



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN**

Tema:

**MODELO DE REDISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES BAJO UN
ENFOQUE PRODUCTIVO Y DE BIOSEGURIDAD PARA LA EMPRESA
CM ORIGINAL DE LA CIUDAD DE PELILEO**

Trabajo de Titulación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización

ÁREA: Industrial y Manufactura

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, Materiales y Producción

AUTOR: María José Porras Enríquez

TUTOR: Ing. Israel Ernesto Naranjo Chiriboga Mg.

Ambato - Ecuador

Agosto – 2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: **MODELO DE REDISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES BAJO UN ENFOQUE PRODUCTIVO Y DE BIOSEGURIDAD PARA LA EMPRESA CM ORIGINAL DE LA CIUDAD DE PELILEO**, desarrollado bajo la modalidad de Proyecto de Investigación por la señorita María José Porras Enríquez, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, agosto 2021

Ing. Israel Ernesto Naranjo Chiriboga, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente proyecto de investigación titulado: MODELO DE REDISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES BAJO UN ENFOQUE PRODUCTIVO Y DE BIOSEGURIDAD PARA LA EMPRESA CM ORIGINAL DE LA CIUDAD DE PELILEO, es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, agosto 2021



María José Porras Enríquez

C.C. 1804396560

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por la señorita María José Porras Enríquez, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado: **MODELO DE REDISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES BAJO UN ENFOQUE PRODUCTIVO Y DE BIOSEGURIDAD PARA LA EMPRESA CM ORIGINAL DE LA CIUDAD DE PELILEO**, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidenta del Tribunal.

Ambato, agosto 2021

Ing. Pilar Urrutia, Mg.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

PhD. Víctor Guachimosa
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Franklin Tigre, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, agosto 2021



María José Porrás Enríquez

C.C. 1804396560

AUTOR

DEDICATORIA

A Dios por ser la guía de mi camino y derramar sus bendiciones sobre mí para poder alcanzar todos mis propósitos.

A mis padres: Patricio y Carmita, quienes me han alentado a proponerme grandes metas y con su apoyo incondicional me han ayudado a atravesar las adversidades para llegar a ellas.

María José Porras Enríquez

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme su infinito amor y permitirme la oportunidad de formarme como profesional.

A mis padres, por ser el mejor ejemplo de trabajo, esfuerzo y disciplina, y por su sacrificio para que pueda cumplir mis metas y acompañarme en cada paso.

A mis hermanas: Belén y Sol, quienes son un pilar fundamental en mi vida y me brindan su constante apoyo. Y mi abuelita Gloria por motivarme con todo su cariño.

A Paul, quien ha sido mi aliado durante la carrera y me ha brindado su apoyo y cariño en este camino. Y mis amigos Sebastián, Luis y Erick quienes han aportado alegrías a esta etapa de mi vida

A mi tutor de tesis Ing. Israel Naranjo por asesorarme para realizar este proyecto y a todos los docentes de la FISEI que han sido parte crucial en mi formación como profesional.

María José Porras Enríquez

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN EJECUTIVO	xvii
ABSTRACT.....	1
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	3
1.1 Tema de investigación.....	3
1.2 Antecedentes investigativos	3
1.2.1 Contextualización del problema.....	4
1.2.2 Fundamentación teórica	6
1.3 Objetivos	21
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA	22
2.1 Materiales	22
2.2 Métodos	23
2.2.1 Modalidad de la investigación	23
2.2.2 Población y muestra	24
2.2.3 Recolección de información.....	24

2.2.4	Procesamiento y análisis de datos	24
2.2.5	Metodología FINK.....	25
2.2.6	Factores ponderados.....	26
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN		27
3.1	Análisis de los procesos productivos actuales de la empresa CM Original	27
3.1.1	Descripción de la empresa	27
3.1.2	Productos.....	29
3.1.3	Análisis ABC	31
3.1.4	Proceso de producción	35
3.1.5	Flujograma de proceso	42
3.1.6	Máquinas.....	44
3.2	Determinación de parámetros de bioseguridad, costos y tiempo de producción considerados en la redistribución	48
3.2.1	Cursograma analítico	48
3.2.2	Estudio de tiempos.....	53
3.2.3	Diagrama de ensamble	76
3.2.4	Diagrama de recorrido.....	82
3.2.5	Análisis de parámetros de bioseguridad.....	82
3.2.6	Selección del tipo de distribución de planta.....	83
3.2.7	Construcción del modelo de distribución de planta	86
3.3	Aporte al proyecto de investigación SUMA con los resultados obtenidos en el modelo de redistribución	95
3.3.2	Elaboración de la distribución de planta propuesta.....	107
3.3.3	Simulación de la propuesta en FlexSim.....	119
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		124
3.4	Conclusiones	124

3.5 Recomendaciones	125
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	126
ANEXOS	130
3.6 Anexo 1: Toma de muestras para estudio de tiempos	130
3.7 Anexo 2: Layout de la empresa	149
3.8 Anexo 3: Diagramas de recorrido de la situación actual.....	151
3.9 Anexo 3: Dimensiones de maquinaria.....	157
3.10 Anexo 4: Programación del modelo 1	161
3.11 Anexo 5: Solución del modelo 1	165
3.12 Anexo 6: Programación del modelo 2	167
3.13 Anexo 7: Diagramas de recorrido de la propuesta	172
3.14 Anexo 8: Simulación en FlexSim.....	178

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Número recomendado de ciclos de observación de General Electric.....	8
Tabla 2.- Calificación del desempeño Sistema Westinghouse.....	9
Tabla 3.- Holguras recomendadas.....	10
Tabla 4.- Coeficiente de evolución según la industria.	15
Tabla 5.- Simbología diagrama de recorrido.....	18
Tabla 6.- Materiales.	22
Tabla 7.- Catálogo de productos.	29
Tabla 8.- Total de ventas por modelo años 2019 y 2020.	31
Tabla 9.- Análisis ABC.....	32
Tabla 10.- Modelos seleccionado mediante análisis ABC.....	33
Tabla 11.- Lista de máquinas.	44
Tabla 12.- Resumen de procesos por pantufla.	49
Tabla 13.- Cursograma analítico del proceso de pantufla destalonada.....	50
Tabla 14.- Tiempo estándar de preparación de materia prima.....	54
Tabla 15.- Tiempo estándar de corte de capellada.....	55
Tabla 16.- Tiempo estándar de corte de tiras.	56
Tabla 17.- Tiempo estándar de corte de plantillas de tela.....	56
Tabla 18.- Tiempo estándar de corte de forros.	57
Tabla 19.- Tiempo estándar de corte láser.	58
Tabla 20.- Tiempo estándar de corte de plantilla de esponja.....	59
Tabla 21.- Tiempo estándar de corte de tacón de esponja.	60
Tabla 22.- Tiempo estándar de plantilla de espuma eva.	61
Tabla 23.- Tiempo estándar de corte de tacón espuma eva.....	61
Tabla 24.- Tiempo estándar de bordado de pantufla destalonada.	62
Tabla 25.- Tiempo estándar de bordado de pantufla sueca.....	64
Tabla 26.- Tiempo estándar de bordado de pantufla talón.....	65
Tabla 27.-Tiempo estándar de sublimado pantufla destalonada con filo.....	66
Tabla 28.- Tiempo estándar de sublimado pantufla sueca con filo.....	67
Tabla 29.- Tiempo estándar de engomado del embolsado.....	68
Tabla 30.- Tiempo estándar de engomado de costura lateral.....	69
Tabla 31.- Tiempo estándar de aparado de costura lateral.....	70

Tabla 32.- Tiempo estándar de aparado del embolsado.	71
Tabla 33.- Tiempo estándar de costura lateral.	72
Tabla 34.- Tiempo estándar de embolsado.	73
Tabla 35.- Tiempo estándar de terminado y etiquetado costura lateral.	74
Tabla 36.- Tiempo estándar de terminado y etiquetado embolsado.....	75
Tabla 37.- Tiempo estándar de empaquetado.	76
Tabla 38.- Diagrama de ensamble pantufla destalonada.....	77
Tabla 39.- Diagrama de ensamble pantufla sueca.....	78
Tabla 40.- Diagrama de ensamble pantufla talón.....	79
Tabla 41.- Diagrama de Ensamble pantufla destalonada con filo.....	80
Tabla 42.- Diagrama de ensamble pantufla sueca con filo.	81
Tabla 43.- Distancia recorrida por producto.	82
Tabla 44.- Medidas de bioseguridad.	83
Tabla 45.- Ponderación de factores para distribución de planta.	83
Tabla 46.- Calificación de tipos de distribución.	84
Tabla 47.- Selección del tipo de distribución de planta.	85
Tabla 48.- Características del modelo matemático.	86
Tabla 49.-Parámetros para el estudio.	87
Tabla 50.- Variables del estudio.....	87
Tabla 51.- Restricciones del modelo matemático.	89
Tabla 52.-Parámetros para el estudio.....	90
Tabla 53.- Variables del estudio.....	92
Tabla 54.- Restricciones del modelo matemático.	94
Tabla 55.- Ponderación de factores para selección de software.....	95
Tabla 56.- Calificación de factores para selección de software.	95
Tabla 57.- Selección del software para modelado.	96
Tabla 58.-Nomenclatura para maquinaria.....	97
Tabla 59.- Matriz máquina-producto.	97
Tabla 60.- Resultados de la asignación de máquinas.....	98
Tabla 61.- Costo de fabricación.	99
Tabla 62.- Costo de manejo de material.....	100
Tabla 63.- Tiempo en segundos por operación en las máquinas.....	100

Tabla 64.- Tiempo de ensamble por pantufla.....	101
Tabla 65.- Personal de producción.....	101
Tabla 66.- Demanda del año 2020.	102
Tabla 67.- Horas de trabajo disponibles.....	102
Tabla 68.- Distancia recorrida en metros.	103
Tabla 69.- Resultados del modelo 2 en la celda 1.....	104
Tabla 70.- Resultados del modelo 2 en la celda 2.....	105
Tabla 71.- Costo anual solución modelo 2.....	107
Tabla 72.- Actividades productivas de la empresa CM Original.....	107
Tabla 73.- Valor de proximidad.....	108
Tabla 74.- Descripción de los motivos seleccionados.	109
Tabla 75.- Número por motivo.....	109
Tabla 76.- Tabla de relaciones.	110
Tabla 77.- Pares ordenados según el valor de proximidad.	110
Tabla 78.- Simbología para diagrama relacional.	111
Tabla 79.- Líneas de proximidades.....	111
Tabla 80.- Cálculo método de Guerchet.	114
Tabla 81.- Distancia recorrida en metros.	117
Tabla 82.- Costo de manejo de material.....	117
Tabla 83.- Costo anual solución modelo 2.....	118
Tabla 84.- Comparación de distancias distribución actual y propuesta.	118
Tabla 85.- Comparación de costos situación actual y propuesta.	119
Tabla 86.- Tiempos que alimentan la simulación en FlexSim.....	120
Tabla 87.- Análisis de capacidad.....	123
Tabla 88.- Muestras proceso de preparación de materia prima.	130
Tabla 89.- Muestras proceso de corte de capellada.....	131
Tabla 90.- Muestras proceso de corte de tiras.....	132
Tabla 91.- muestras proceso de corte de plantillas de tela.....	132
Tabla 92.- Muestras proceso de corte de forros.	133
Tabla 93.- Muestras proceso de corte láser.	134
Tabla 94.- Muestras Proceso de corte de plantilla de esponja.	135
Tabla 95.- Muestras proceso de corte de plantilla de espuma eva.....	135

