        | 6,21                        | 478                       | 1                                   | Paulina                           |
| Destallado                                   | 8,84                        | 680,68                    | 1,42                                | Darío, Carlos                     |
| Aparado                                      | 24,65                       | 1898                      | 3,96                                | Karina, Ana, Yolanda, Carla       |
| Armado                                       | 15,58                       | 1199,30                   | 2,50                                | Carlos, Hernán, Juan              |
| Plantado                                     | 3,17                        | 244,13                    | 0,51                                | Carmen                            |
| Terminado                                    | 11,07                       | 852,14                    | 1,78                                | Patricia, Carmen                  |
| <b>TOTAL</b>                                 | <b>69,52</b>                | <b>5352,25</b>            | <b>11,17</b>                        | <b>12</b>                         |

Elaborado por: Autor del proyecto

## **12.6 Áreas de trabajo definidas**

### **Layout de la célula de producción**

Posteriormente al balanceo de línea formación de la célula de manufactura se requiere seleccionar el layout más óptimo de las áreas dentro del espacio disponible esto consiste en la asignación de las maquinas o procesos que la conforman, el planteamiento general se basa principalmente en la minimización de las distancias de transporte y manejo de materiales este aspecto es muy importante ya que de él depende la forma que puede tomar el layout al interior de la célula de manufactura, además un aspecto a tener en consideración es las características de las piezas como su material, dimensiones, peso o cantidad las cuales restringen la forma en como son manipuladas por los operarios para su traslado entre operaciones, basado en el decreto ejecutivo 2393 reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo se ha designado las dimensiones de cada área en la ilustración 31.





## 12.7 Simulación del proceso productivo

### 12.7.1 Diseño del modelo

Entendiendo que un modelo es una representación de un sistema que nos permite resolver las dudas acerca de la aplicación de cambios sobre el mismo esto nos da la posibilidad de hacer todas las posibles pruebas y observar los resultados que se generen.

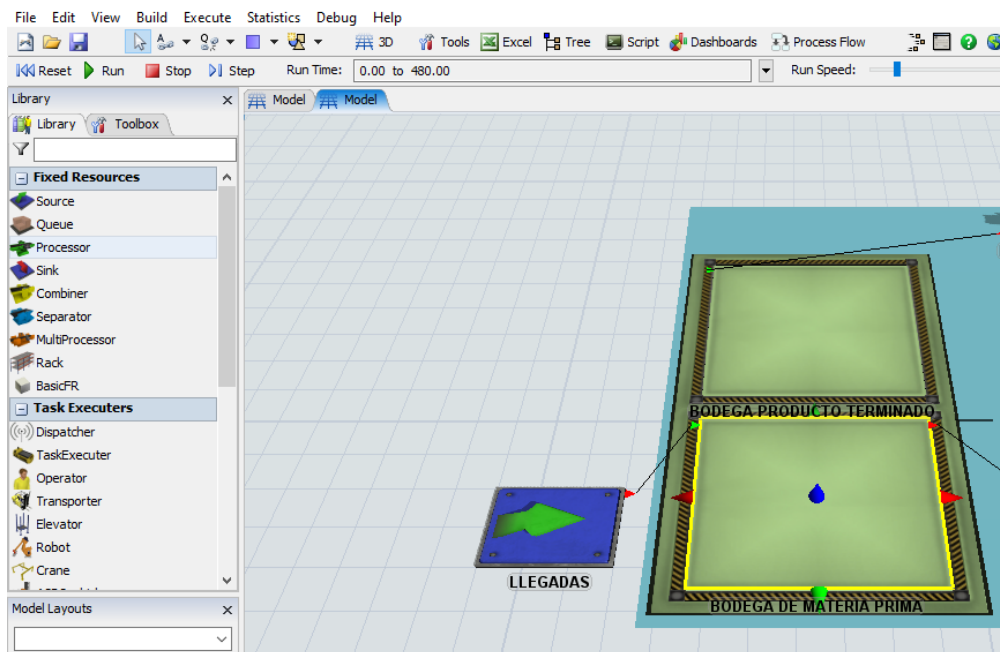
(Delgado, 2017, pág. 47)

A continuación se evidencia la construcción del modelo de simulación, según la metodología requerida para el uso de la herramienta Flexsim describiendo el proceso que contiene los diferentes elementos que lo componen.

### 12.7.2 Elementos del modelo simulado

- **Entidades (Queue)**

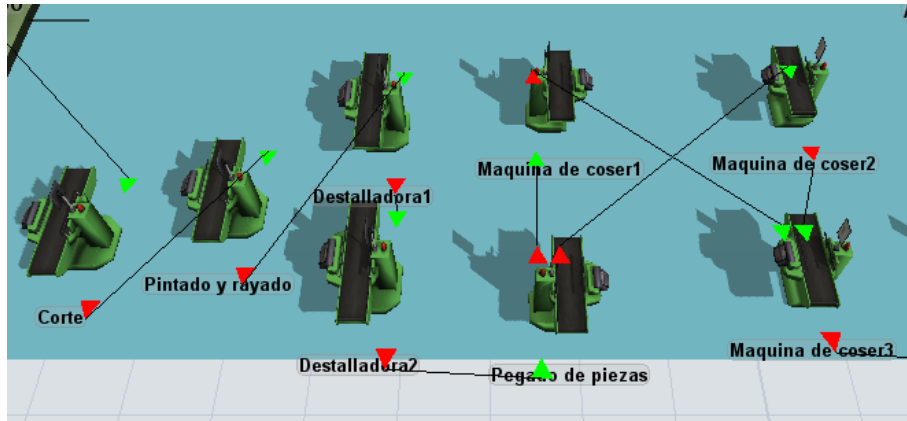
Representan lugares físicos en el sistema donde ocurre los eventos, son las entidades utilizadas en el proceso, estas son: bodega de materia prima, bodega de producto terminado ilustración 32.



**Ilustración N°32 Entidades**

**Fuente:** Interfaz gráfica FlexSim 2019

- **Atributo:** los atributos permiten diferenciar las entidades, son valores comunes que permiten individualizarlas, los atributos utilizados en el proceso son: número de maquina ilustración 33.



**Ilustración N°33 Atributos**

**Fuente:** Interfaz gráfica FlexSim 2019

- **Variables globales:** las variables son información que caracteriza nuestro sistema sin importar el número de entidades que creamos en este caso las variables globales están directamente relacionadas con los tiempos estándar.
- **Recursos (Processor):** los recursos son todos los componentes requeridas para el procesamiento de la materia prima en este modelo son: prensa de corte, destalladora, máquina de coser, fijadora de puntas, conformadora de talones, armadora de puntas y talón, armadora de lados y talón, reactivadora, pegadora de plantas ilustración 34.

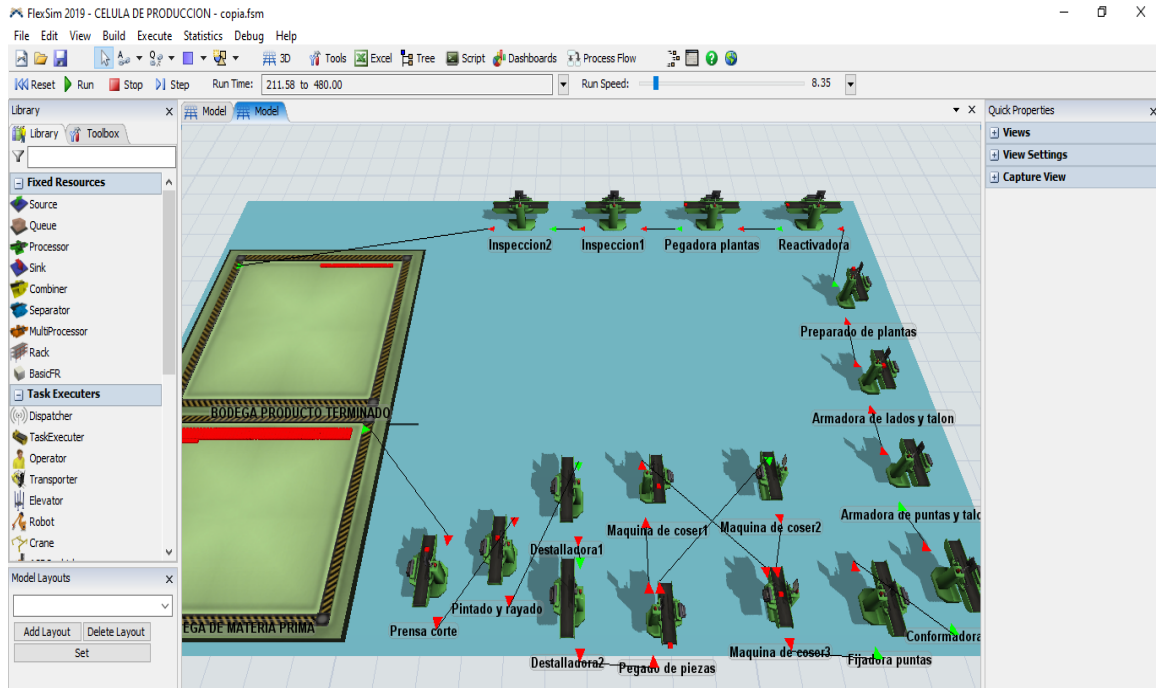


**Ilustración N°34 Recursos**

**Fuente:** Interfaz gráfica FlexSim 2019

- **Proceso**

El proceso simulado a desarrollarse en la célula de manufactura se puede observar en la ilustración 35 donde las cajas de color rojo representa la materia prima a ser procesada en cada una de las áreas para obtener un producto terminado el cual será almacenado en la bodega de producto terminado.



**Ilustración N°35 Célula de manufactura**

**Fuente:** Interfaz gráfica FlexSim 2019

## 12.8 Desarrollo de prácticas

### 12.8.1 Practica 1

#### FORMATO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

| Ciclo Académico | Código de la Asignatura | Nombre de la Asignatura |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|
|                 |                         |                         |
| Práctica No.    | NOMBRE DE LA PRÁCTICA   | Duración (Horas)        |
| 1               | ESTUDIO DE TIEMPOS      |                         |

### 1. INTRODUCCIÓN

La célula de manufactura es una pequeña parte de la industria conformada por un grupo de máquinas y personas que realizan un conjunto de actividades de forma secuencial para la fabricación de uno o más productos, se centra en la producción lean distribuyendo de forma mejorada los recursos y los tiempos de fabricación, haciendo uso de las habilidades de los trabajadores ofreciendo las condiciones óptimas para reducir el número de movimientos.

El objetivo de la presente práctica es realizar un estudio de trabajo de las estaciones mediante la aplicación de técnicas de registro y análisis de datos.

### 2. OBJETIVOS

#### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Entender el funcionamiento de las células de manufactura y su formación para el proceso productivo.

#### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Registro de las actividades y tiempos desarrolladas en la célula de manufactura.
- Diseñar el diagrama de flujo de proceso de la célula de manufactura.
- Realizar el estudio de tiempos de la célula de manufactura mediante Excel.

### 3. METODOLOGÍA Y/O MÉTODO

Para el desarrollo correcto de la práctica se debe cumplir el procedimiento establecido que consiste en la observación y registro de las diferentes actividades con sus respectivos

tiempos de esta manera una vez que se ha registrado un mínimo de 5 muestras por actividad los datos se utilizarán para realizar el estudio de tiempos.