Tabla 96.- Muestras proceso de corte de tacón de esponja.	136
Tabla 97.- Muestras proceso de corte de tacón de espuma eva.	136
Tabla 98.- Muestras proceso de bordado pantufla destalonada.	137
Tabla 99.- Muestras proceso de bordado pantufla sueca.	138
Tabla 100.- Muestras proceso de bordado pantufla talón.	139
Tabla 101.- Muestras proceso de sublimado pantufla destalonada con filo.	140
Tabla 102.- Muestras proceso de sublimado pantufla sueca con filo.	141
Tabla 103.- Muestras proceso de engomado del embolsado.....	141
Tabla 104.- Muestras proceso de engomado de costura lateral.	142
Tabla 105.- Muestras proceso de aparado de costura lateral.	143
Tabla 106.- Muestras proceso de aparado del embolsado.....	144
Tabla 107.- Muestras proceso de costura lateral.....	146
Tabla 108.- Muestras proceso de embolsado.	146
Tabla 109.- Muestras proceso de terminado y etiquetado de costura lateral.	147
Tabla 110.- Muestras proceso de terminado y etiquetado del embolsado.	148
Tabla 111.- Muestras proceso de empaquetado.	148
Tabla 112.- Dimensiones de maquinaria.....	157

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Ejemplo Cursograma sinóptico.	6
Figura 2.- Ejemplo Cursograma analítico.	7
Figura 3.- Superficie estática de un elemento.	14
Figura 4.- Superficie gravitacional del elemento.	14
Figura 5.- Superficie evolutiva de puesto de trabajo.....	15
Figura 6.- Logo CM Original.	27
Figura 7.- Organigrama estructural de CM Original.....	28
Figura 8.- Gráfico ABC.....	33
Figura 9.- Proceso de preparación de materia prima.....	36
Figura 10.- Proceso de corte, Troqueladora 02.	36
Figura 11.- Proceso de corte, Troqueladora 01.	37
Figura 12.-Proceso de pulido.	37
Figura 13.- Zona de engomado.	38
Figura 14.-Proceso de corte láser, Cortadora Láser 02.	38
Figura 15.- Cortadora láser 01.	38
Figura 16.- Zona de bordado.....	39
Figura 17.- Proceso de bordado, sublimadora 02.....	39
Figura 18.- Sublimadora 01.....	39
Figura 19.- Zona de aparado.	40
Figura 20.- Embolsado, máquina embolsadora.....	40
Figura 21.- Costura del embolsado, máquina de coser embolsado.	41
Figura 22.- Zona de aparado.	41
Figura 23.- Zona de terminado y empaquetado.	42
Figura 24.- Bodega de producto final.	42
Figura 26.- Flujograma del proceso en la parte externa.	43
Figura 25.- Flujograma del proceso interno de la pantufla.	44
Figura 27.- Selección de la distribución de planta.	85
Figura 28.- Selección del software.....	96
Figura 29.- Diagrama relacional de actividades.....	112
Figura 30.- Superficie para maquinaria.....	113
Figura 31.- Representación de superficies.	115

Figura 32.- Vista de la simulación de la situación actual.....	121
Figura 33.- Troughput situación actual.	121
Figura 34.- Vista de la simulación de la distribución propuesta.	122
Figura 35.- Troughput situación actual.	122

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un modelo de redistribución de instalaciones, considerando factores productivos y de bioseguridad para la empresa CM Original, en donde se desarrollan dos modelos matemáticos orientados a una distribución en celdas de manufactura, hallando la familia de productos adecuada, minimizando los costos de producción y de manejo de materiales determinando el requerimiento de mano de obra y maquinaria.

El proyecto de investigación inicia con la identificación de la situación actual de la empresa en cuanto a procesos, máquinas, productos, tiempos y costos. Las siguientes etapas consisten en: determinar los productos más representativos, selección del tipo de distribución de planta, construcción de los modelos matemáticos, elaboración de la propuesta y simulación en FlexSim.

Para determinar el tipo de distribución adecuada se considera una alternativa que asegure el distanciamiento social, que responda a las características de la producción, que genera un valor de mejora y sea factible, teniendo como resultado una distribución por celdas de manufactura.

El modelo 1 considera información referente a máquinas y productos del caso de estudio y establece el uso de dos celdas donde a cada una se le asignan productos que poseen un mismo proceso de fabricación, sea este embolsado o costura lateral. La eficacia en la agrupación es del 82,5%.

El modelo 2 obtiene un costo de fabricación y de manejo de material en dos escenarios: empleando familia de productos con la distribución actual y una distribución propuesta basada en celdas de manufactura, utilizando la asignación de máquinas y productos obtenida en el modelo 1, el costo de fabricación no varía pues la cantidad a producir es la misma, sin embargo, el costo de manejo de material se reduce en un 35.10% con la distribución propuesta.

Palabras clave: Producción, modelo matemático, distribución, celdas de manufactura.

ABSTRACT

The objective of this research is to develop a model for the redistribution of facilities, considering production and biosafety factors for the company CM Original. In which two mathematical models are developed oriented to a distribution in manufacturing cells, finding the appropriate product family, minimizing production and material handling costs, and determining the labor and machinery requirements.

The research project begins with the identification of the current situation of the company in terms of processes, machines, products, times, and costs. The following stages consist of determining the most representative products, selection of the type of plant layout, construction of the mathematical models, elaboration of the proposal and simulation in FlexSim.

The appropriate distribution must ensure social distancing, respond to the characteristics of the production, generate an improvement value and be feasible, resulting in a distribution by manufacturing cells.

The construction of the mathematical model is based on the plant layout to be obtained, so Model 1 considers information regarding machines and products of the case study and establishes the use of two cells where each cell is assigned products that have the same manufacturing process, either bagging or side sewing. The efficiency in the grouping is 82.5%.

While model 2 obtains a manufacturing and material handling cost in two scenarios: using a family of products with the current distribution and a proposal based on manufacturing cells, using the allocation of machines and products obtained in model 1, the manufacturing cost does not vary because the quantity to be produced is the same, however, the material handling cost is reduced by 35.10% with the proposed distribution.

Keywords: Production, mathematical model, distribution, manufacturing cells.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación radica en la construcción de un modelo de redistribución de instalaciones considerando factores de producción y de bioseguridad, que surge de la necesidad que tienen las pequeñas y medianas empresas textiles del país de optimizar su producción para su crecimiento. Esto debido a que un crecimiento empírico y alejado de la tecnología provoca que las empresas excluyan análisis de parámetros productivos en su desarrollo. Por otro lado, la reciente pandemia por COVID-19 genera un desafío a todos los sectores comerciales e industriales para adaptar sus procesos a las medidas necesarias para enfrentar esta situación.

Mediante el desarrollo de un modelo matemático para redistribución de instalaciones que considere factores productivos, se hace frente a la problemática. El caso de estudio es la empresa CM Original, que forma parte de las industrias textiles de la provincia de Tungurahua con la fabricación de pantuflas.

En el capítulo I se describen los antecedentes investigativos que preceden la temática, así como también la contextualización de la problemática y la fundamentación teórica que respalda el trabajo de investigación.

En el capítulo II establece la metodología que se aplica para elaborar la investigación y los materiales necesarios para llevarla a cabo, como lo son los recursos de software.

En el capítulo III se encuentran los resultados que responden a los objetivos planteados, es decir, el desarrollo del modelo de distribución y la propuesta generada.

Finalmente, en el capítulo IV se tienen las conclusiones y recomendaciones que se generan en el presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

“Modelo de redistribución de instalaciones bajo un enfoque productivo y de bioseguridad para la empresa CM ORIGINAL de la ciudad de Pelileo”

1.2 Antecedentes investigativos

Cuando se da la revolución industrial en el mundo surgen varias necesidades para las empresas manufactureras, entre ellas la de diseñar espacios óptimos y cómodos para realizar las operaciones productivas y por ende diseñar las instalaciones apropiadas para cada actividad [1].

La planificación de la distribución de planta es una fuerte herramienta que las empresas pueden emplear para mejorar un proceso en términos de productividad y eficacia, varios estudios y propuestas realizadas en la provincia de Tungurahua han brindado resultados positivos y asimismo diversas situaciones a considerar para nuevos estudios.

La identificación de los procesos dentro de diagramas específicos para la tarea resulta una parte esencial para la construcción de un modelo simulado. Por otra parte, gracias a la implementación de una distribución nueva es posible reducir los costos de transporte y tiempo de producción estándar, como lo describe el trabajo de investigación denominado Distribución de Planta en la Empresa Carrocerías Pérez [2].

Asimismo, en el trabajo de investigación denominado Distribución de instalaciones para la nueva planta de producción de la empresa de Calzado CASS, se puede concluir que las empresas no hacen un uso óptimo de sus espacios físicos e incluso existe desperdicio de espacio cuando la empresa decide conservar máquinas y material en desuso. De igual manera se corrobora que una distribución de planta planificada puede lograr reducir los tiempos de producción [3].

La producción textil en pequeñas empresas presenta problemas comunes tales como deficiencia en la operación y producción, escaso uso tecnológico o uso tecnológico desactualizado, costos elevados de producción, sistemas informáticos ineficaces,

gestión inadecuada del tiempo, entre otros. Para solventar la problemática mencionada las herramientas de manufactura esbelta presentan varias opciones, como es el caso de la manufactura celular basada en un sistema productivo donde las estaciones de trabajo se organizan permitiendo un flujo de materiales y componentes regular, así como también la minimización de transportes y retrasos [4].

La industria textil de Ecuador tiene el 68% de producción de forma artesanal a pesar de ser una de las principales industrias. La aplicación de la tecnología y softwares para analizar sus procesos permitiría un desarrollo de este sector y una mejora en la visión de los productos textiles ecuatorianos a nivel nacional e incluso internacional [5].

1.2.1 Contextualización del problema

En mercados internacionales la industria textil se caracteriza por tener volúmenes grandes de producción y una débil competitividad, es en las PYMES donde se evidencia esto último dado a que escasean las estrategias de integración vertical. El sector textil presenta una problemática estructural y de aparto tecnológico, consecuentemente se tiene una necesidad de mejorar la productividad, calidad y los procesos de producción [6].

En América Latina surgen mercados con potencial de crecimiento en el sector textil, como Perú que es el mayor exportador en Sudamérica de prendas de vestir y Brasil con su crecimiento en fibras naturales y artificiales. El pronóstico en Latinoamérica, a pesar de la pandemia por COVID-19, estima que el gasto en ropa y calzado crezca un 7.2% en 2021 [7].

En Ecuador la industria textil está conformada por tres actividades principales que son la manufactura, el comercio y servicios. Existen 11006 establecimientos que están dentro del sector de manufactura, de estos el 74,2% pertenece a la fabricación de prendas de vestimenta, mientras que la confección textil que no corresponde a prendas de vestir equivale al 8,2%; otro 8,2% corresponde a la fabricación de calzado, y el 9,5% restante a otras actividades de manufactura [8].

Dentro el sector manufacturero del país, las provincias que poseen una mayor participación en sector textil son Pichincha, Guayas, Tungurahua, Azuay e Imbabura en los siguientes porcentajes respectivos: 27%, 17%, 8,1%, 7,5% y 4,5 %; sumando

un total de más de 4700 establecimientos textiles [8], siendo Tungurahua la tercera provincia con mayor número de establecimientos en el campo. La industria textil es la segunda a nivel nacional en generar empleo directo e indirecto. Sin embargo, las empresas se enfrentan al desafío de satisfacer al mercado para obtener mayor participación, siendo un obstáculo y un reto el incremento del nivel de su productividad [9].

La industria textil del Ecuador esta diversificada de manera que se elaboran varios tipos de productos textiles, como ciertos tipos de calzado. Dentro de esta producción, son las actividades de hilado y tejido las que más destacan; sin embargo, productos con otras formas de producción y propósito van en aumento [10]. En el caso de la empresa CM Original, su actividad textil se enfoca en la elaboración de calzado para el hogar.

La provincia de Tungurahua posee un registro de más de 397 talleres en donde se elaboran textiles y tejidos, siendo esto un 5,15% de producción textil a nivel nacional y los cantones en donde se concentra mayormente son Ambato, Mocha, Pelileo y Quero. Siendo la producción de Pelileo conocida a nivel nacional y destacada por una buena calidad y precio al consumidor [11].

Sin embargo, Pelileo presenta varias problemáticas en el ámbito de la industria textil como el alto costo de materia prima y mano de obra, limitada tecnología, la competencia generada por empresas extranjeras, el contrabando de productos textiles y un elevado valor de impuestos para el productor. Siendo estas causas para que se limite la expansión de nuevos mercados y mejore la rentabilidad de la industria textil en el cantón [11].

La Empresa CM Original, dedica sus actividades a la elaboración de pantuflas siendo un emprendimiento ha crecido en los últimos años, así como sus actividades productivas, sin embargo, se desarrolló sin una visión estratégica. Actualmente la empresa posee una distribución de planta que ha sido resultado de la adaptación a medida que la producción y la demanda incrementaban, es decir, una distribución sin una planificación adecuada, lo que conlleva a deficiencias en el uso de espacio,

acumulación de material en proceso, distancias largas entre puestos de trabajo, dificultad de operación por parte de la mano de obra, entre otros problemas.

1.2.2 Fundamentación teórica

Cursograma sinóptico

Es el más básico de los cursogramas, en el cual se observa de forma general las principales operaciones e inspecciones, por lo tanto, no es una herramienta de análisis a fondo. Con este diagrama de procesos no se identifica quien ejecuta dicha operación ni en qué lugar, únicamente es usado para ver las actividades con las que se cuenta [12].

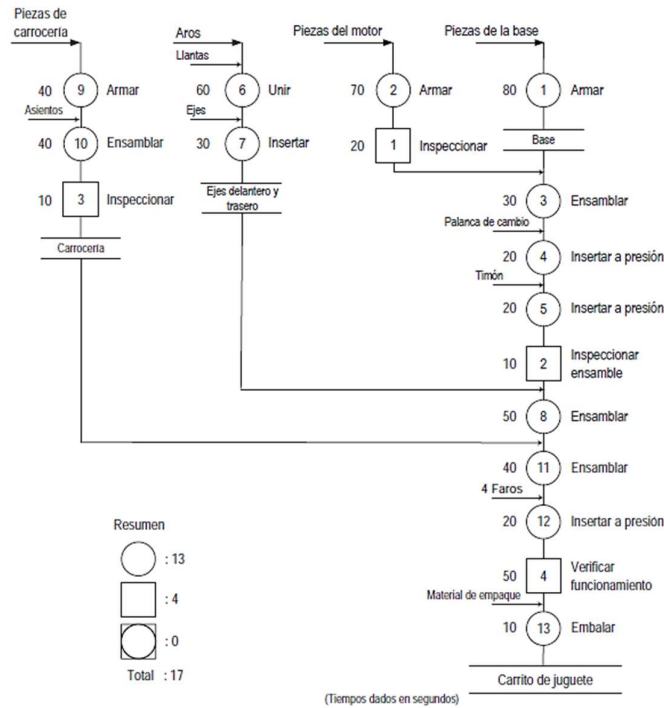


Figura 1.- Ejemplo Cursograma sinóptico [13].

Cursograma analítico

Con el cursograma o diagrama analítico se evidencia el curso de una persona, material o equipo, más a fondo se utiliza el cursograma analítico. Un cursograma analítico se puede basar en tres opciones:

- Cursograma de operario: actividades que registra todo lo que lleva a cabo el trabajador

- Cursograma de material: actividades que se le hacen al material.
- Cursograma de equipo: todo el trabajo que se realiza desde el equipo [12].

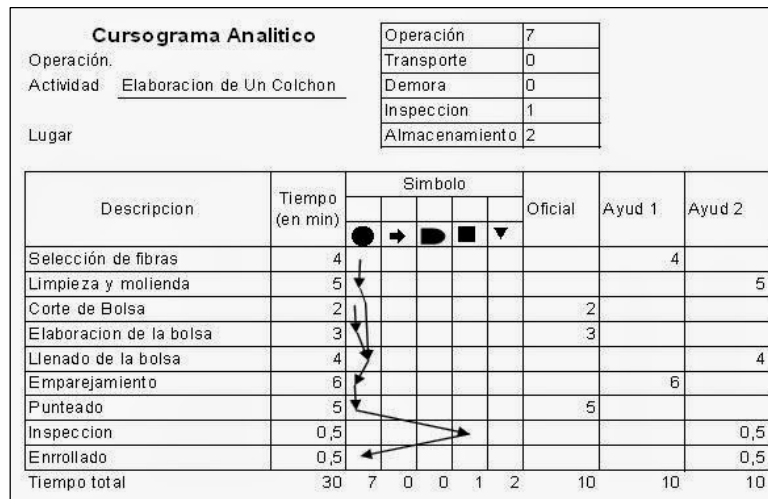


Figura 2.- Ejemplo Cursograma analítico [12].

Análisis ABC

Se trata de una herramienta que permite clasificar el inventario, este análisis fue es atribuido al gerente de General Electric y está basado en el Principio de Pareto, esto quiere decir que el 80% de los resultados se producen por el 20% de las causas. El enfoque del Análisis ABC, como su nombre lo menciona, está orientado a categorizar los artículos dentro de tres grupos denominados A, B, C de forma descendente, utilizando un criterio que puede ser el valor anual invertido en estos. Sin embargo, existen varios criterios para clasificación dependiendo de las necesidades del estudio [14].

Estudio de Tiempos

La herramienta denominada estudio de tiempos permite la medición del trabajo y sus respectivos procesos, con la finalidad de determinar el tiempo estándar de una tarea definida incluyendo una valoración del ritmo de trabajo y las condiciones en las que se efectúa [15].

División de la operación

Para iniciar con la medición de debe dividir la operación en elementos, de forma que se facilite esta tarea. Cada operación estará compuesta por sus elementos individuales,

los cuales son partes delimitadas de la misma. Los elementos deben registrarse siguiendo la secuencia del proceso y es importante definir un punto de terminación que permita delimitar los elementos a partir de una acción distintiva.

Cronometraje

En el cronometraje se puede utilizar el método de tiempos continuos o de regreso a cero. Cuando se realizan las lecturas utilizando el método de tiempos continuos, el investigador registra el tiempo de terminación de cada elemento mientras el cronometro sigue trabajando y, por ende, el tiempo en el mismo sigue corriendo.

Por otro lado, al usar la técnica el regreso a cero, el investigador registra el punto de terminación de cada elemento y al hacer esto también pone en reinicia el conteo en el cronometro para que el siguiente elemento cuente su tiempo desde cero.

Ciclos del estudio

Existen varias maneras para determinar el número de ciclos que deben ser observados en el estudio, una de las más comunes es la propuesta por General Electric, en donde se establece una tabla guía a partir del tiempo de ciclo conocido del proceso, esto se muestra en la Tabla 1 [16].

Tabla 1.- Número recomendado de ciclos de observación de General Electric [16].

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

Calificación

Dentro del estudio de tiempos uno de los factores más importantes a considerar es el desempeño del trabajador y su calificación. El desempeño estándar sería el que logra un operario experto, con las condiciones ideales y a un ritmo de trabajo que no sea

muy lento o rápido; sin embargo, el desempeño que se observa pocas veces coincide con el estándar. Es por esto que debe ajustarse mediante una calificación para que el tiempo observado se considere tiempo normal.

El Sistema Westinghouse es un conocido método para la calificación, el cual evalúa el desempeño del operario considerando los factores: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. La habilidad se deriva de la experiencia y aptitudes del operario, por lo cual puede aumentar con el tiempo; el esfuerzo hace referencia a la velocidad con la que se emplea la habilidad; las condiciones son aquellas en el entorno que pueden afectar al trabajador; y la consistencia se trata de la repetición constante de los tiempos que se observan [16]. En la Tabla 2 se muestran los valores de calificación del Sistema Westinghouse para obtener el factor de desempeño.

Tabla 2.- Calificación del desempeño Sistema Westinghouse [16].

Habilidades			Esfuerzo		
+0.15	A1	Superior	+0.13	A1	Excesivo
+0.13	A2	Superior	+0.12	A2	Excesivo
+0.11	B1	Excelente	+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente	+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena	+0.05	C1	Bueno
+0.03	C2	Buena	+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio	0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable	-0.04	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable	-0.08	E2	Aceptable
-0.16	F1	Mala	-0.12	F1	Malo
-0.22	F2	Mala	-0.17	F2	Malo
Condiciones			Consistencia		
+0.06	A	Ideal	+0.04	A	Perfecta
+0.04	B	Excelente	+0.03	B	Excelente
+0.02	C	Bueno	+0.01	C	Bueno
0.00	D	Promedio	0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable	-0.02	E	Aceptable
-0.07	F	Malo	-0.04	F	Malo

Suplementos

El tiempo normal, a pesar de considerar el desempeño del trabajador, no incluye aquellas demoras que son inevitables y que muchas veces son difíciles de observar. Por esta razón se realizan unos ajustes que compensen las pérdidas, utilizando una valoración de las holguras, también denominadas suplementos para poder llegar al tiempo estándar de la operación. Los suplementos son constantes y variables.

Los suplementos constantes hacen referencia a las necesidades personales de los trabajadores, como por ejemplo tomar agua o ir al sanitario; y también a la fatiga, teniendo en cuenta la energía que consume el operario para cumplir sus tareas. Por otra parte existen diversos factores que se consideran dentro de los suplementos variables, como postura, iluminación, atención, tedio, etc [16]. En la Tabla 3 se muestran los valores de suplementos constantes y variables recomendados por ILO.