#### **4. RECURSOS MATERIALES Y EQUIPO**

Los materiales necesarios para realizar la práctica de laboratorio se detallan a continuación:

- Cuaderno para registro de datos.
- Cronometro.
- Hoja de cálculo de Excel

#### **5. PROCEDIMIENTO**

5.1 El docente explicará todo lo necesario sobre las instalaciones del laboratorio y el equipo disponible que se utilizará durante la práctica.

**5.2 Siguiendo las indicaciones dadas por el docente, registre y desarrolle el estudio de tiempos que cumpla con las siguientes características:**

- Tabla de registro de actividades y tiempos tomadas en la práctica.
- Diagrama sinóptico de cada área.
- Diagrama de recorrido de material.
- Estudio de tiempos de las diferentes áreas de la célula de manufactura.

#### **6. RESULTADOS**

- Tabla de registro de actividades y tiempos.
- Presentar el diagrama sinóptico de cada área de la célula de manufactura.
- Presentar el diagrama de recorrido de material.
- Presentar de forma impresa y digital el estudio de tiempos de la célula de manufactura.

#### **7. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **8. CONCLUSIONES**

#### **9. RECOMENDACIONES**

#### **10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

#### **11. ANEXOS**

## 12.8.2 Practica 2

### FORMATO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

| Ciclo Académico | Código de la Asignatura | Nombre de la Asignatura |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|
|                 |                         |                         |
| Práctica No.    | NOMBRE DE LA PRÁCTICA   | Duración (Horas)        |
| 2               | BALANCEO DE LINEA       |                         |

## 1. INTRODUCCIÓN

La célula de manufactura es una pequeña parte de la industria conformada por un grupo de máquinas y personas que realizan un conjunto de actividades de forma secuencial para la fabricación de uno o más productos, se centra en la producción lean distribuyendo de forma mejorada los recursos y los tiempos de fabricación, haciendo uso de las habilidades de los trabajadores ofreciendo las condiciones óptimas para reducir el número de movimientos.

El objetivo de la presente práctica es realizar el balanceo de línea de las estaciones mediante la aplicación de técnicas de registro y análisis de datos.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Entender el funcionamiento de las células de manufactura y su formación para el proceso productivo.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Registro de las actividades y tiempos dentro de la célula de manufactura.
- Realizar el balanceo de línea de las áreas que conforman la célula de manufactura.

## 3. METODOLOGÍA Y/O MÉTODO

Para el desarrollo correcto de la práctica se debe cumplir el procedimiento establecido que consiste en la observación y registro de las diferentes actividades con sus respectivos tiempos estándar de esta manera una vez que se ha registrado los tiempos se realizara el balanceo de línea.

#### **4. RECURSOS MATERIALES Y EQUIPO**

Los materiales necesarios para realizar la práctica de laboratorio se detallan a continuación:

- Cuaderno para registro de datos.
- Cronometro.
- Hoja de cálculo de Excel

#### **5. PROCEDIMIENTO**

5.1 El docente explicará todo lo necesario sobre las instalaciones del laboratorio y el equipo disponible que se utilizará durante la práctica.

**5.2 Siguiendo las indicaciones dadas por el docente, registre y desarrolle el balanceo de línea que cumpla con las siguientes características:**

- Tabla de registro de actividades y tiempos estándar en la práctica.
- Balanceo de líneas de las diferentes áreas que conforman la célula de manufactura.

#### **6. RESULTADOS**

- Presentar la tabla de registro de actividades y tiempos estándar.
- Presentar de forma impresa y digital el balanceo de líneas de la célula de manufactura.

#### **7. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **8. CONCLUSIONES**

#### **9. RECOMENDACIONES**

#### **10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

#### **11. ANEXOS**



### 12.8.3 Practica 3

#### FORMATO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

| Ciclo Académico | Código de la Asignatura | Nombre de la Asignatura |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|
|                 |                         |                         |
| Práctica No.    | NOMBRE DE LA PRÁCTICA   | Duración (Horas)        |
| 3               | MANTENIMIENTO           |                         |

#### 1. INTRODUCCIÓN

La célula de manufactura es una pequeña parte de la industria conformada por un grupo de máquinas y personas que realizan un conjunto de actividades de forma secuencial para la fabricación de uno o más productos, se centra en la producción lean distribuyendo de forma mejorada los recursos y los tiempos de fabricación, haciendo uso de las habilidades de los trabajadores ofreciendo las condiciones óptimas para reducir el número de movimientos.

El objetivo de la presente práctica es realizar una simulación de un proceso productivo con una variable el proceso de mantenimiento de las máquinas cada cierto tiempo.

#### 2. OBJETIVOS

##### OBJETIVO GENERAL

Simular el funcionamiento de una célula de manufactura considerando el proceso de mantenimiento de las máquinas.

##### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar una célula de manufactura para el procesamiento de materia prima.
- Realizar la simulación del proceso de mantenimiento de maquinaria.
- Registrar tiempos y porcentajes del proceso de mantenimiento dentro de la célula de producción.

#### 3. METODOLOGÍA Y/O MÉTODO

Para el desarrollo correcto de la práctica se debe cumplir el procedimiento establecido que consiste en el diseño de la célula de producción y la aplicación de tiempos de reparación en las diferentes máquinas, observar y registrar los diferentes valores obtenidos en la actividad, responder las preguntas que se presentan.

#### **4. RECURSOS MATERIALES Y EQUIPO**

Los materiales necesarios para realizar la práctica de laboratorio se detallan a continuación:

- Programa para simulación Flexsim.
- Hoja de cálculo de Excel.

#### **5. PROCEDIMIENTO**

El docente explicará todo lo necesario sobre las instalaciones del laboratorio y el equipo disponible que se utilizará durante la práctica.

**Siguiendo las indicaciones dadas por el docente, diseñe, simule la célula de producción que se describe a continuación:**

Un único Queue fifo (First in first out) alimenta siete estaciones en paralelo.

- El producto llega al Queue cada 2 minutos desde el source.
- El tiempo de ciclo de pruebas es de 2 minutos.
- Las estaciones de trabajo se detienen cada 20 minutos y lleva entre 2 y 5 minutos arreglarlos. La tasa de fallos en las estaciones es del 20% las cuales son dirigidas a un Queue.
- MTBF se genera fallas en una distribución triangular de mínimo 5 minutos, máximo 10 minutos, 0
- MTTR para las estaciones de trabajo con una distribución triangular de 2 minutos , 5 minutos, 1

#### **6. RESULTADOS**

- Presentar las gráficas con los porcentajes de procesamiento, tiempo improductivo y de averías.
- Número de unidades aceptadas y número de unidades defectuosas.
- Presentar de forma impresa y digital los resultados de la simulación.

#### **7. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **8. CONCLUSIONES**

#### **9. RECOMENDACIONES**

#### **10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

#### **11. ANEXOS**

## 12.8.4 Practica 4

### FORMATO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

| Ciclo Académico | Código de la Asignatura | Nombre de la Asignatura |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|
|                 |                         |                         |
| Práctica No.    | NOMBRE DE LA PRÁCTICA   | Duración (Horas)        |
| 4               | PROPUESTA DE MEJORA     |                         |

#### 1. INTRODUCCIÓN

La célula de manufactura es una pequeña parte de la industria conformada por un grupo de máquinas y personas que realizan un conjunto de actividades de forma secuencial para la fabricación de uno o más productos, se centra en la producción lean distribuyendo de forma mejorada los recursos y los tiempos de fabricación, haciendo uso de las habilidades de los trabajadores ofreciendo las condiciones óptimas para reducir el número de movimientos.

El objetivo de la presente práctica es realizar una simulación de un proceso productivo con un número de variable dentro del proceso productivo.

#### 2. OBJETIVOS

##### OBJETIVO GENERAL

Simular el funcionamiento de una célula de manufactura y aplicar variables.

##### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar una célula de manufactura para el procesamiento de materia prima.
- Realizar la simulación inicial.
- Aplicar una combinación de máquinas y elegir la más favorable.

#### 3. METODOLOGÍA Y/O MÉTODO

Para el desarrollo correcto de la práctica se debe cumplir el procedimiento establecido que consiste en el diseño de la célula de producción y la simulación de la misma una vez hecho esto se procede a la aplicación de diferentes variables, observar y registrar los diferentes valores obtenidos en la actividad, responder la pregunta que se presenta.

#### 4. RECURSOS MATERIALES Y EQUIPO

Los materiales necesarios para realizar la práctica de laboratorio se detallan a continuación:

- Programa para simulación Flexsim.
- Hoja de cálculo de Excel.

#### 5. PROCEDIMIENTO

El docente explicará todo lo necesario sobre las instalaciones del laboratorio y el equipo disponible que se utilizará durante la práctica.

**Siguiendo las indicaciones dadas por el docente, diseñe, simule la célula de producción que se describe a continuación:**

Una célula de producción con un único Queue que alimenta a 2 máquinas ubicadas en serie.

- El producto llega al Queue cada 20 minutos desde el source,
- El tiempo de preparación es el siguiente (3,2) minutos respectivamente
- La estación 1 tienen un tiempo de procesamiento uniforme de 10, 20 minutos.
- La estación 2 tienen un tiempo de procesamiento triangular de 10, 40, 20 minutos.
- Este proceso se realiza en una jornada de trabajo de 10 horas.
- Con los datos que se presentan a continuación se simulara los escenarios del proceso:

| ESCENARIOS PARA SIMULACION |                    |             |             |             |
|----------------------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|
| ESTACIONES                 | ESCENARIO 1 (BASE) | ESCENARIO 2 | ESCENARIO 3 | ESCENARIO 4 |
| ESTACION 1                 | 1                  | 2           | 1           | 2           |
| ESTACION 2                 | 1                  | 1           | 3           | 2           |

**Nota:** cada uno de los valores presentados en la tabla es un número específico de máquinas por estación.

#### 6. RESULTADOS

- Presentar las gráficas con los porcentajes de preparación, procesamiento, tiempo improductivo.
- Número de unidades producidas en la jornada de trabajo.

- Número de unidades producidas por cada uno de los escenarios al cabo de las 10 horas.
- Presentar de forma impresa y digital los resultados de la simulación.

## **7. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## **8. CONCLUSIONES**

## **9. RECOMENDACIONES**

## **10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **11. ANEXOS**

### 13. PRESUPUESTO

Tabla N°37 Presupuesto

| <b>PRESUPUESTO TOTAL DE LA PROPUESTA</b>                                              |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>ACTIVIDAD</b>                                                                      | <b>COSTO</b>    |
| <b>1. Levantamiento de información</b>                                                |                 |
| • Recopilación de información sobre células de producción.                            | \$80,00         |
| <b>2. Documentación de información</b>                                                |                 |
| • Determinar los procesos que se realizara en las estaciones.                         | \$50,00         |
| • Estudio de tiempos de cada área de trabajo                                          | \$60,00         |
| • Diseño de planos de la célula de producción                                         | \$50,00         |
| <b>3. Diseño y elaboración de la propuesta</b>                                        |                 |
| • Identificar el tipo de práctica que puede desarrollarse en la célula de producción. | \$60,00         |
| • Simulación del proceso                                                              | \$40,00         |
| • Elaborar las guías de prácticas de la célula de producción.                         | \$50,00         |
| <b>4. Imprevistos</b>                                                                 | \$90,00         |
| <b>5. Tiempo empleado en la investigación</b>                                         | \$80,00         |
| <b>TOTAL</b>                                                                          | <b>\$560,00</b> |

Elaborado por: Autor del proyecto

## **14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

- Realizando una investigación de los procesos productivos se determinó que el proceso más eficiente es la célula de manufactura ya que mantiene un flujo continuo de materiales en proceso permitiendo así reducir las demoras y los inventarios para cumplir con la demanda de los clientes.
- Determinada las estaciones de trabajo se pudo realizar la distribución por áreas en la planta que permita la reducción de las distancias de recorrido de los materiales y tiempos de traslado entre cada una.
- Con la distribución de áreas y datos obtenidos se realizó una simulación del proceso que permitió observar de forma clara el funcionamiento de la célula de manufactura.
- Basado en la presente investigación se realizó una guía de prácticas que permita al estudiante adquirir nuevos conocimientos los cuales son indispensables en el desarrollo de las actividades en el campo laboral.