Tabla 3.- Holguras recomendadas [16].

Holguras constantes	
Holgura personal	5
Holgura por fatiga básica	4
Holguras variables	
Holgura por estar parado	2
Holgura por posición anormal	
Un poco incómoda	0
Incómoda (flexionado)	2
Muy incómoda (acostado, estirado)	7
Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar)	
Peso levantado:	
5 lb	0
10 lb	1
15 lb	2
20 lb	3
25 lb	4
Mala iluminación	
Un poco abajo de lo recomendado	0
Bastante abajo de lo recomendado	2
Muy inadecuada	5
Condiciones atmosféricas (calor y humedad): variable	0-100
Atención cercana	
Trabajo bastante fino	0
Trabajo fino o exacto	2

Trabajo muy fino o exacto	5
Nivel de ruido	
Continuo	0
Intermitente: fuerte	2
Intermitente: muy fuerte	5
De tono alto: fuerte	5
Esfuerzo mental	
Proceso bastante complejo	1
Espacio de atención compleja o amplia	4
Muy complejo	8
Monotonía	
Baja	0
Media	1
Alta	4
Tedio	
Algo tedioso	0
Tedioso	2
Muy tedioso	5

Tiempo normal

Este es el tiempo que se calcula en base al tiempo observado de una operación, ajustando el desempeño del trabajador analizado a un desempeño estándar [17]. Para su cálculo se tiene:

$$TN = TO * FD \quad (1)$$

Donde:

TN= Tiempo normal

TO= Tiempo observado promedio

FD= Factor de desempeño

Tiempo estándar

Este tiempo es el que se requiere para realizar una operación considerando que se tiene un trabajador capacitado y calificado que trabaja con un esfuerzo promedio a un ritmo estándar [15]. Para su cálculo se tiene:

$$TE = TN + TN * Holgura \quad (2)$$

Donde:

TE= Tiempo estándar

TN= Tiempo normal

Holgura= valor total de suplementos

Distribución de Planta

La distribución de planta es una técnica que pretende organizar de manera óptima y adecuada los espacios y las instalaciones de una empresa con el objetivo de que los procesos sean efectivos y eficientes. Dentro de esto se incluye el ordenamiento de máquinas, materiales, equipos, herramientas, mano de obras y todo aquel elemento que sea requerido para el proceso productivo de la empresa [18].

Se refiere a la orientación física de los objetos que conforman el proceso de una empresa, siendo materiales, máquinas y otros elementos. La planificación de una distribución de planta incluye la toma de decisiones sobre la disposición física, con el objetivo de permitir un trabajo más eficaz tanto para los empleados como para el flujo del material [19].

Los beneficios que proporciona la distribución de planta son muchos, como la reducción de desplazamientos no esenciales, mejoramiento del trabajo por parte de operarios e incluso la reducción de riesgos para los mismos.

Principios de Distribución de Planta

- Integración de conjunto
Se trata de una relación adecuada que integra personas, materiales, máquinas, tareas y demás factores que permitan llevar a cabo el proceso productivo.
- Mínima distancia recorrida
Se orienta a que la distancia a recorrer entre puestos de trabajo u operaciones sea lo más corta posible.
- Flujo de material
Cada operación o proceso debe encontrarse en el orden secuencial de transformación de los elementos.

- Espacio cúbico
Se debe utilizar de manera efectiva el espacio disponible, teniendo en cuenta espacio vertical y horizontal.
- Satisfacción y seguridad
Los empleados en los sitios de trabajo se deben sentir bien y con seguridad.
- Flexibilidad
Se trata de que una distribución pueda reordenarse o modificarse cuando sea el caso, con bajos costos e inconvenientes [18].

Tipos de distribución de planta

Se mencionan varios tipos de distribución de planta, de los cuales pueden derivarse métodos mixtos. Estos se adaptan a las condiciones productivas que presente la empresa.

- Por Posición Fija
Se trata de realizar una distribución en donde el material o componente a fabricar permanece en un sitio fija, a donde asisten las herramientas, máquinas y personas para ejecutar el producto.
- Distribución por producto
Esta distribución se agrupan productos o tipos de productos similares en una misma área, cada operación se encuentra junto a la que secuencialmente sigue, esto quiere decir que las máquinas usadas para realizar el producto están ordenadas en función de la continuidad del proceso.
- Distribución por proceso
En este tipo de distribución se agrupan todas las operaciones que pertenezcan al mismo proceso, por ejemplo, todo taladro se encuentra en una misma área, y de igual manera las operaciones similares [20].
- Células de trabajo
Esta distribución surge a partir de la combinación de los dos tipos mencionados previamente. Aquí se pretende fabricar productos con características similares y se asignan materiales, máquinas y personal para realizar el proceso asignado. Dentro de las celdas de manufactura el personal cumple con varia tareas, se optimiza el tiempo de trabajo y se desperdicia menos material [18].

Método de Guerchet

Este es un método para determinar los espacios físicos que se necesitan en una planta, a partir del cálculo de las áreas internas de máquinas y equipos. Consiste en la suma de tres superficies totales que son: superficie estática, superficie de gravitación y superficie de evolución [21].

Superficie estática (S_s)

Es la superficie de a las máquinas y equipos, para su análisis se consideran todos los elementos requeridos para su funcionamiento como bandejas, palancas, pedales, etc. Se debe tomar el valor extremo del largo y del ancho de manera que todos los elementos estén representados como cuadriláteros [13].

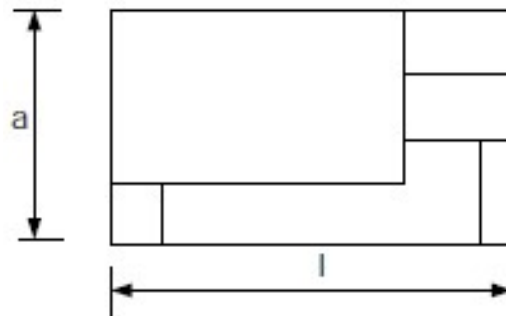


Figura 3.- Superficie estática de un elemento [13].

Superficie Gravitacional (S_g)

Es el área que usa el trabajador y el material que forma parte del proceso en el puesto de trabajo [13].

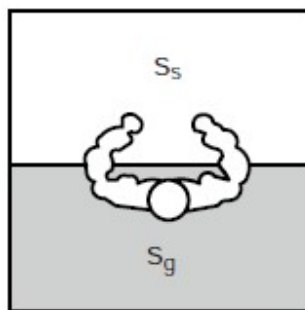


Figura 4.- Superficie gravitacional del elemento [13].

Para su cálculo se deben definir los lados por los que la máquina o equipo puede utilizarse (N) [13], se tiene:

$$Sg = Ss + N \quad (3)$$

Donde:

Sg= Superficie gravitación

Ss= Superficie estática

N= Número de lados

Superficie de evolución (Se)

Esta es el área que se debe mantener entre los puestos de trabajo para procurar los desplazamientos de material, equipos y personal [13].

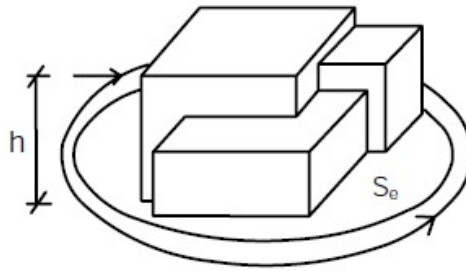


Figura 5.- Superficie evolutiva de puesto de trabajo [13].

Para su cálculo se tiene en cuenta un factor k, llamado coeficiente de evolución. Este coeficiente representa la relación entre las alturas de los elementos y puede ser calculado o determinado mediante la Tabla 4 que determina valores según el tipo de industria del análisis [13].

Tabla 4.- Coeficiente de evolución según la industria [13].

Gran industria, alimentación, evacuación mediante grúa puente	0,05-0,15
Trabajo en cadena con transportador mecánico	0,10-0,25
Textil-hilado	0,05-0,25
Textil-tejido	0,50-1
Relojería, joyería	0,75 -1
Pequeña mecánica	1,50-2
Industria mecánica	2-3

Métodos de distribución de planta

– Método SLP

La metodología SLP para distribución de planta fue creada por Richard Muther con el fin de aplicarse a cualquier uso, sin embargo; en el área industrial este método ha sobresalido dado que permite la identificación, valoración y visualización de los elementos que están involucrados y sus relaciones. Los siguientes pasos son los que conforman el método SLP: definición, análisis, síntesis, evaluación, selección e implantación y seguimiento [22].

– Análisis Carga-Distancia

Este método implica el análisis de las localizaciones potenciales mediante una comparación entre las mismas, utilizando factores cuantitativos. Esta comparación se realiza en términos de la proximidad con el propósito de elegir la localización que minimice la totalidad de cargas ponderadas que ingresan y salen de la instalación, por consecuente se puede hacer un cálculo aproximado de distancias tomando en cuenta una medición con distancia euclidiana o rectilínea, en dependencia de lo que la empresa cree conveniente.

La distancia euclidiana se toma en línea recta, es decir, la distancia más corta entre dos puntos, mientras que la rectilínea mide esta distancia entre dos puntos haciendo una serie de giros de 90° hasta llegar al destino. Por otro lado, la carga varía en dependencia de la empresa, esta puede ser un embarque que viene de proveedores hacia plantas y/o clientes [23].

– Método de balanceo de líneas

La línea de ensamble es un sistema de ensamble secuencial y progresivo que esté ligado a algún equipo que maneja los materiales, es por esto el balanceo de estas líneas es un método para la distribución de plantas basado en esto. Este método consiste en asignar las tareas a las estaciones de trabajo con el criterio de que cada estación no reciba más de lo que su tiempo de ciclo puede hacer y que a su vez el tiempo inactivo sea el mínimo. Adicionalmente, se debe tener en cuenta la relación de precedencia, que indica la secuencia en que las tareas deben ser realizadas para generar el producto [24].

– **Formación de celdas de manufactura**

Para diseñar una celda de manufactura es necesario conocer el número de recursos necesarios para cada una y su tipo con el fin de cumplir con lo que se requiere. Consecuentemente, existen varios métodos que permiten llevar a cabo la tarea de conformación de células y se pueden clasificar en dos grupos, los cuales orientan la producción al diseño o al flujo.

Cuando la producción se orienta al diseño se busca agrupar basándose en atributos del producto que se va a hacer como la clasificación visual o por codificación, mientras que por flujo se tienen métodos matemáticos por agrupamiento, programación matemática o algoritmos aproximados [25].







Factores de bioseguridad

La bioseguridad hace referencia a las normas o protocolos que se aplican con el fin de evitar un riesgo hacia la salud y/o el medioambiente debido a diversos factores. A partir de la emergencia sanitaria generada por el COVID-19 a nivel mundial, las empresas de todo ámbito han tenido que adoptar sus procedimientos y procesos productivos con el fin de la prevención de contagios, es por esto que la Organización Mundial de la Salud, menciona que en todo lugar de trabajo y todas las personas en el mismo deben mantener una distancia mínima de un metro, lo cual es primordial para evitar contagios y propagación del virus [26]. Por otro lado, el Protocolo de Seguridad y Salud en el Trabajo proporcionado por el Ministerio de Trabajo y el Ministerio de Salud Pública recomienda mantener una distancia interpersonal de 2 metros, por lo que es necesario que las empresas del país adapten esta medida de bioseguridad a sus procedimientos [27].

Diagramas de recorrido

Es un diagrama a escala en donde se representan las áreas de la zona de producción, las actividades del proceso y el trayecto que siguen los materiales, trabajadores y equipos involucrados en el proceso productivo [28]. Para su desarrollo se tiene en cuenta la simbología detallada a continuación en la Tabla 5.

Tabla 5.- Simbología diagrama de recorrido [28].

Símbolo	Nombre	Descripción
	Operación	Indica las actividades productivas que agregan valor al proceso.
	Inspección	Indica las actividades de control de calidad, no agrega valor al proceso.
	Transporte	Indica el movimiento de los materiales de una estación a otra.
	Espera	Indica demora entre dos procesos.
	Almacenamiento	Indica el almacenamiento de material en algún área de bodega.
	Combinada	Indica actividades simultáneas.

Gráfica de relaciones

También llamada tabla de relaciones consiste en la elaboración de una semi matriz que permita registrar todas las actividades del proceso y registrar la relación entre cada una de estas. Su objetivo es determinar qué actividades necesitan estar más cerca de otras, al igual que determinar qué actividades no deberían juntarse; mientras que se evalúan todas las relaciones posibles [28].

Para calificar las relaciones se tiene en consideración algunos motivos comunes como: el flujo de materiales, el grado de comunicación o contacto entre el personal, uso del mismo equipo o espacio físico, uso del mismo personal, riesgos o distracciones, entre otros [13].

Diagrama de relaciones

Consiste en un dibujo derivado de la gráfica de relaciones. Consiste en representar cada una de las actividades únicamente con símbolos y relacionarlas entre sí mediante líneas. Para esto hay que tomar en cuenta las representaciones de las actividades que son: un círculo para los procesos, un cuadrado para las inspecciones y un triángulo

para las bodegas [28]. De igual forma las líneas de unión determinan la importancia de la relación de las actividades de acuerdo con: un color, definido de forma independiente del autor; el número de líneas, que puede ir desde una para una relación normal hasta cuatro para una relación sumamente importante; y la forma, que será recta para relaciones positivas y quebrada para negativas [13].

Modelo matemático

Hace referencia a un esquema teórico de un sistema de naturaleza compleja desarrollado para hacer más fácil su comprensión y el estudio de este [29].

La optimización es una herramienta que permite resolver problemas de asignación de recursos a un proceso, mediante el modelado matemático es posible designar máquinas, productos, materiales, mano de obras y demás factores que intervienen en la producción de manera que se genera un resultado mejorado [29]. Un modelo matemático enfocado en la optimización de un sistema está compuesto generalmente por tres elementos:

- Función objetivo: es la medida cuantitativa que representa el funcionamiento del sistema en estudio que se desea optimizar.
- Variables: constituyen las decisiones que se deben considerar para afectar el valor de la función objetiva.
- Restricciones: representan las relaciones y valores a los cuales las variables se ven obligadas a satisfacer [29].

Modelo matemático para distribución de planta

Este tipo de modelado se encamina al ámbito productivo, con el objetivo de encontrar la distribución óptima de planta teniendo determinadas estaciones de trabajo en el caso de estudio. Para esto se construye una función objetivo orientada a minimizar el costo esperado de traslado entre los puestos de trabajo [30].

Asimismo, dentro de este enfoque para modelado matemático se puede considerar una distribución de planta específica a analizar. Por ejemplo, si se desea estudiar una distribución en celdas de manufactura, el objetivo del modelo sería asignar los recursos correspondientes a las celdas de manufactura o determinar la distribución en celdas favorable en términos de eficacia. Es decir, el enfoque productivo que se desee dar

depende del objetivo de quien construye el modelo matemático, y es adaptable a problemáticas de distribución de planta [31].

Software para modelos de programación

LINGO

Esta herramienta se denomina así por sus siglas en inglés Linear Generalize Optimizer, su función es la formulación y resolución de problemas matemáticos lineales y no lineales, así como el análisis de su solución. Mediante este software es posible la optimización para hallar el mejor resultado, teniendo en cuenta los recursos. La característica más importante que tiene LINGO es su uso con el lenguaje de modelo matemático [32].

LINDO

Este software se denomina por sus siglas en inglés Linear Interactive Discrete Optimizer. Esta herramienta es muy básica y tiene la función de optimizar problemas de programación cuadrática o lineal. Debido a que es un software sencillo se utiliza mayormente en el ámbito educativo, teniendo en cuenta que tiene una interfaz primitiva y no es un software amigable con el usuario [32].

SOLVER

Se trata de una herramienta complemento del software Microsoft Excel, que tiene como finalidad el asistir al usuario con problemas de optimización. Solver permite la resolución de problemas no lineales utilizando métodos numéricos, que si bien cumple con su objetivo, al ser únicamente una herramienta dentro de un software no presenta una complejidad en sus características como un software que se dedica únicamente a esto [33].

Software FlexSim

Es un software que tiene como objeto simular eventos discretos, mediante este es posible realizar un modelado, análisis, visualización y optimización de procesos industriales, pudiendo ser procesos de manufactura e incluso cadenas de suministro. Este software hace posible la construcción de escenas de un escenario real en un entorno 3D para simular procesos. FlexSim es usado por empresas líderes con diversos fines, como la simulación de procesos que aún no existen antes de llevarlos a la

realidad y de esta manera conocer su comportamiento, productividad y más factores [34].

1.3 Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un modelo de redistribución de instalaciones, considerando factores productivos y de bioseguridad para la empresa CM Original.

Objetivos específicos


- Analizar los procesos productivos actuales de la empresa CM Original.
- Determinar parámetros de bioseguridad, costos y tiempo de producción a ser considerados en la propuesta de redistribución.
- Aportar al proyecto de investigación SUMA con los resultados obtenidos en el modelo de redistribución.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1 Materiales

En la Tabla 6, se detallan los elementos tanto físicos como de software que son necesarios para realizar el presente proyecto.

Tabla 6.- Materiales.

Material	Figura	Descripción
Teléfono móvil		Se utiliza un teléfono móvil con las herramientas necesarias para obtener registro fotográfico y videográfico de los procesos y actividades que se realizan en la empresa.
Microsoft Word		Software que permite la redacción del proyecto de titulación.
Microsoft Excel		Se utilizan las hojas de cálculo para registrar datos que alimentan el modelo matemático de distribución de planta.
Microsoft Visio		Proporciona herramientas para la construcción de esquemas.
Software FlexSim		Software de simulación de planta mediante el cual se programa la distribución de planta a proponer.
Software modelamiento		Este tipo de software permite programar modelados matemáticos para resolución de problemas.

2.2 Métodos

Para la consecución de los objetivos de esta investigación, existe la factibilidad de acceder a las instalaciones de la empresa y a la información interna que manejan sobre cada uno de los parámetros de la empresa. Además, existe la apertura para el levantamiento de información por parte de la investigadora mediante la interacción con el personal, el proceso productivo y la manipulación de la documentación existente. Así mismo, se cuenta con un vasto material bibliográfico que permite sustentar la investigación presente y con información conjunta que ha sido levantada y procesada por parte de quienes conforman el proyecto “SUMA”.

2.2.1 Modalidad de la investigación

La metodología en la que está basada el presente proyecto de investigación hace referencia a una investigación aplicada, pues su propósito es aportar con la generación de conocimiento en la temática abordada y, sobre todo, plantear una propuesta viable de distribución de planta que mejore los factores productivos y la bioseguridad de la empresa. Para esto, el presente proyecto sustentará su desarrollo en las siguientes modalidades de investigación:

Investigación de campo

Se realiza la recolección de datos mediante la observación de toda la actividad productiva de la empresa, así como también la interacción con trabajadores y personal administrativo en busca de información objetiva y subjetiva del proceso; además de la aplicación de herramientas de identificación del proceso como lo son cursogramas y diagramas. También se utiliza la entrevista hacia los operadores y supervisores del proceso, con el fin de conocer información como tiempos, flujo de material, procedimientos, etc.

Nivel de estudio Descriptivo

Este método implica la observación sistemática del proceso de producción y la categorización de los aspectos importantes que rigen la calidad de los procesos y productos.

Investigación Bibliográfica y Documental

Tiene como finalidad la explicación detallada de las metodologías y herramientas utilizadas. Este método se vincula con el descriptivo debido a que busca definir los aspectos relevantes de la investigación, como el método de distribución de planta.

Enfoque Cualitativo-Cuantitativo

Conjuntamente, el estudio se lo establece como un análisis cuali-cuantitativo debido a que se recogen datos cuantitativos del proceso como tiempos y flujo de material para realizar la programación del software de simulación. Y a su vez, se recolectan las características cualitativas del proceso para modificar el escenario de la programación con el fin de que sea semejante a la realidad.

2.2.2 Población y muestra

Si bien es cierto, la investigación está dirigida netamente al área de producción; sin embargo, para el levantamiento de información, es importante considerar a todos los trabajadores de la empresa, pues todos pueden aportar significativamente a la recolección y validación de datos necesarios para el desarrollo del proyecto.

“CM Original” cuenta con pocos trabajadores, 38 en total, por lo que es factible abarcar al 100% de los trabajadores dentro de la población de estudio.

2.2.3 Recolección de información

Para determinar la información necesaria para la realización del proyecto de investigación, se utilizan herramientas de recolección de datos. Entre estas, se tiene en cuenta el uso de hojas de observación, en donde se registran datos relevantes del proceso mediante la observación, y como un aliado se usa la fotografía de aspectos relevantes que evidencien lo señalado en las mismas. Por otro lado, se tienen en cuenta los registros de información que la empresa proporciona.

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

La información recolectada es procesada y analizada en base a sus características cualitativas o cuantitativas. Para esto último es necesario el uso de herramientas estadísticas y de tabulación con el fin de determinar datos óptimos para ser aplicados en el proyecto de investigación. De igual manera el uso de software que permita esta tarea es fundamental al momento de examinar la información del proceso.

2.2.5 Metodología FINK

Utilizada para encaminar la investigación bibliográfica de la investigación tomando en cuenta su enfoque y los objetivos que debe cumplir. Su desarrollo se lo obtiene mediante la aplicación de 7 pasos: selección de las preguntas de investigación, selección de las bases de datos, definición de los términos de búsqueda, aplicación de criterios prácticos, aplicación de criterios de selección, revisión y análisis de resultados.

Como resultados de la aplicación de esta metodología se tiene que la investigación bibliográfica que sustenta la investigación debe responder a las siguientes preguntas:

- ¿Qué parámetros se consideran para la optimización de la distribución de planta en modelos matemáticos?
- ¿Qué modelos matemáticos se han propuesto para el desarrollo de celdas de manufactura?