### **RECOMENDACIONES**

- Realizar un registro constante de los tiempos de operación de cada uno de los puestos de trabajo en caso de que se requiera un rediseño de la célula para un correcto balanceo de línea.
- Generación de guías de prácticas para que los estudiantes comprendan de mejor manera el objetivo de la actividad realizada en la materia y los resultados a alcanzar.
- Desarrollo de prácticas de laboratorio que permitan a los estudiantes poner en práctica los temas impartidos en clases y adquirir nuevos conocimientos mediante la experimentación.
- En el diseño de una célula de producción no solo centrarse únicamente en el objetivo de una distribución que permita reducir tiempos y costos sino también en un ambiente de trabajo ideal para el personal.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

- Alting, L. (1990). *Procesos para ingeniería de manufactura*. México: Alfaomega.  
Recuperado el 10 de Enero de 2020
- Ariza, G. (15 de Junio de 2010). Metodologías utilizadas para el desarrollo de la habilidad experimental mediante prácticas de laboratorio en el programa de ingeniería electrónica de la universidad autónoma del caribe. *Prospectiva*, 8, 29-34. Recuperado el 25 de Junio de 2020
- Armendáriz, E. (15 de Enero de 2017). Planificación de la producción para el proceso de apurado en Industrias Manufactureras de Calzado de Cuero. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Tungurahua, Ecuador.  
Recuperado el 2 de Julio de 2020
- Barcia, A. (1 de Marzo de 2020). *Conoce de informatica*. Recuperado el 3 de Junio de 2020, de <https://conocesobreinformatica.com>
- CicegGTO. (7 de Abril de 2015). Fabricación de zapatos. Mexico, Mexico. Recuperado el 2 de Agosto de 2020
- Delgado, H. (2017). Modelado y simulación de células de fabricación reconfigurables. (*Tesis de ingeniería*). Universidad de Sevilla, Sevilla, España. Recuperado el 12 de Mayo de 2020
- Fernández, J. A. (2010). *Gestión por procesos* (Vol. IV). Madrid, España: ESIC.  
Recuperado el 25 de Junio de 2020
- FlexSim Software Products, Inc. (22 de Febrero de 2005). *Flexsim*. Recuperado el 23 de Junio de 2020, de <https://www.flexsim.com>
- Freire, P. (2015). Estandarización de los procesos de fabricación en el área de montaje de la empresa de calzado Wonderland. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Recuperado el 5 de Junio de 2020
- Fullana, C., & Urquía, E. (2009). *Los modelos de simulación: una herramienta multidisciplinar de investigación*. México: Universidad Pontificia de Comillas.  
Recuperado el 22 de Junio de 2020
- García, D. (29 de Septiembre de 2016). *Trilogiq*. Recuperado el 7 de Mayo de 2020, de Trilogiq MEXICO: <https://trilogiq.com.mx>



- Garcia, M. (2016). Aplicación lean manufacturing a una célula autónoma de fabricación de piezas de CN. (*Trabajo de fin de grado*). Escuela Tecnica Superior de Ingenieria Universidad de Sevilla, Sevilla. Recuperado el 8 de Mayo de 2020
- Groover, M. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna* (Vol. III). Mexico, Mexico: McGraw-Hill. Recuperado el 13 de Mayo de 2020
- IDSA. (5 de Agosto de 2010). *Industrial Designers Society of America*. Recuperado el 7 de Mayo de 2020, de Industrial Designers Society of America: [www.idsa.org](http://www.idsa.org)
- Juganaru, M. (2014). *Introduccion a la programación*. Mexico: Patria. Recuperado el 16 de Mayo de 2020
- Kanawaty, G. (1996). *Introducción al Estudio del Trabajo* (Vol. IV). Ginebra, Suiza: Oficina internacional del trabajo. Recuperado el 8 de Junio de 2020
- Lopera, A., Cardona, C., & Garcia, S. (2017). La actividad experimental como posibilitadora de los procesos de formalización en física. (*Tesis de Licenciado en Matemáticas y Física*). Universida de Antioquia, Medellín, Colombia. Recuperado el 23 de Junio de 2020
- Monga, M. (2018). Propuesta de reingeniería de procesos administrativos para la empresa seprytza s.a. (*Tesis de ingenieria*). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ccotopaxi, Ecuador. Recuperado el 5 de Junio de 2020
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2004). *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño* (Vol. XI). Mexico: McGraw-Hill. Recuperado el 15 de Mayo de 2020
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Metodos, estandares y diseño del trabajo* (Vol. XII). Mexico, Mexico: The McGraw-Hill. Recuperado el 7 de Junio de 2020
- Nudel, G. (9 de Abril de 2013). El futuro de la calidad. Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 5 de Junio de 2020
- Organización Internacional del Trabajo. (2002). *Introducción al Estudio de Trabajo*. Mexico, Mexico: Limusa. Recuperado el 24 de Junio de 2020
- Reinventado el calzado. (17 de Junio de 2019). *Reinventandoelcalzado.es*. Recuperado el 2 de Agosto de 2020, de <https://reinventandoelcalzado.es>

- Romero, D. (2013). Planificación y control de la producción para aumentar la productividad en la empresa de productos de limpieza Kryzzal. (*Tesis de ingeniería*). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Mexico. Recuperado el 19 de Junio de 2020
- Salazar, B. (18 de Junio de 2019). *Ingeniería Industrial online.com*. Recuperado el 13 de Mayo de 2020, de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com>
- Simon Maquinaria. (28 de Enero de 2010). *Simon Maquinaria*. Recuperado el 2 de Agosto de 2020, de <http://simonmaquinaria.com>
- Sudamerican. (18 de Octubre de 2015). *Sudamerican*. Recuperado el 12 de Agosto de 2020, de <https://sudamericanmaq.com>
- Suesca, E., Bermúdez, M., Mejía, C., & Cobo, L. A. (17 de Enero de 2016). Diseño de celdas de manufactura considerando el balanceo de las cargas de trabajo con algoritmos genéticos. *Ontare*, 89-120. Recuperado el 13 de Mayo de 2020
- Tecom. (15 de Mayo de 2010). *Tecom*. Recuperado el 3 de Agosto de 2020, de <https://tecommquinaria.com>
- Yáñez, P. (22 de Abril de 2016). El proceso de aprendizaje: Fases y elementos fundamentales. *San Gregorio*, 70-81. Recuperado el 23 de Junio de 2020

# ANEXOS

**ANEXO N°1 DIAGRAMA DE RECORRIDO Y SIMBOLOGIA**



- ① Recepcion e inspeccion de materia prima
- ① Corte de piezas de cuero en troqueladora
- ② Corte de piezas en forro en troqueladora
- ③ Recepcion e inspeccion de materia prima
- ② Contar e inspeccionar cortes de cuero y forro
- ➡① Transporte a destallado
- ④ Rayado de piezas
- ⑤ Pintado de piezas
- ① Esperar que se sequen los cortes
- ⑥ Destallado de calibre de piezas
- ⑦ Destallado de doblado y tumbados de piezas
- ① Inspección de destallado
- ➡② Transporte a aparado
- ⑧ Pegar piezas de cuero con forro y etiquetas
- ⑨ Cosido de piezas
- ⑩ Perforar huecos para cordones y ojales
- ⑪ Realizar plantilla
- ⑫ Unir plantilla con ensamble
- ② Inspección de piezas cosidas
- ➡③ Transporte a armado
- ⑬ Colocar puntera en ensamble y colocar ensamble en máquina fijadora de puntas
- ⑭ Colocar contrafuerte en ensamble y colocar ensamble en conformadora de talones
- ⑮ Colocar ensamble en hormas, estirar el cuero
- ⑯ Colocar en estantería
- ⑰ Colocar ensamble en máquina reactivadora de capellada y armadora de puntas
- ⑱ Colocar ensamble en máquinas reactivadora de talones, armadora de lados y armadora de talones
- ⑲ Colocar en estantería
- ⑳ Colocar brillo y pegamento a planta
- ② Colocar plantas y ensamble en máquina de secado-reactivado
- ⑳ Unión manual de ensamble con planta
- ㉒ Colocar en conjunto pre-plantado en máquina prensadora
- ③ Inspección de conjunto armado
- ㉓ Colocar en estantería
- ➡④ Transporte a terminado
- ㉔ Recepción de conjunto
- ④ Inspección del conjunto
- ㉕ Colocar crema, pasadores, pintar imperfecciones, quemar hilos con cautín, pegar etiquetas
- ⑤ Inspección del producto terminado
- ㉖ Colocar par de zapatos en caja
- ➡⑤ Transporte a bodega de producto terminado
- ▽① Almacenamiento de producto terminado

| Cant.   | Materiales   | Tipo  | Espesor | Tolerancia |          | Peso            | CÉLULA DE PRODUCCIÓN             |                                                                                       |
|---------|--------------|-------|---------|------------|----------|-----------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|         |              |       |         |            |          |                 |                                  |                                                                                       |
|         |              |       |         |            |          |                 |                                  |                                                                                       |
|         |              |       |         |            |          |                 |                                  |                                                                                       |
|         |              |       |         |            | Fecha    | Nombre          | SIMBOLOGÍA DIAGRAMA DE RECORRIDO | Escala:<br>1:1                                                                        |
|         |              |       |         | Dib.       | 07/07/20 | Núñez Alvaro    |                                  |                                                                                       |
|         |              |       |         | Rev:       | 07/07/20 |                 |                                  |                                                                                       |
|         |              |       |         | Apro:      | 07/07/20 |                 |                                  |                                                                                       |
|         |              |       |         | UTC-FCIYA  |          | ING. INDUSTRIAL | FIG 1                            |  |
| Edicion | Modificacion | Fecha | Nombre  |            |          |                 |                                  |                                                                                       |

**ANEXO N°2 DIMENSIONAMIENTO DE ESTACIONES**



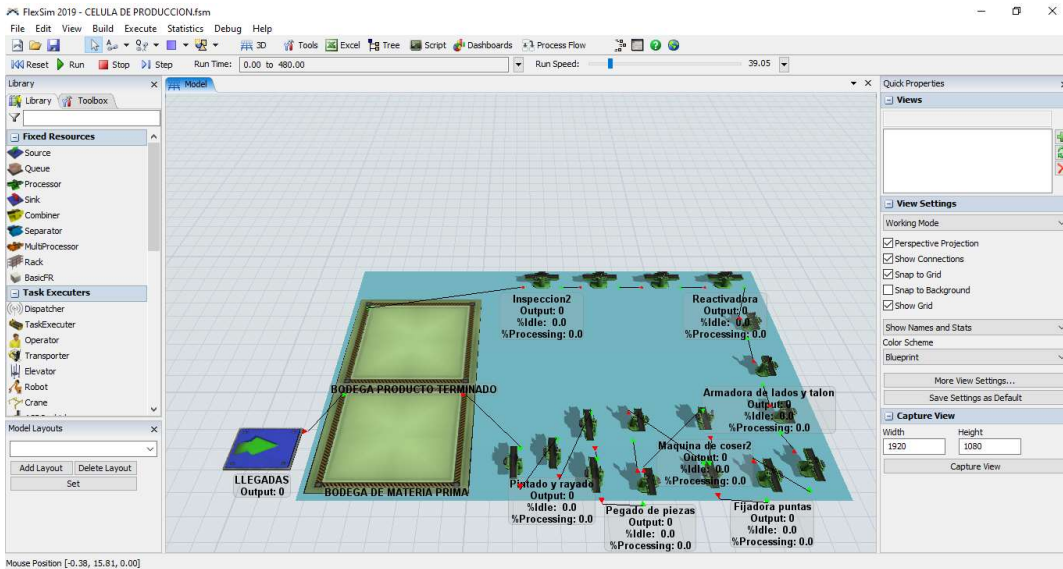


**ANEXO N°3 ESTACIONES DE TRABAJO Y MÁQUINAS**

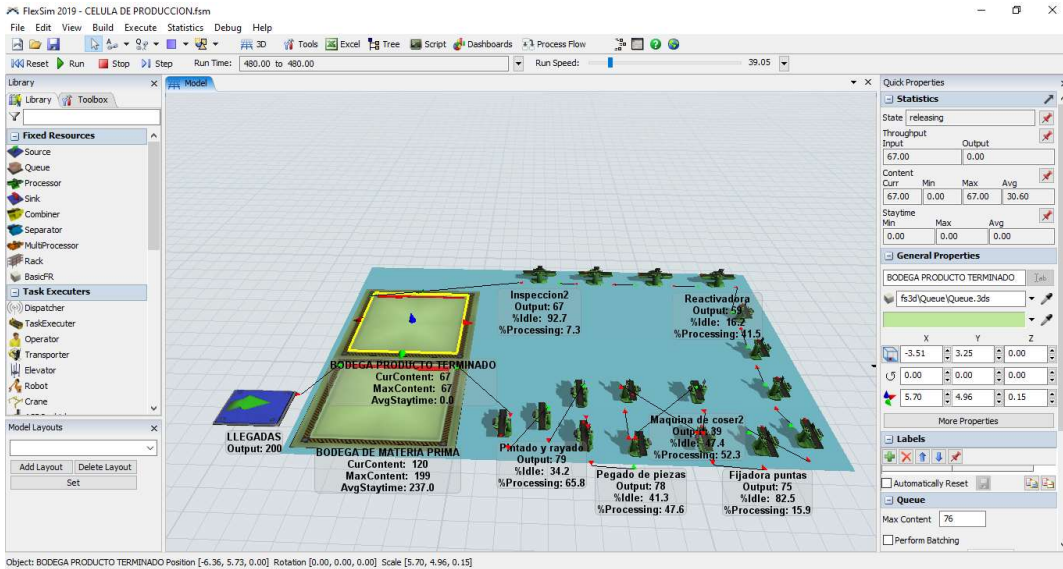


**ANEXO N°4 CÉLULA DE MANUFACTURA Y SIMULACIÓN DEL PROCESO**

## Célula de manufactura



## Simulación del proceso productivo célula de manufactura



**ANEXO N°5 FORMATOS PARA ESTUDIO DE TIEMPOS Y BALANCEO DE LINEA**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**ESTUDIO DE TIEMPOS**

| DESCRIPCION DE ACTIVIDADES |             |       |                     |       |             |
|----------------------------|-------------|-------|---------------------|-------|-------------|
| <b>PRODUCTO:</b>           |             |       | <b>ESTUDIO N°</b>   |       |             |
| <b>MATERIAL:</b>           |             |       | <b>HOJA</b>         |       | 1 de 2      |
| <b>OPERACIÓN:</b>          |             |       |                     |       |             |
| <b>MAQUINA:</b>            |             |       |                     |       |             |
| ACTIVIDAD N°               | DESCRIPCION |       |                     |       |             |
| 1                          |             |       |                     |       |             |
| 2                          |             |       |                     |       |             |
| 3                          |             |       |                     |       |             |
| 4                          |             |       |                     |       |             |
| 5                          |             |       |                     |       |             |
| 6                          |             |       |                     |       |             |
| 7                          |             |       |                     |       |             |
| 8                          |             |       |                     |       |             |
| 9                          |             |       |                     |       |             |
| 10                         |             |       |                     |       |             |
| Suplementos por descanso   |             |       | Valoración objetiva |       |             |
| Suplementos constantes     | Hombre      | Mujer | Condiciones         | Letra | % de ajuste |
|                            |             |       |                     |       |             |
|                            |             |       |                     |       |             |
| Suplementos variables      |             |       |                     |       |             |
|                            |             |       |                     |       |             |
|                            |             |       |                     |       |             |
|                            |             |       |                     |       |             |
|                            |             |       |                     |       |             |
|                            |             |       |                     |       |             |
|                            |             |       |                     |       |             |
|                            |             |       |                     |       |             |
| <b>TOTAL</b>               |             |       | <b>TOTAL</b>        |       |             |



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

BALANCEO DE LINEA

| DESCRIPCION DE ACTIVIDADES |             |                      |
|----------------------------|-------------|----------------------|
| <b>PRODUCTO:</b>           |             |                      |
| <b>MATERIAL:</b>           |             | HOJA                 |
| 1 de 2                     |             |                      |
| <b>OPERACIÓN:</b>          |             |                      |
| <b>MAQUINA:</b>            |             |                      |
| ACTIVIDAD N°               | DESCRIPCION | TIEMPO ESTANDAR (TS) |
| 1                          |             |                      |
| 2                          |             |                      |
| 3                          |             |                      |
| 4                          |             |                      |
| 5                          |             |                      |
| 6                          |             |                      |
| 7                          |             |                      |
| 8                          |             |                      |
| 9                          |             |                      |
| 10                         |             |                      |





**ANEXO N°6 MANUAL DE USUARIO FLEXSIM**

# Guía de Usuario para el modelamiento y análisis con el Software Flexsim

Rodolfo Casadiego Alzate



  
**FlexSim**

Grupo de Investigación en Productividad y Competitividad



Guia de Usuario para el  
modelamiento y análisis con el  
**Software Flexsim**

**Universidad Francisco de Paula Santander**  
Facultad de Ingenierías  
Programa de Ingeniería Industrial  
Grupo de Investigación en Productividad y Competitividad

**Título Original:**

Guía de Usuario para el modelamiento y análisis con el Software Flexsim

**Autor:**

Rodolfo Casadiego Alzate

## **Prólogo**

La simulación es una técnica que permite recrear ciertos aspectos de la realidad con bastante similitud, cuyo objetivo es el de estudiar cómo funcionaría un determinado sistema o cómo reaccionaría frente a ciertos cambios. La utilidad de los modelos de simulación, radica en que la experimentación sobre sistemas reales resulta muy costosa, puede generar el colapso de los procesos, o simplemente resultar infactible. La simulación permite que una vez construido el modelo, sea posible realizar modificaciones fácilmente, con el objeto de probar cómo se comporta el sistema frente a un aumento o reducción de un recurso, o frente al aumento de la producción, así como el impacto que podría generar la eliminación y/o agregación de un sub-proceso al sistema. Los modelos de simulación, pueden ser clasificados como determinísticos o estocásticos. Un modelo estocástico, no tiene ningún componente asociado a una distribución de probabilidad, esto quiere decir, que conocido el input que se entrega al sistema, se conoce inmediatamente el output que éste producirá. Un modelo probabilístico, por otra parte, sí incorpora componentes aleatorios, asociados a distribuciones de probabilidad, que durante la ejecución de la tarea, determinarán finalmente el output del sistema.

El presente manual se hace en base a una herramienta de simulación capaz de manejar tanto modelos estocásticos como modelos probabilísticos. Flexsim es un software de simulación diseñado para eventos discretos y continuos con el fin de facilitar cualquier tipo de modelamiento en una sola herramienta. Este software no solo cuenta con estas características, sino también integra otras que lo convierte en poderoso aliado para el análisis de sistemas complejos. Permite realizar el modelamiento y la corrida del modelo en 3D, lo que facilita identificar posibles cuellos de botella u otros impactos a simple vista. En este manual, el usuario encontrará una combinación de conceptos simples y modelos sencillos para el manejo práctico del software. Recopila información no solo de la guía de usuario que se encuentra disponible en inglés, sino también del trabajo y la experiencia de distintas personas que lo han utilizado en el transcurso los años. Así mismo, se ha diseñado teniendo en cuenta lo que los usuarios necesitan saber del software y a su vez como poner en práctica lo aprendido. Este manual constituye una valiosa fuente de consulta, que ayudará a los usuarios en un sinnúmero de problemas en los cuales la simulación sea la herramienta que brinde una respuesta aproximada al problema que se tiene.

# **FUNDAMENTOS DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN FLEXSIM**

### **Conceptos básicos para la construcción de un modelo de Simulación**

**Modelo:** Es una representación simplificada de un sistema, construido con el propósito de estudiarlo, donde son considerados los aspectos que afectan al problema de estudio y debe ser lo suficientemente detallado para obtener conclusiones que apliquen al sistema real.

**Sistema:** Colección de entes que actúan o interactúan para la consecución de un determinado fin.

**Estado:** es una condición propia de cada objeto en un instante dado, que describe como se encuentra el objeto en el momento en que se detiene la corrida, está determinada por el conjunto de variables o parámetros utilizados para construir cualquier sistema.

**Evento:** Suceso instantáneo que puede cambiar el estado del sistema y de los objetos.

**Entidad:** Representación de los flujos de entrada a un sistema.

**Locaciones:** Todos aquellos lugares en los que la entidad puede detenerse para ser transformada o esperar a serlo.

**Recursos:** Dispositivos necesarios para llevar a cabo una operación, estos pueden moverse.

**Atributos:** Características de una entidad.

**Variables:** Condiciones cuyos valores se crean y se modifican por medio de ecuaciones matemáticas y relaciones lógicas.

**Reloj de Simulación:** Contador de tiempo de la Simulación. Mediante este se establece el tiempo que debe durar una Simulación. “Históricamente se han considerado dos mecanismos para el registro del tiempo reloj. El primero, que se conoce como avance variable de tiempo o avance de tiempo al siguiente evento, consiste en avanzar el reloj a la siguiente hora a que debe ocurrir el siguiente evento. El segundo método conocido como avance de tiempo de incremento fijo, consiste en avanzar el reloj en intervalos pequeños uniformes de tiempo y determinar en cada intervalo si deben ocurrir eventos en ese lapso. [1]

## **2. Metodología para realizar un proyecto de Simulación**

Antes de abordar el tema de cómo realizar un proyecto de Simulación, es importante que entendamos lo siguiente [2]



“Un modelo es una representación simplificada de una porción de la realidad, por lo tanto, si la modelación se realiza apropiadamente desde el inicio (desde la requisición de información), seguramente conducirá a una buena representación de la realidad a analizar.

Una requisición y pre-procesamiento de información apropiada no es sinónimo de volumen, es decir, el hecho de recopilar grandes cantidades de información no garantiza el éxito de la modelación. El éxito radica en la capacidad para simplificar el gran volumen de información y nivel de detalle que seguramente quiere representarse en el modelo. El resultado: un modelo con estructura mínima, la más simple, capaz de representar la complejidad de un sistema real.”