Además, se definió que las bases de datos bibliográficos utilizadas serán: SpringerLink, Taylor and Francis Online, ScienceDirect, Scopus y repositorios de tesis; bases en la cuales las se utilizará una cadena de búsqueda relacionada a: modelos matemáticos para celdas de manufactura.

Para la selección de los documentos se tiene en cuenta que: su fecha de publicación sea a partir del año 2015, esté escrito en el idioma inglés o español, esté catalogado como artículo científico o tesis de pregrado y posgrado, y finalmente que pertenezca a las áreas de conocimiento relacionadas a la ingeniería, la industria, la manufactura, la optimización, la bioseguridad y afines. De los documentos filtrados mediante los criterios mencionados, también se excluirán aquellos que, después de la lectura de sus títulos y resúmenes, no posean un enfoque relacionado al del presente tema de investigación.

Por último, se da lectura todos los documentos seleccionados y se los analizará mediante un criterio de contenido, el mismo que se basa en la selección y extracción de información afín y relevante a la investigación.

2.2.6 Factores ponderados

Utilizada para el análisis y selección de la mejor opción, entre varias existentes, mediante una evaluación ponderada individual respecto con factores cualitativos relevantes determinados por el investigador. Para el presente trabajo investigativo se lo aplicó para la selección del mejor tipo de distribución de planta y para la selección del mejor software para el desarrollo del modelo matemático propuesto.

Para su desarrollo se tomó en cuenta seis pasos esquematizados que consisten en: definir los factores cualitativos, asignar pesos ponderados a cada uno de estos, elegir una escala de evaluación, definir a los evaluadores, calcular las puntuaciones globales y seleccionar las mejores alternativas [35]. A continuación, se describe la fórmula que se utiliza en el cálculo de estas puntuaciones:

$$S_j = \sum_{i=1}^m W_i * F_{ij} \quad (4)$$

Donde:

S_j = Puntuación global de cada alternativa j.

W_i = Peso ponderado de cada factor i.

F_{ij} = Puntuación de cada alternativa j para cada factor i [35].

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis de los procesos productivos actuales de la empresa CM Original

3.1.1 Descripción de la empresa

CM Original se dedica a la elaboración de calzado para hogar, contando con diferentes tipos de pantuflas para damas, caballeros, niños y bebés. La empresa se encuentra ubicada en la parroquia de Benítez en el cantón Pelileo y es creada en la década de 1970 con el nombre inicial de Calzado Marcelito, siendo para ese entonces un taller artesanal en Quito. Posteriormente, con la experiencia ganada, se instala finalmente en Pelileo, donde CM Original destaca en sus diseños y materiales.



Figura 6.- Logo CM Original.

- **Misión**

Producir calzado de descanso de alta calidad a precios accesibles, satisfaciendo al máximo las expectativas de nuestros clientes, buscando permanentemente el desarrollo integral y equitativo de todos sus colaboradores.

- **Visión**

Ser la mejor empresa ecuatoriana fabricante y comercializadora de calzado de descanso, líder e innovadora, con proyección internacional.

- **Valores**

Producir calzado de descanso de alta calidad a precios accesibles, satisfaciendo al máximo las expectativas de nuestros clientes, buscando permanentemente el desarrollo integral y equitativo

- **Organigrama Estructural**

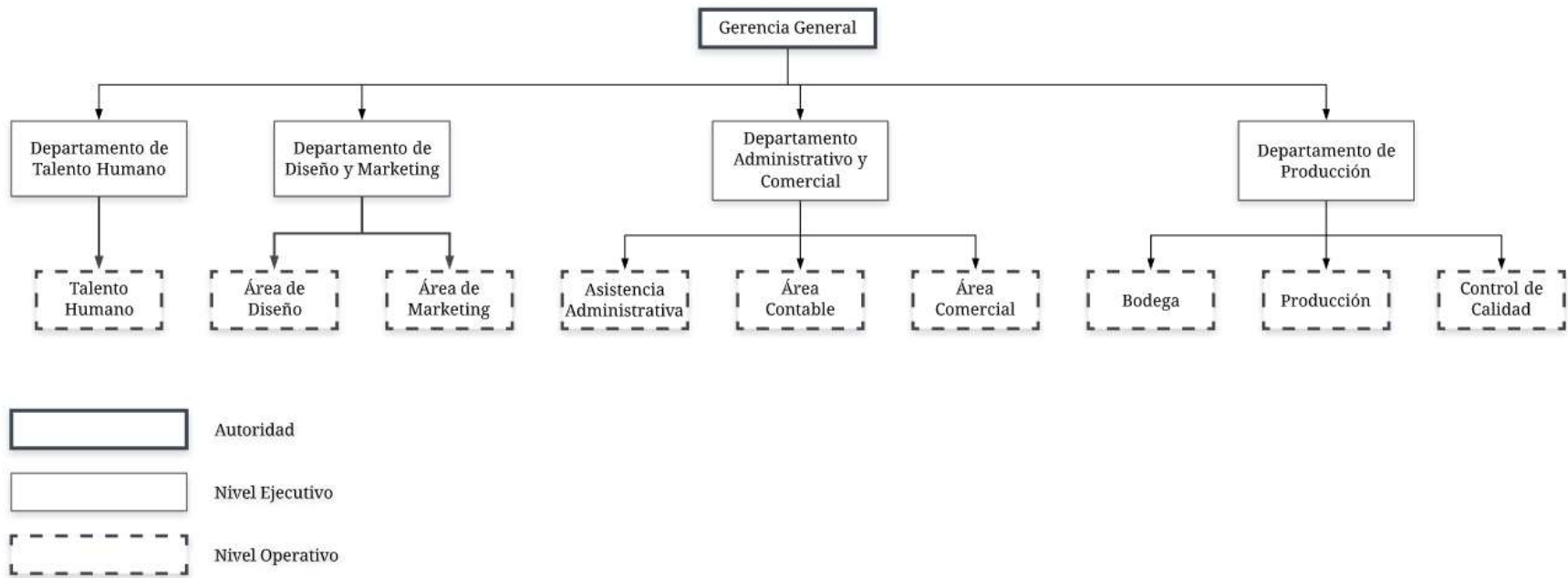


Figura 7.- Organigrama estructural de CM Original.

3.1.2 Productos

La empresa CM Original se dedica a la elaboración de calzado de tipo pantufla, con variados diseños que se adaptan a la moda y distintas temporadas en el año. Los tipos de pantuflas que se elaboran se describen en la Tabla 7 los cuales están clasificados según la forma de la pantufla.

Tabla 7.- Catálogo de productos.

Tipo	Imagen	Tipo	Imagen
Destalonada		Zapato	
Sueca		Mocasín Destalonado	
Talón		Balerina	
Destalonada con filo		Cubre Zapato	
Sueca con Filo		Semisueca	

Tipo	Imagen
Zapato Velcro	
Babucha	
Punta Abierta	
Bota	
Sandalia Dedo	
Mocasín	

Tipo	Imagen
Escarpín	
Home Sock	
Sandalia Amarrada	
Sandalia Cruzada	
Sandalia Tiras	

3.1.3 Análisis ABC

Para determinar los modelos de pantufla que van a ser considerados dentro del modelo de distribución de planta y posterior simulación, se realiza un Análisis ABC, en el cual se determina el grupo de artículos de mayor demanda en base a las ventas mensuales de la empresa CM Original en los años 2019 y 2020.

En la Tabla 8 se detalla el total de ventas de los años 2019 y 2020 de cada uno de los modelos, clasificados según el diseño de su estructura. Los valores se encuentran en unidades, por lo que el presente análisis no se enfoca en el producto de mayor ganancia monetaria, sino de mayor demanda por el cliente. La empresa CM Original se reserva la información de precios, de acuerdo con los convenios de confidencialidad establecidos en el Proyecto “SUMA”.

Tabla 8.- Total de ventas por modelo años 2019 y 2020.

MODELO	VENTAS 2019-2020 (unidades)
Destalonada	114378
Babucha	13810
Balerina	1277
Bota	10568
Destalonada con filo	20057
Escarpín	918
Mocasín	6286
Mocasín destalonado	1318
Punta abierta	13652
Sandalia dedo	6916
Semisueca	1022
Sueca	68654
Sueca con filo	17620
Talón	42616
Zapato	2024
Zapato velcro	15028
Sandalia cruzada	228
Home Sock	540
Sandalia amarrada	245
Cubre zapato	1212
Sandalia tiras	54

A continuación, en la Tabla 9 se obtiene la demanda y el porcentaje acumulados, con el fin de clasificar los modelos de pantufla dentro de las zonas A, B y C.

Para obtener los valores hallados se utiliza la ecuación (5), para lo cual se ordena de manera descendente los porcentajes de valorización acumulada.

$$\%Valor\ Acumulado = \%Valor\ acumulado_{i-1} + \%Valor\ i \quad (5)$$

Para categorizar los productos según el análisis ABC en la Figura 8 se utilizan parámetros establecidos para este modelo, donde la categoría A engloba los porcentajes menores o iguales al 80%, la categoría B comprende un rango superior al 80% e inferior al 95%, y la categoría C abarca el resto de los productos.

Tabla 9.- Análisis ABC.

Modelo	Demanda	Demanda Acumulada	% Valor Acumulado	Zona	%
Destalonada	114378	114378	33,80%	A	77,81%
Sueca	68654	183032	54,08%	A	
Talón	42616	225648	66,68%	A	
Destalonada con filo	20057	245705	72,60%	A	
Sueca con filo	17620	263325	77,81%	A	
Zapato velcro	15028	278353	82,25%	B	15,68%
Babucha	13810	292163	86,33%	B	
Punta abierta	13652	305815	90,36%	B	
Bota	10568	316383	93,49%	B	
Sandalia dedo	6916	323299	95,53%	C	6,51%
Mocasín	6286	329585	97,39%	C	
Zapato	2024	331609	97,99%	C	
Mocasín destalonado	1318	332927	98,38%	C	
Balerina	1277	334204	98,75%	C	
Cubre zapato	1212	335416	99,11%	C	
Semisueca	1022	336438	99,41%	C	
Escarpín	918	337356	99,68%	C	
Home Sock	540	337896	99,84%	C	
Sandalia amarrada	245	338141	99,92%	C	
Sandalia cruzada	228	338369	99,98%	C	
Sandalia tiras	54	338423	100,00%	C	