### 3. Introducción al Software Flexsim

#### 3.1 Características del Software Flexsim [3]

Flexsim es un Software que posee un ambiente orientado a objetos, para desarrollar, modelar, simular, visualizar y monitorear actividades y sistemas con procesos de flujo dinámico. Flexsim es una completa serie de herramientas para desarrollar y compilar aplicaciones de Simulación.

El ambiente Flexsim está completamente integrado con el compilador C++ usando

**Flexscript** (una librería funciones C++ pre-compiladas) o C++ directamente. Toda la animación es diseñada en OpenGL, contando con una increíble animación. La animación puede ser vista en 2D, 3D. Todas las vistas pueden ser mostradas concurrentemente mientras el modelo es desarrollado o en la fase de corridas de éste.

Las siguientes son algunas de las características que lo definen como una excelente alternativa para el modelado, Simulación y visualización de procesos:

**Modelado.** Flexsim permite utilizar objetos altamente desarrollados y parametrizados que representan procesos y colas. Para el uso de un objeto, basta arrastrarlo y moverlo desde la librería de objetos a la vista del modelo. Cada objeto tiene una localización en el espacio (x, y, z), una velocidad, rotación y un comportamiento específico en el tiempo; estos objetos pueden crearse, destruirse y moverse entre ellos. [1]

Hay tres características principales en el modelamiento en Flexsim, estas son:

1. **Herencia:** Permite el uso de las características de herencia de Microsoft Visual C++, como por ejemplo en el uso de herencia al momento de construir objetos propios partiendo de los objetos bases.

2. **Modificación para usos específicos:** Virtualmente todo aspecto del Software está abierto para su modificación por parte del usuario. Los objetos, vistas, interfaces, menús, parámetros de los objetos, etc., son por nombrar algunas de las características que se pueden modificar cuando sea necesario. Además, todo objeto que se modifica o que se ha creado completamente nuevo, puede y será agregado a las librerías de manera que puedan ser usados las veces que se requiera. La creación o modificación de objetos se hace a través del lenguaje C++, el cual controla el comportamiento de los objetos; mientras que la apariencia, interface, botones, menús, etc., se controlan por Flexscript, una librería de C++ pre-compilada.
3. **Intercambiabilidad:** Los objetos se pueden cambiar entre usuarios, librerías y modelos, lo que en conjunto con la característica del punto anterior acelera el proceso de modelado.

**Simulación.** Flexsim cuenta con un motor de Simulación muy rápido, que permite ejecutar enorme cantidades de eventos en un corto periodo de tiempo. El motor de Flexsim controla la Simulación y visualización del modelo, por lo que si se necesita más rapidez, ésta se puede obtener desactivando la visualización.

Flexsim está equipado con una opción de experimentación que permite simular escenarios del tipo “what if?”. Los escenarios se corren automáticamente y los resultados se guardan en reportes, tablas y gráficos. Se puede analizar el desempeño de cada escenario por un número de indicadores que pre-define el usuario, como utilización, throughput, costos, etc. Los resultados pueden ser fácilmente exportados a otras aplicaciones como MS Word y Excel.

**Visualización.** Flexsim cuenta con animación de realidad virtual en la visualización de los modelos. El Software utiliza la última tecnología en gráficos de realidad virtual de juegos de computador. Además, Flexsim permite la importación de un amplio rango de formatos de modelos 3D para uso en el modelado.

#### **Terminología de Flexsim.**

Flexsim usa una terminología específica para nombrar algunos componentes de un modelo de Simulación, estas se presentaran a continuación:

**Objeto.** Son los componentes que se encuentran en la librería de objetos del programa. Estos representan recursos, colas y acumuladores estadísticos del modelo de Simulación. Para su uso en el modelo, sólo basta con arrastrarlo y soltarlo desde la librería de objetos hacia la vista del modelo.

**Flowitem.** Son objetos que se mueven a través del modelo. Estos son las entidades que circulan en el modelo, pueden ser partes, piezas, productos en procesos, personas, troncos, etc. Los flowitem (entidades) las generan los objetos Source y son desechados en los objetos Sink. Los flowitems pueden ser objetos de procesos y pueden ser transportados por recursos de transporte.

**Itemtype.** Es una etiqueta que llevan los flowitem, que representan una característica de él. Son atributos que diferencian entre entidades (etiquetas que diferencian entre itemtypes). Flexsim usa estos atributos como referencia al momento de diferenciar entre los procesos, rutas o comportamientos que deben ser usados en diferentes tipos de entidades.

**Puertos.** Todo objeto de Flexsim tiene un número ilimitado de puertos a través de los que se puede comunicar con otros objetos. Hay tres tipos de puertos:

- Entrada
- Salida
- Puertos centrales

Los puertos de entrada y salida, son utilizados para el ruteo de los flowitem a través del modelo (movimiento entre objetos en el modelo). Los puertos centrales son utilizados para crear referencias o punteros entre objetos. Los puertos son creados y conectados al hacer click en un objeto y mantener sujeto y arrastrar hacia un segundo objeto mientras se mantiene apretada una letra en el teclado; manteniendo apretada la tecla “A”, se creará un puerto de salida en el primero objeto y un puerto de entrada en el segundo, manteniendo apretada la letra “S” se creará un puerto central en los dos objetos conectados. Las letras “Q” y “W” son utilizadas para borrar puertos y conexiones de puertos de entrada y salida, y centrales respectivamente.

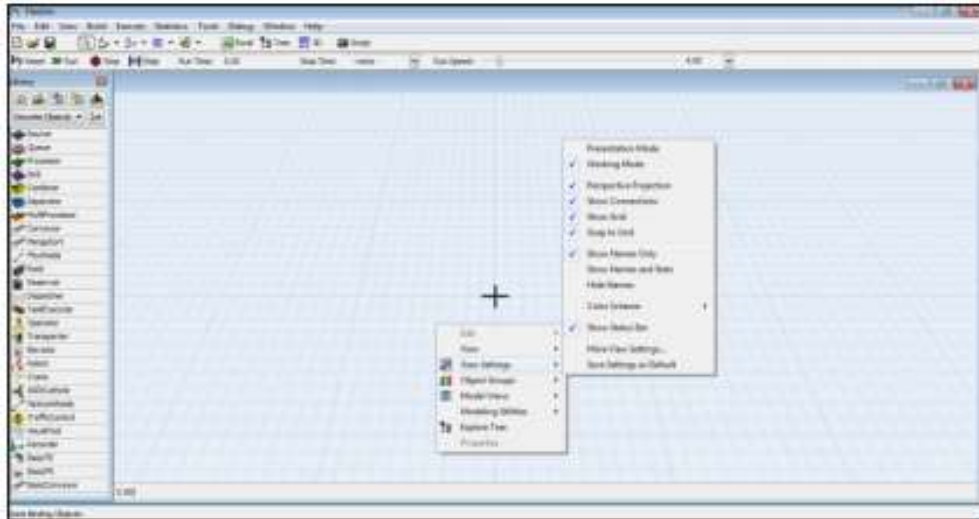
**Model Views.** Se refiere a los tipos de vista del modelo creado, esta puede ser ortográfica o perspectiva, planar y una especial llamada vista de árbol. El modelo se puede crear y modificar en cualquiera de las vistas.

#### **Opciones de vista en Flexsim [4]**

En Flexsim se puede trabajar con tres tipos diferentes tipos de vistas, cada una de ellas se explicará a continuación:

**Vista ortográfica y perspectiva.** La vista 3D puede ser alterna entre el modo ortográfico y perspectiva haciendo click con el botón derecho del mouse y seleccionando la opción “View Setting”, seleccionando o deseleccionando la opción “Perspective Projection” (ver figura 6).

**Figura 6.** Demostración de cómo seleccionar una de las opciones anteriores (ortográfica o perspectiva)



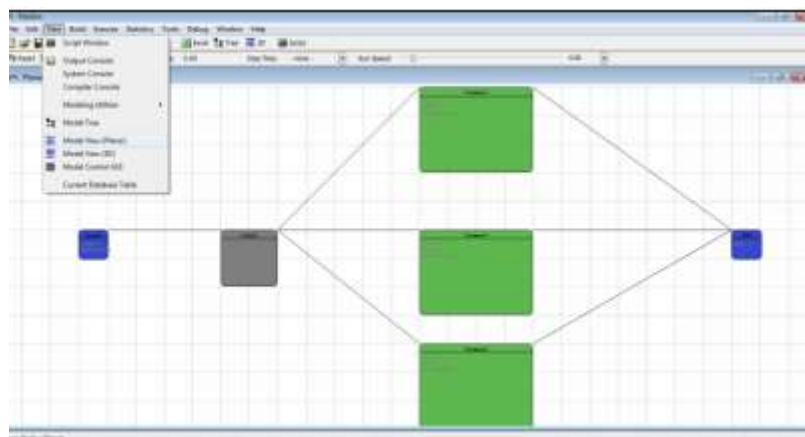
La vista ortográfica se usa en el diseño y construcción de etapas. La vista en perspectiva es usada una vez se encuentra construido el modelo y se quiere mostrarlo.

**Vista planar.** La vista planar es usada para editar su modelo en dos dimensiones. Funciona muy parecido a la opción “orthographic and perspective views”, excepto que no se puede rotar alrededor del layout. También, en lugar de ver objetos en 3D se observan es en 2D. En la vista 2D no hay forma específica para un objeto, estos se muestran en forma de rectángulo y de un color determinado.

Para acceder a este tipo de vista realizamos lo siguiente:

1. Nos dirigimos a “**View / Modelo View Planar**” (ver figura 7)

**Figura 7.** Vista de un modelo en 2D






**Vista de árbol.** La ventana de árbol permite navegar en el entorno de Flexsim que se presenta en una estructura tipo árbol (jerarquías), permite además ver y/o establecer atributos en los objetos, escribir código y realizar muchas otras operaciones. Para moverse dentro de esta ventana, se debe hacer click con el mouse en el área blanca y manteniendo presionado con el botón derecho se puede desplazar de arriba hacia abajo, de derecha a izquierda.

Flexsim está completamente diseñado alrededor del concepto de estructura de árbol. Toda la información en Flexsim está contenida en el árbol de Flexsim, incluyendo la librería, objetos, comandos y toda la información del modelo. Este árbol de jerarquías esta hecho de nodos individuales que se encuentran unidos.

- **Nodos.** Un nodo es un bloque de construcción del árbol de Flexsim. Los nodos pueden contener otros nodos, pueden ser una palabra clave para usarse y definir un atributo para un objeto o simplemente puede contener datos del ítem.

Los símbolos para los diferentes nodos que se muestran son los siguientes:

|                      |                                                                                     |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Estándar             |   |
| Objeto               |  |
| Atributo / Variable  |  |
| Función (C++)        |  |
| Función (Flexscript) |  |

Los nodos pueden ser agregados o borrados del mismo árbol. Para borrar un nodo, simplemente dar click y oprimir la tecla “**Delete** o **Supr**”. Para insertar un nodo basta solo con hacer click sobre el nodo y oprimir la tecla “**Enter**”.

### **Barra de herramientas de Flexsim**

La barra de herramientas permite alternar entre diferentes modos de ver el layout (**ortho/perspective/planar/tree view**), conectar y desconectar objetos, controlar la corrida del modelo y acceder a muchas otras opciones que presenta el Software que se explicaran a continuación (ver figura 13):

**Figura 13.** Barra de herramientas



**New:** esta opción cierra el modelo actual y permite empezar a construir uno nuevo.

**Open:** esta opción le permite abrir un modelo que había sido guardado (.fsm file).

**Save:** esta opción le permite guardar el modelo actual.

**Excel:** éste botón le permite abrir la interfaz con Excel.

**Tree:** presionando este botón se abre la vista de árbol del modelo actual.

**3D:** presionando este botón se abre una nueva ventana o vista del modelo en 3D.

**Script:** presionando este botón se abre la herramienta Script.

**Reset:** presionando este botón se reinicia el modelo actual.

**Run:** presionando este botón se inicia la corrida del modelo actual.

**Stop:** presionando este botón se detiene la corrida del modelo actual.

**Step:** presionando este botón se puede ir al momento en que ocurre un evento en el modelo.

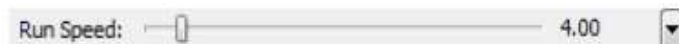
**Figura 14.** Vista de la barra “Run Time / Stop Time”



**Run Time:** muestra el transcurso del tiempo durante la corrida del modelo (ver figura 14).

**Stop Time:** permite fijar un valor en el tiempo para el cual se desea que el modelo se detenga modelo (ver figura 14).

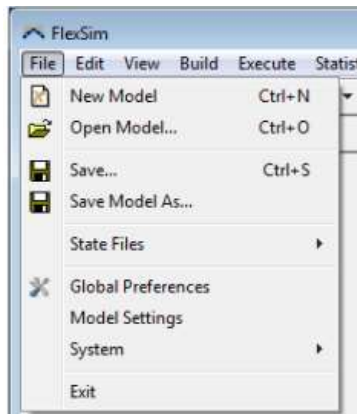
**Figura 15.** Vista de la barra “Speed”



**Speed Slider:** define el número de unidades de tiempo que el modelo de Flexsim correría en contraste con 1 segundo del tiempo real, es decir, mirando la figura 15 el 4 representa 4 unidades de tiempo (segundos, minutos, horas, etc.) por un segundo del tiempo real.

### 3.3 File Menú

**Figura 16.** File menú



**Fuente.** Flexsim Software Products Inc. Flexsim Users Guide. Versión 6.0.0

**New Model:** esta opción elimina el contenido actual del modelo, para que uno nuevo sea creado.

**Open Model:** esta opción le permite al usuario elegir un modelo ya creado en Flexsim (extensión .fsm) para que pueda editarlo.

**Save:** esta opción guarda el modelo actual o los cambios hechos en un modelo que haya sido editado (extensión .fsm).

**Save Model As:** esta opción le permite guardar un modelo que se ha creado. El archivo creado tiene la extensión .fsm.

**State Files:** esta opción le permite al usuario guardar el estado (modelo que se corre actualmente) del modelo. Las opciones que ofrece son “load state” o “saved state”. “Saved state” es útil cuando el modelo está en medio de la corrida (todo los flowitems permanecen donde están y los recursos en el estado actual de operación. Cuando se cargue el modelo, este continuará corriendo desde el punto donde se selección la opción “save state”.

**Global Preferences:** esta opción le permite llegar a la ventana de preferencias, permitiendo cambiar o establecer algunos parámetros en Flexsim, a comodidad del usuario. También puede configurar el texto y propiedades de este.

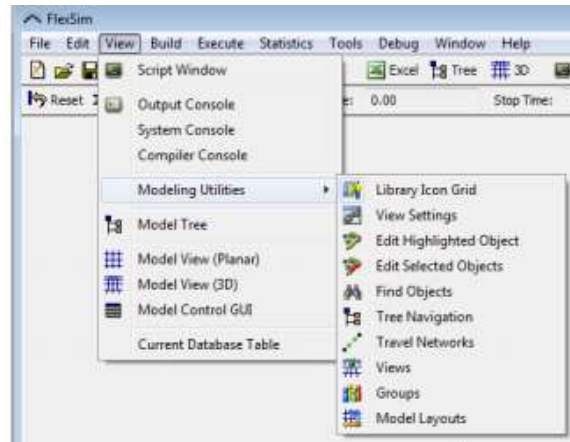
**System:** esta opción le permite actualizar manualmente la galería media (archivos 3D y mapa de bits), así como desconectar cualquier DLL (este es un tipo de nodo pre-compilado

compatible con Flexsim, se necesita de usar un proyecto especial en Visual C++ que se encuentra disponible en el foro de Flexsim).

**Exit:** esta opción cierra Flexsim guardando cualquier archivo en caso contrario que el usuario no lo quiera guardar simplemente selecciona NO.

### 3.5 View Menú

**Figura 26.** View menú



**Fuente.** Flexsim Software Products Inc. Flexsim Users Guide. Versión 6.0.0

**Script Windows:** esta opción nos abre la ventana de Script (Scripting Windows). El Scripting window es una ventana interactiva para ejecutar manualmente comandos en Flexscript (ver figura 27).

**Output Console:** esta opción abre una ventana donde la información de salida es mostrada. Se puede mostrar información que el usuario quiera usando los comandos: pt(), pr(), pd(), pf(), etc.

**System Console:** esta opción abre una ventana donde la información acerca del estado del programa es mostrada. Errores y “Exceptions” serían mostrados en esta consola.

**Compiler Console:** esta opción abre una ventana donde la información es mostrada mientras el modelo es compilado. Además muestra el estado en cada paso durante el proceso de compilación.

**Model Tree:** esta opción abre la “Tree Window” que muestra las carpetas del modelo. Esta muestra todos los objetos que están en el modelo. El árbol puede ser manipulado en esta vista.



**Model View (Planar):** esta opción abre “Planar Model View” que muestra el modelo en dos dimensiones. Los objetos 3D no se muestran en esta opción. La vista no puede rotarse.

**Model View (3D):** esta opción abre una nueva “Orthographic / Perspective View” en el modelo.

**Model View (Perspective):** esta opción abre una nueva “Perspective View” en el modelo.

**Current Database Table:** esta opción trae una ventana que muestra el “Currently Active Database Table” (ver figura 30) que puede ser abierta o consultada mediante los comandos dbopen(), dbchangetable(), dbsqlquery().

**Modeling Utilities Library Icon Grid:** esta opción abre la “Library Ico Grid” con una cuadrícula de íconos que representan los objetos que pueden ser arrastrados dentro del modelo.

**View Settings:** esta opción abre la ventana de utilidades “View Settings”.

**Edit Highlighted Object:** esta opción abre la ventana de utilidades “Edit Highlighted Object”.

**Edit Selected Object:** esta opción abre la ventana de utilidades “Edit Selected Object”.

**Find Objects:** esta opción abre la ventana de utilidades “Find Objects”.

**Tree Navigation:** esta opción abre la ventana de utilidades “Tree Navigation”.

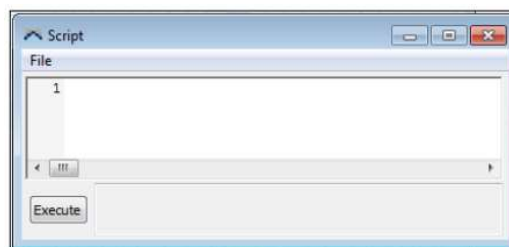
**Tree Networks:** esta opción abre la ventana de utilidades “Tree Networks”. Views: esta opción abre la ventana de utilidades “Views”.

**Groups:** esta opción abre la ventana de utilidades “Groups”.

**Model Layouts:** esta opción abre la ventana de utilidades “Model Layouts”.

**Script Editor:**

**Figura 27.** Vista del cuadro “Script”

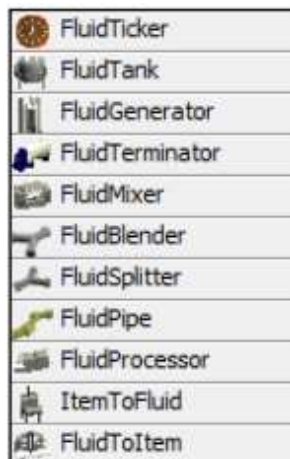


El “Script editor” permite ejecutar comandos en Flexscript tomando información que se encuentra en el modelo. Una vez se tenga el código escrito en el Script hacemos click en “Execute” para ejecutar el código. Este regresa un valor del código que será mostrado en el espacio ubicado frente a este mismo botón.

### Library Icon Grid

La librería de íconos permite arrastrar objetos dentro del modelo. Haciendo click sobre el objeto y manteniendo presionado a la vez que lo arrastra al layout, este será agregado una vez el usuario lo suelte sobre el layout, esta misma operación aplica para los tres tipos de vista (planar, ortográfica o perspectiva y vista de árbol). Flexsim cuenta con dos tipos de librerías, estas son la librería de objetos discretos (ver figura 32) y librería de objetos continuos (ver figura 31). Se pueden crear librerías con objetos personalizados y se podrá seleccionar esta librería de la misma forma como se selecciona la librería de objetos continuos. Por defecto la librería de objetos discretos es la que aparece inicialmente.

**Figura 31.** Vista de Librería de objetos continuos



**Figura 32.** Vista de Librería de objetos discretos



Hay una clasificación de los objetos que componen la librería discreta y es la siguiente:

**Figura 33.** Vista de Librería de objetos discretos con su respectiva clasificación



**Fixed Resources:** son objetos estacionarios en el modelo que pueden representar pasos o estaciones en su proceso o áreas de almacenamiento. Los flowitems avanzan a través del modelo ingresando en estos objetos para ser procesados y una vez finalizado pasan al siguiente FixedResource en el modelo.

**TaskExecuters:** son usados como recursos móviles en el modelo. Estos pueden ser operarios que son requeridos para llevar un flowitem a la siguiente etapa del proceso.

**Otros:** son objetos especiales que contiene la librería y que se definirán más adelante.

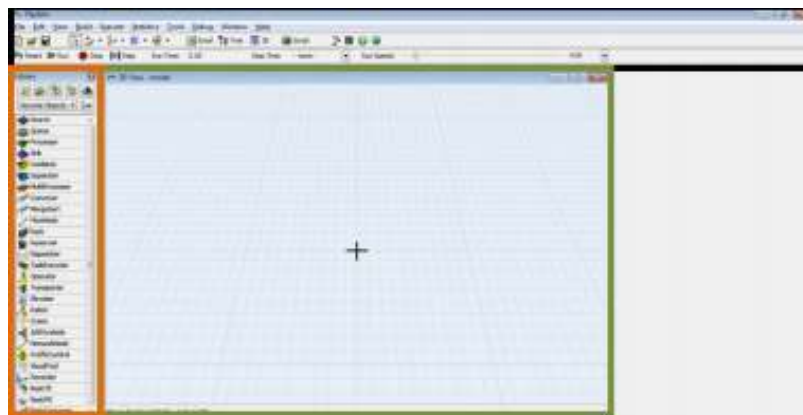
La librería de objetos fluidos permite construir sistemas en los cuales los materiales se manejan en peso o volumen [5]. Ejemplos de estos sistemas pueden ser:

### Interactuando con los objetos de Flexsim

A continuación se explicara cómo construir un modelo básico y sencillo para recordar y aclarar algunos conceptos vistos y, además de ello este modelo servirá de guía para las demás herramientas que se verán adelante.