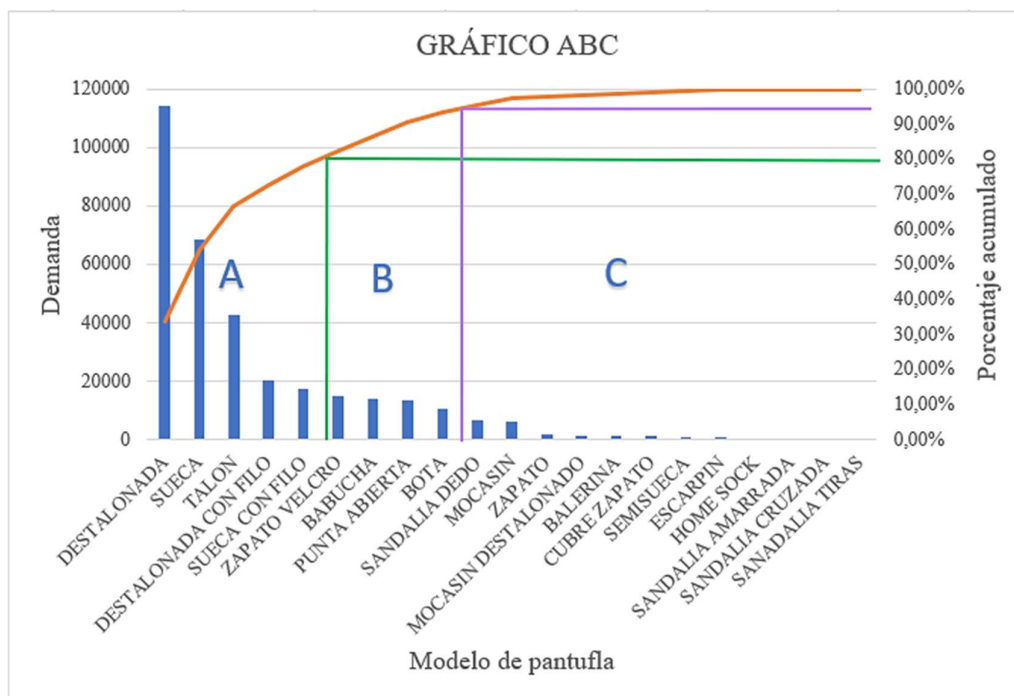


Figura 8.- Gráfico ABC.

Interpretación:

Tras el análisis ABC se determinan los modelos de pantufla más relevantes en base a la demanda de los años 2019 y 2020, los cuales se encuentran dentro del 77,81% que componen la zona A, son: Destalonada, Sueca, Talón, Destalonada con filo y Sueca con filo. Estos modelos serán objeto de estudio en el desarrollo del presente proyecto de investigación, y se describen en la Tabla 10.

Tabla 10.- Modelos seleccionado mediante análisis ABC.

Tipo	Modelo	Diseño	Descripción
Destalonada			Se fabrica mediante el proceso de <i>embolsado</i> , se caracteriza por poseer la parte posterior descubierta. El diseño a analizar es del logo de <i>Capitán América</i> .

Tipo	Modelo	Diseño	Descripción
Sueca			<p>Se fabrica mediante el proceso de <i>costura lateral</i>, se caracteriza porque su parte posterior es cerrada pero más baja que el resto de la pantufla. El diseño a analizar es de una pantufla con <i>Cuadros</i>.</p>
Talón			<p>Se fabrica mediante el proceso de <i>costura lateral</i>, se caracteriza por que su parte posterior es cerrada al mismo nivel que el resto de la pantufla. El diseño a analizar es de <i>Panda</i>.</p>
Destalonada con filo			<p>Se fabrica mediante el proceso de <i>embolsado</i>, se caracteriza por poseer la parte posterior descubierta y tener un filo que rodea la parte inferior de la pantufla. El diseño a analizar es de una pantufla a <i>Cuadros</i>.</p>

Tipo	Modelo	Diseño	Descripción
Sueca con Filo			<p>Se fabrica mediante el proceso de <i>embolsado</i>, se caracteriza porque su parte posterior es cerrada pero más baja que el resto de la pantufla y posee un un filo que rodeo su parte inferior. El diseño a analizar es de una pantufla de <i>Puntos</i>.</p>

3.1.4 Proceso de producción

La empresa CM Original elabora sus productos con dos procesos distintos denominados “Costura Lateral” y “Embolsado”, los cuales coinciden con sus procesos iniciales que son la preparación de insumos, corte externo e interno, bordado y/o sublimado, pulido o desbastado, engomado y aparado. A partir de aquí se dividen los procesos de *costura lateral* y *embolsado*, y una vez terminada la pantufla pasa por un proceso de control de calidad para ser empacada. Todas las imágenes que se muestran a continuación referentes a los procesos de producción han sido proporcionadas por CM Original.

- **Preparación de materia prima**

Este es el proceso inicial, en donde se selecciona la tela designada para el modelo a producir en la bodega de materia prima. Ésta es llevada a la mesa de preparación y a partir de los requerimientos de tela se corta una cantidad que es llevada a alimentar el proceso de corte externo.



Figura 9.- Proceso de preparación de materia prima.

- **Corte externo**

En este proceso se realiza el corte de las piezas que conforman la parte externa de la pantufla, que son: capellada, tiras, planta de tela y forros. Se utilizan máquinas troqueladoras, que ejercen presión sobre la tela con el respectivo troquel con el fin de cortar la forma requerida para la pantufla a elaborar. En la *Troqueladora 02* se realiza el corte de capelladas, tiras y plantas; mientras que en la *Troqueladora 01* se elaboran los forros.



Figura 10.- Proceso de corte, Troqueladora 02.

- **Preparación de relleno**

A continuación, se describen los procesos que tienen como objeto la elaboración de la parte interna de la pantufla, también denominada relleno.

Corte Interno

Este proceso se encarga del corte de piezas que componen el relleno de la pantufla, que son: planilla de esponja, tacón de esponja, plantilla de espuma eva y tacón de espuma eva. Para esto se utiliza únicamente la Máquina *Troqueladora 02*, que ejerce

presión sobre el material con el troquel correspondiente para darle la forma según el diseño de la pantufla lo requiera.



Figura 11.- Proceso de corte, Troqueladora 01.

Pulido o desbastado

El proceso de pulido está dirigido únicamente a la pieza denominada tacón de espuma eva, puesto que la misma requiere de un desbaste para darle el ángulo característico del tacón. Se utiliza la *máquina desbastadora*, la cual permite hacer un pulido del material de acuerdo con los requerimientos de la pantufla.



Figura 12.-Proceso de pulido.

Engomado

En el proceso de engomado se ensamblan las piezas de la parte interna de acuerdo si la pantufla tiene un proceso de corte lateral o de embolsado. Para esto se utiliza la *máquina engomadora*, que permite la aplicación del pegamento en las piezas mediante rodillos giratorios que se adaptan según el ancho de la pieza a ensamblar.



Figura 13.- Zona de engomado.

- **Corte láser**

Este proceso permite cortar piezas para diseños especiales, es decir, cuyas piezas no son estrictamente utilizadas en todos los modelos de pantufla. Mediante la *cortadora láser 01 y 02*, se generan las piezas previamente diseñadas que se alimentan en la máquina como un documento digital.



Figura 14.-Proceso de corte láser, Cortadora Láser 02.



Figura 15.- Cortadora láser 01.

- **Bordado**

En este proceso se realiza el bordado del diseño de la pantufla sobre las piezas externas que hayan sido designadas. Se utiliza la *máquina bordadora* de cuatro cabezales, a la cual se le proporciona el documento digital con el diseño seleccionado.



Figura 16.- Zona de bordado.

- **Sublimado**

En este proceso se realiza el sublimado del diseño de la pantufla sobre las piezas externas que hayan sido designadas. Se utiliza la *máquina sublimadora 01 y/o 02*, la cual plasma el diseño proporcionado impreso, sobre la tela.



Figura 17.- Proceso de bordado, sublimadora 02.



Figura 18.- Sublimadora 01.

- **Aparado**

En este proceso se realiza el armado de la pantufla, y sus actividades dependen de si la pantufla está diseñada para corte lateral o embolsado. Con la *máquina de coser del aparado*, se unen las piezas previamente cortadas mediante costuras para darle la forma a la pantufla. Si la pantufla es embolsada, al culminar el aparado su estructura estará volteada y sin relleno; mientras que una pantufla con costura lateral estará unida a su relleno y no estará volteada.



Figura 19.- Zona de aparado.

- **Embolsado**

Cuando una pantufla está diseñada para ser embolsada pasa por este proceso, en donde se toma la pantufla que ha sido aparado, se realiza un volteado inicial y se introduce el relleno con ayuda de la *máquina embolsadora*. Una vez rellena la pantufla se realiza una costura con la *máquina de coser del embolsado* para finalmente realizarle un último volteado.



Figura 20.- Embolsado, máquina embolsadora.



Figura 21.- Costura del embolsado, máquina de coser embolsado.

- **Costura Lateral**

Las pantuflas que poseen un diseño de costura lateral pasan a este proceso una vez culminado el aparado. Es aquí en donde se unen la estructura de la pantufla y una suela de caucho mediante una costura, utilizando la *máquina de coser de costura lateral*.



Figura 22.- Zona de aparado.

- **Terminado y etiquetado**

A este proceso llegan las pantuflas culminadas, se realiza un control de calidad visual para detectar defectos y se limpian los restos de pelusa que pudiese haber, con un soplete alimentado por el *compresor neumático*. Finalmente se aplican las etiquetas de cartón.



Figura 23.- Zona de terminado y empaquetado.

- **Empaquetado**

Este es el proceso final, en donde se arman las cajas de cartón en donde va a ser despachado el producto, se empaca y sella para su envío al cliente.



Figura 24.- Bodega de producto final.

3.1.5 Flujograma de proceso

En la Figura 25 se muestra el flujograma de proceso correspondiente a la elaboración de la parte externa de la pantufla, así como también su montaje final. Las partes de la pantufla que intervienen son la capellada, forro de capellada, tiras y planta de tela.

En Figura 26 se muestra el flujograma de proceso correspondiente a la elaboración de la parte interna de la pantufla, también denominada relleno. Este proceso es paralelo a la elaboración de la parte externa y tiene por objeto la preparación de

plantillas de esponja y/o espuma eva, así como también de tacones de esponja y/o espuma eva.