La ventana de Flexsim se compone de las siguientes partes (ver figura 34):

**Figura 34.** Ventana de Flexsim



**Fuente.** Flexsim Software Products Inc. Flexsim Users Guide. Versión 6.0.0

**Recuadro Negro:** barra de herramientas y controles de la Simulación.

**Recuadro Naranja:** librería de objetos (continuos, discretos y personalizados).

**Recuadro Verde:** layout.

Antes de construir el modelo, es importante que se tenga en cuenta las siguientes indicaciones:

**Figura 35.** Indicaciones para moverse en el modelo



**Fuente:** Vatic Consulting group. Capacitación básica de Flexsim

En el layout vamos a ubicar los siguientes objetos: **Source:** representara la llegada de la materia prima.

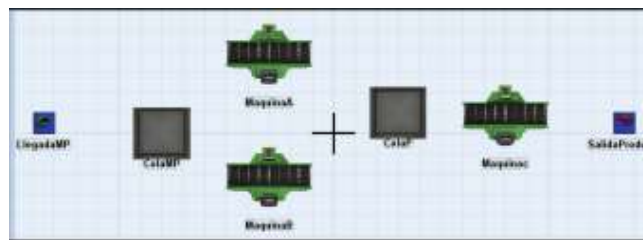
**Queue:** representara un lote de almacenamiento antes del primer proceso.

**Processor:** representan cada una de las etapas del proceso.

**Sink:** representa la salida del flowitem del sistema modelado.

Hay que recordar que para ubicar los objetos en el layout basta con arrastrarlos desde la librería hacia el layout y luego soltar.

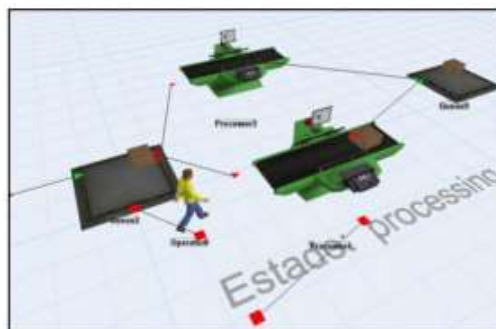
**Figura 36.** Layout con los objetos



Una vez estén los objetos en el layout (figura 36) se deben realizar las conexiones correspondientes, para ello es importante recordar lo siguiente:

**Los puertos:** hay tres tipos de puertos en Flexsim (entrada, salida y centrales).

**Figura 37.** Layout con los objetos y conexiones de entrada, salida y centrales

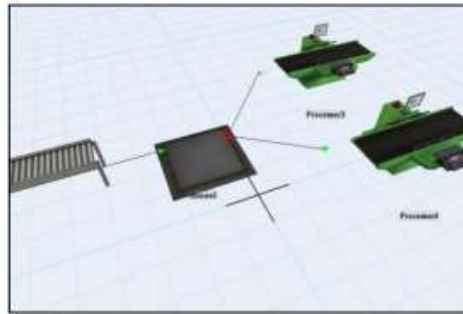


**Fuente.** Vatic Consulting group. Capacitación básica de Flexsim

**Puertos de entrada (input port):** se ven de color verde durante la corrida del modelo y tienen forma triangular.

**Puertos de salida (output port):** se ven de color rojo durante la corrida del modelo y tienen forma triangular. Las conexiones de entrada y salida definen los posibles flujos de los flowitem desde un recurso fijo hacia otros. Manteniendo la tecla **A** y haciendo click de un objeto fijo hacia otro se crean las conexiones de entrada y salida (ver figura 38). Manteniendo la tecla **Q** de un objeto fijo hacia otro se desconectan los objetos, hay que tener en cuenta que las desconexiones se realizan en el mismo sentido en que se realizó la conexión.

**Figura 38.** Layout con los objetos y conexiones de entrada y salida



**Fuente.** Vatic Consulting group. Capacitación básica de Flexsim

**Puertos centrales (central port):** se ven de color rojo durante la construcción y corrida del modelo, tienen forma rectangular (ver figura 39).

Las conexiones centrales definen una relación entre objetos, además de que permiten llamar un objeto desde otro fácilmente.

Las conexiones centrales se realizan presionando la tecla **S** y haciendo click desde un objeto fijo a otro. Para realizar la desconexión central se presiona la tecla **W** desde un objeto fijo hacia otro, aquí no importa el sentido en que se realizó la conexión central entre objetos.

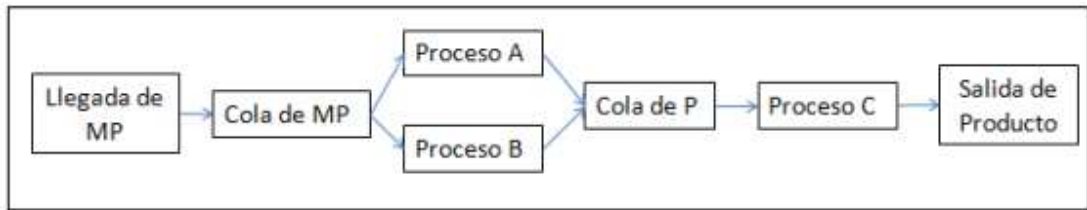
**Figura 39.** Layout con los objetos y conexiones centrales



**Fuente.** Vatic Consulting group. Capacitación básica de Flexsim

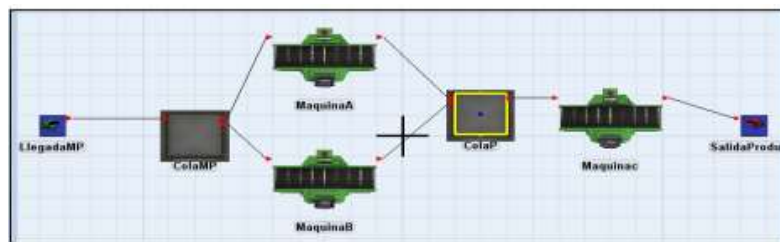
Recordado todos estos conceptos, se procede a realizar las conexiones de entrada y salida de los objetos del modelo que se está construyendo: El orden de las conexiones es el siguiente (ver figura 40):

**Figura 40.** Orden de conexión de los objetos



La fuente (**Source**) se conecta a la primera cola (**Queue** de materia), esta cola se conecta a los dos procesos (A y B) y cada proceso se conecta a la cola siguiente (cola de producto), esta cola esta antes y a su vez va conectada al proceso c y finalmente sale del sistema.

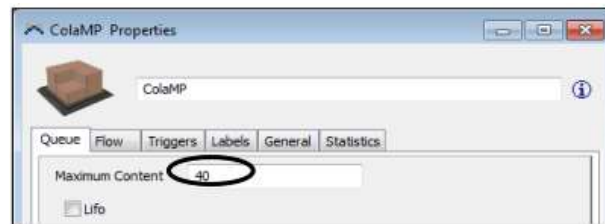
**Figura 41.** Vista de los objetos conectados



Una vez se tengan los objetos conectados (ver figura 41), ajustar los siguientes parámetros para analizar al finalizar la corrida de la Simulación:

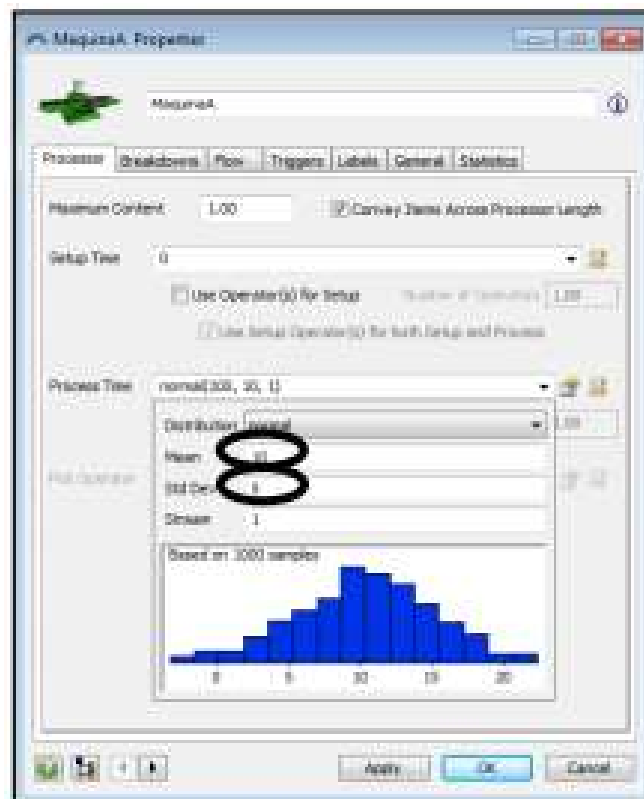
- El lote de materia prima que esta antes del proceso A y B tiene una capacidad máxima de 40 piezas de materia (ver figura 46).
- El tiempo de proceso de las máquina A sigue una distribución normal (10,5) (ver figura 43), la máquina B distribución normal (15,5) (ver figura 44) y la máquina C una distribución normal (12,5) (ver figura 45).
- El lote de producto que esta antes del proceso C tiene una capacidad máxima de 6 unidades (ver figura 42).

**Figura 42.** Máximo contenido de la cola de materia prima



Se introduce el valor de 40 en el campo para máximo contenido y se presiona el botón aplicar.

**Figura 43.** Tiempo de proceso para la máquina A



En la ventana “**Processor**” en el campo “**Process Time**” seleccionar la opción del picklist la opción “**Statistical Distribution**”, buscar la distribución normal y en los parámetros se establece media 10 y desviación estándar 5. Esto mismo se hace para todos los procesos. Una vez establecido esto en cada **Processor** presionamos el botón Apply



Figura 44. Tiempo de proceso para la máquina B

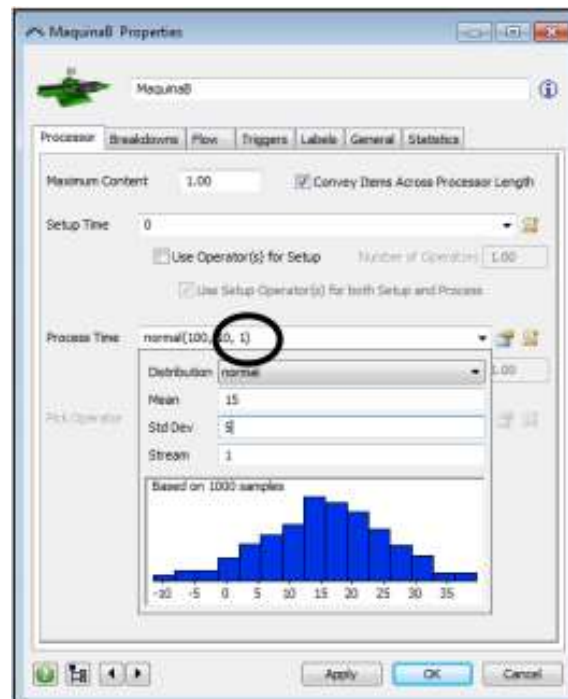
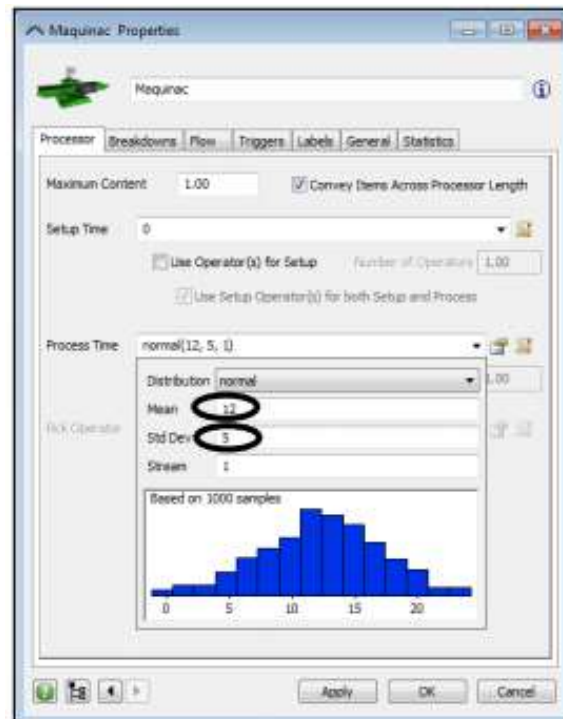
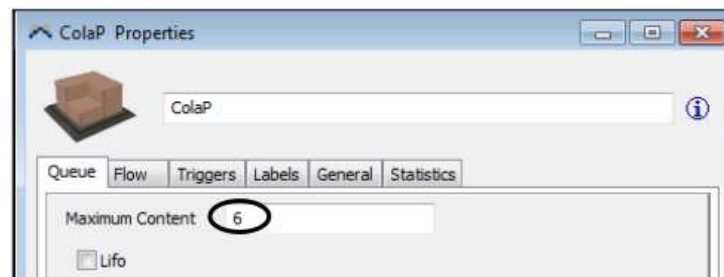
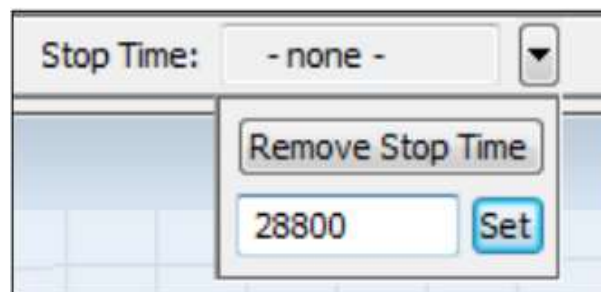


Figura 45. Tiempo de proceso para la máquina C

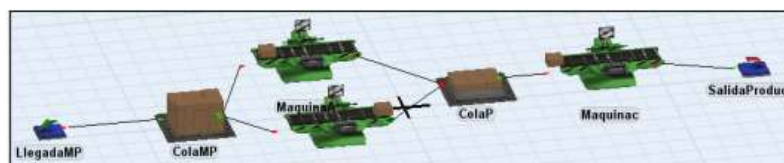


**Figura 46.** Máximo contenido de la cola de producto

Se ajusta el reloj de Simulación para correr un turno de 8 horas, que es equivalente a 28800 segundos (ver figura 47) y observar cuantos productos salieron del sistema.

**Figura 47.** Tiempo de corrida

Una vez establecido el tiempo de corrida, se presiona el botón set. Terminada la Simulación se puede observar lo siguiente.

**Figura 48.** Vista del modelo a los 28800 segundos

**Respondamos las siguientes preguntas:**

- 1.Cuál es la operación cuello de botella

Para saber cuál es la operación cuello de botella, se deben mirar los estados de las máquinas y mirar cuál de ellas fue la que más estuvo en el estado “**Processing**”.

Para poder ver los estados, entrar a la ventana de propiedades de los “**Processor**” y dirigirse a la pestaña “**Statistics**”, aquí presionar el botón “**Chart**” y se pueden ver las siguientes gráficas (ver figura 49).

Figura 49. Vista de la pestaña “statistics”

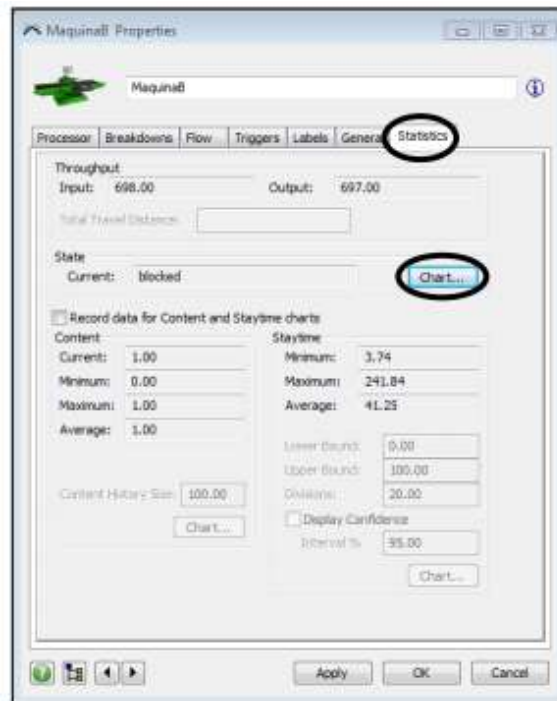
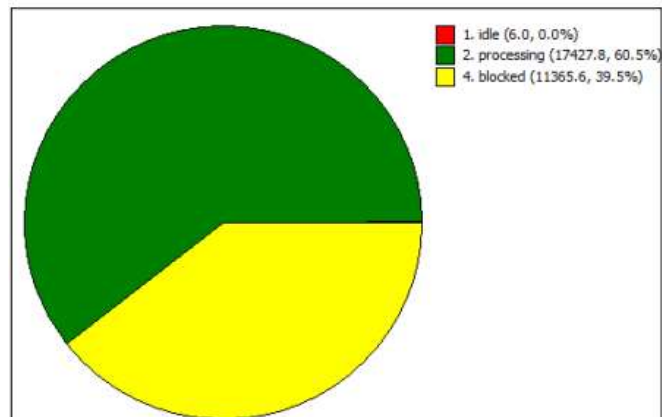
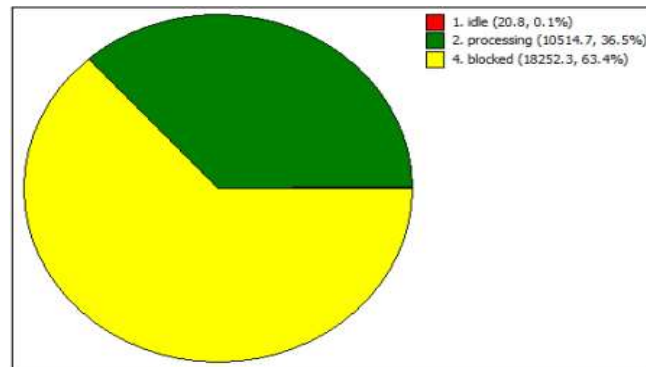


Figura 50. Estados de la máquina A



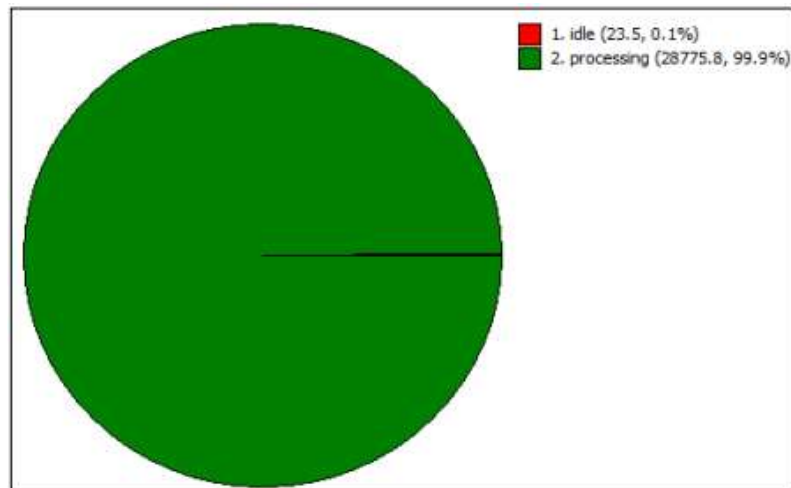
**Desocupado (idle): 0%** **Procesando (processing): 60.5%**

**Bloqueado (blocked): 39.5%**

**Figura 51.** Estados de la máquina B

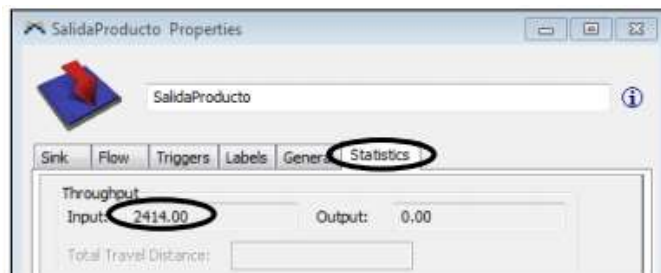
**Desocupado (idle): 0.1% Procesando (processing): 36.5%**

**Bloqueado (blocked): 63.4%**

**Figura 52.** Estados de la máquina C

**Desocupado (idle): 0.1% Procesando (processing): 99.9%**

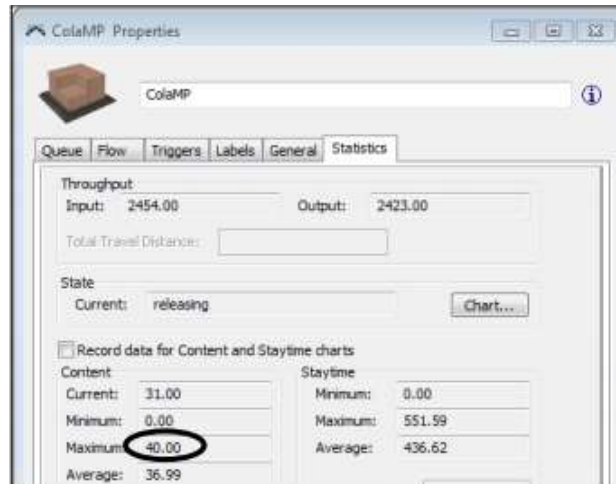
De acuerdo a los resultados anteriores, se puede decir que la operación cuello de botella es la correspondiente a la máquina c, pues el tiempo que permanece procesando es mayor a las demás (ver figura 52). 2. Cuantos productos salieron al final del día.

**Figura 53.** Vista de la pestaña “Statistics” del “Sink”

Se puede ver un total de 2414 productos que salieron del sistema después de haber transcurrido 8 horas de corrida (ver figura 53).

3. Cuál es el tamaño máximo alcanzado por el lote de materia prima.

**Figura 54.** Vista de la pestaña “Statistics” de la ColaMP



Como se puede ver, el lote está diseñado para contener un número máximo de 60 unidades de materia prima, pero durante la corrida de la Simulación, este tamaño es más que suficiente ya que solo llega a un máximo de 40 unidades (ver figura 54).

**Nota:** Para más información sobre el manejo del programa y las actividades que se pueden realizar ingresar en el los links:

- <https://docs.flexsim.com/en/19.2/Introduction/TrainingClasses/>
- <https://es.slideshare.net/rodolf22/manual-en-espaol-de-software-flexsim>

**Bibliografía**

- [1] C. Cabrera, Artist, *Propuesta de un manual de prácticas de Simulación*. [Art]. Pontificia Universidad Javeriana, 2009.
- [2] V. C. Group., Escritor, *Workshop Simulación*. [Performance]. Vatic Consulting Group. , 2012.
- [3] O. Montolivo, Artist, *Simulación de los procesos del Te Negro*. [Art]. Universidad del Bío, 2010.
- [4] Flexsim Software Products Inc., *Flexsim Users Guide*, vol. VI, Utha, 2010, p. 725.
- [5] Vatic Consulting Group, *Capacitación avanzada de Flexsim, tutorial de fluido*, Bogota, 2012, pp. 4-6.