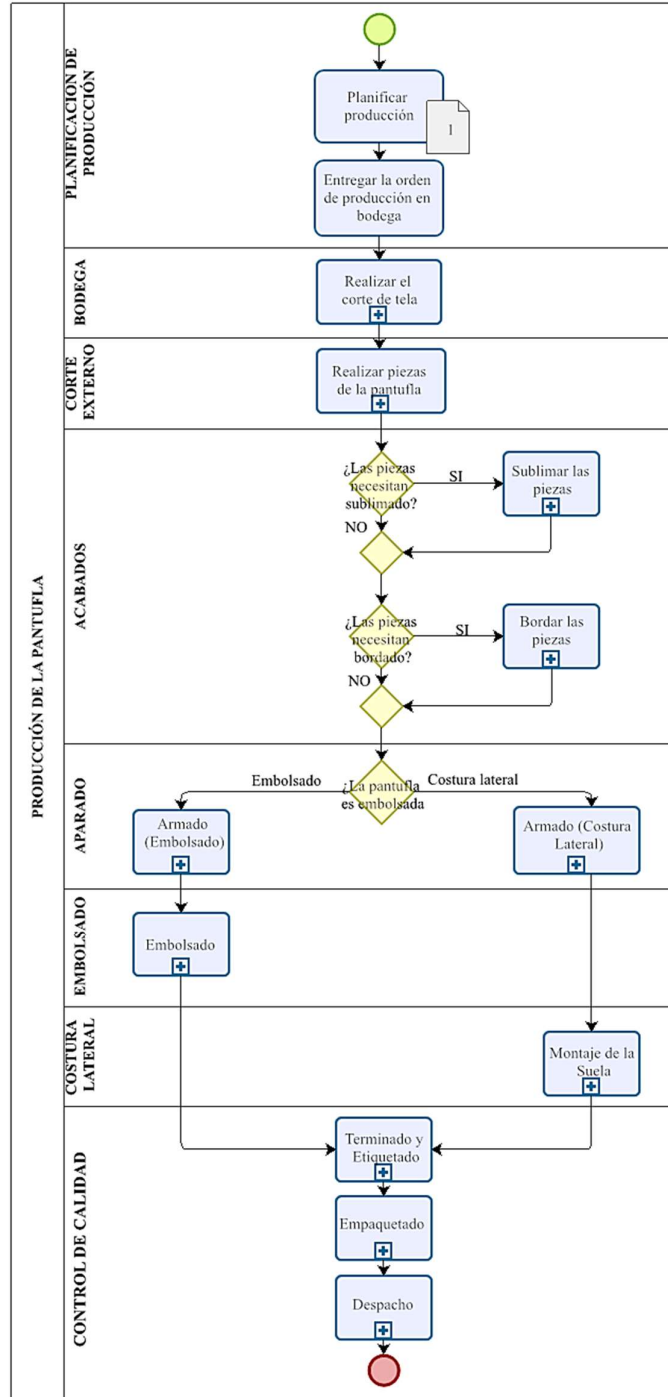


Figura 25.- Flujograma del proceso externo de la pantufla.

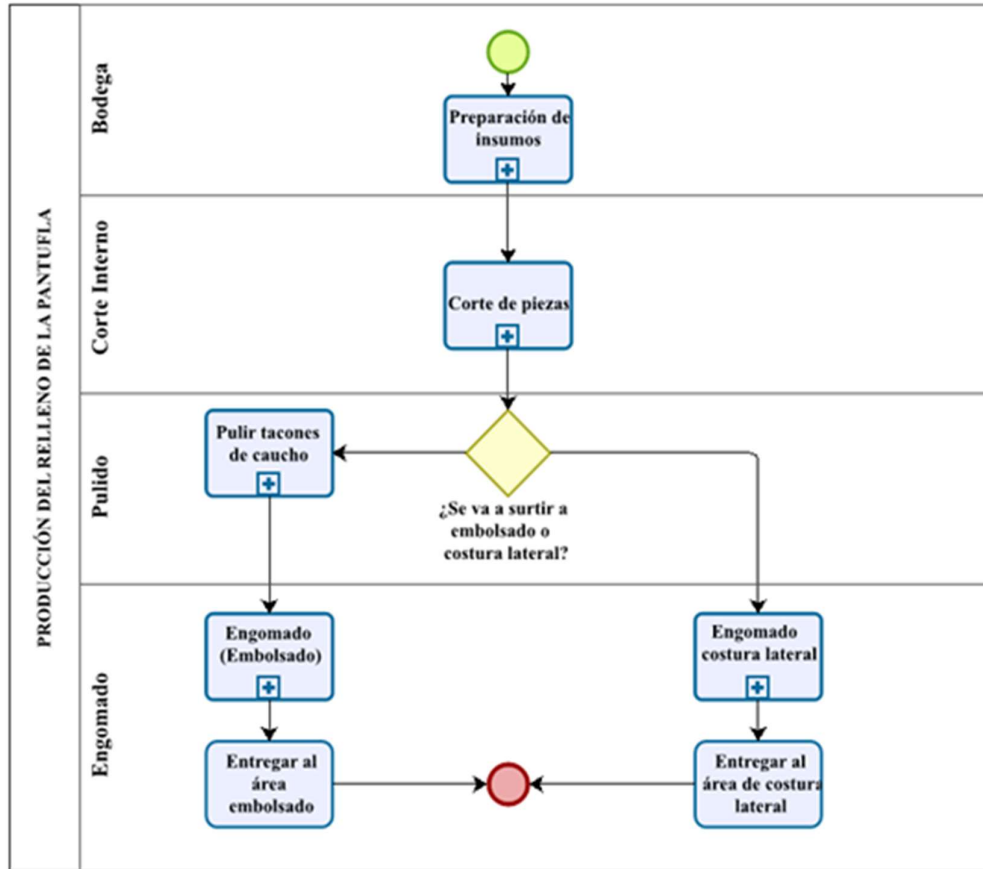


Figura 26.- Flujograma del proceso interno de la pantufla.





3.1.6 Máquinas




En la Tabla 11 se muestran las máquinas que se utilizan en el proceso productivo de la empresa.



Tabla 11.- Lista de máquinas.

Máquina	Fotografía	Cantidad
Troqueladora 01		1

Máquina	Fotografía	Cantidad
Troqueladora 02		1
Cortadora Láser 01		1
Cortadora Láser 02		1
Bordadora de cuatro cabezales		3

Máquina	Fotografía	Cantidad
Desbastadora		1
Sublimadora 01		1
Sublimadora 02		1
Embolsadora		1

Máquina	Fotografía	Cantidad
Engomadora		2
Compresor neumático		1
Máquina de Coser Aparado		17

Máquina	Fotografía	Cantidad
Máquina de Coser de Costura Lateral		2
Máquina de Coser de Embolsado		1

3.2 Determinación de parámetros de bioseguridad, costos y tiempo de producción considerados en la redistribución

3.2.1 Cursograma analítico

Para la fabricación de las respectivas pantuflas tales como Destalonada, Sueca, Talón, Destalonada con Filo y Sueca con filo se realizan los procesos descritos previamente, y en la Tabla 12 se resume los requeridos para cada modelo de pantufla seleccionada para el estudio.

Tabla 12.- Resumen de procesos por pantufla.

N°	PROCESOS	MODELO				
		Destalonada	Sueca	Talón	Destalonada con Filo	Sueca con Filo
1	Preparación de Materia Prima	X	X	X	X	X
2	Corte de Capellada	X	X	X	X	X
3	Corte de Tiras	X	X	X	X	X
4	Corte de Plantillas de Tela	X	X	X	X	X
5	Corte de Forros	X	X	X	X	X
6	Corte Láser	X		X		
7	Corte de Plantilla de esponja	X	X	X	X	X
8	Corte de Plantilla de espuma eva	X	X	X	X	X
9	Corte de Tacón de esponja		X	X		
10	Corte de Tacón de espuma eva	X			X	X
11	Bordado	X	X	X		
12	Sublimado				X	X
13	Engomado del Embolsado	X			X	X
14	Engomado de Costura Lateral		X	X		
15	Aparado de Costura Lateral		X	X		
16	Aparado del Embolsado	X			X	X
17	Costura Lateral		X	X		
18	Embolsado	X			X	X
19	Terminado y Etiquetado de Costura Lateral		X	X		
20	Terminado y Etiquetado del Embolsado	X			X	X
21	Empaquetado	X	X	X	X	X


A su vez, estos procesos están comprendidos por operaciones, inspecciones, transportes, almacenamientos y esperas que se representan dentro de un cursograma analítico, donde algunas de las actividades son agregadores de valor (AV) y otras no agregadores de valor (NAV). Con el fin de obtener una referencia para el posterior estudio de tiempos, se realiza el cursograma analítico del proceso de elaboración de la Pantufla Destalonada con diseño de Capitán América, la cual presenta la mayor demanda, utilizando una primera muestra de tiempo observado.

Tabla 13.- Cursograma analítico del proceso de pantufla destalonada.

CURSOGRAMA ANALÍTICO		HOJA: 01 DE 01								
Modelo: Destalonada		Método: Actual								
Diseño: Capitán América		Proceso: Embolsado								
Elaborado: María José Porras Enríquez										
Identificación de Actividades		Tiempo [s]	Símbolo					Observaciones	Agrega valor	
Nro.	Descripción		○	⇒	□	D	▽		Si	No
1	Medir la tela y doblarla en partes iguales	0,16	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
2	Cortar los bordes de un lado de la tela	0,16	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
3	Ubicarse en el lado opuesto de la mesa y cortar los bordes del otro lado de la tela	0,18	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
4	Acomodar la tela y cortar para dividirla en dos partes	0,13	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
5	Voltear la cara de una de las mitades de tela y acomodarla	0,16	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
6	Revisar la lista de telas, y marcar la tela enrollada con su nombre y código	0,08	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
7	Enrollar la tela	0,13	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
8	Colocar la tela preparada en el rack correspondiente	0,08	○	⇒	□	D	▽	1 operario		x
9	Colocar el troquel y troquelear la tela	7,50	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
10	Acomodar las capelladas y escribir las tallas	1,03	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
11	Almacenar piezas	1,21	○	⇒	□	D	▽	1 operario		x
12	Cortar pedazos sobrantes de la tela en la mesa y acomodarla	1,26	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
13	Colocar el troquel y troquelear la tela	16,73	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
14	Acomodar las tiras y escribir las tallas	2,31	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
15	Almacenar piezas	0,91	○	⇒	□	D	▽	1 operario		x
16	Cortar pedazos sobrantes de la tela en la mesa y acomodarla	1,13	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
17	Colocar el troquel y troquelear la tela	6,46	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
18	Acomodar plantilla y escribir las tallas	2,33	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
19	Almacenar piezas	0,40	○	⇒	□	D	▽	1 operario		x
20	Cortar pedazos sobrantes de la tela en la mesa y acomodarla	1,07	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	

CURSOGRAMA ANALÍTICO		HOJA: 01 DE 01								
Modelo: Destalonada		Método: Actual								
Diseño: Capitán América		Proceso: Embolsado								
Elaborado: María José Porras Enríquez										
Identificación de Actividades		Tiempo [s]	Símbolo					Observaciones	Agrega valor	
Nro.	Descripción		○	⇒	□	D	▽		Si	No
21	Iniciar la máquina y realizar el corte láser de la pieza	12,43	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
22	Recoger, apilar y contar el número de piezas	10,86	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
23	Cortar la tela sobrante y deshecharla	1,86	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
24	Colocar la pieza en el rack	18,00	○	⇒	□	D	▽	1 operario		x
25	Tomar el tambor, colocar la entretela y sobre ésta posicionar la capellada	12,00	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
26	Colocar sobre el tambor las piezas circulares blancas y azules	5,00	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
27	Montar el tambor en la máquina y bordar el contomo circular del logo	29,00	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
28	Colocar pegamento en el círculo y pegar la pieza circular azul	11,00	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
29	Bordar los detalles del logo	62,00	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
30	Desmontar el tambor y cortar los excedentes de tela	18,00	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
31	Colocar pegamento, pegar la pieza blanca y volver a montar el tambor	17,00	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
32	Bordar los detalles del logo	142,00	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
33	Desmontar el tambor y cortar los excedentes de tela	53,00	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
34	Montar el tambor y bordar los contomos finales del logo	881,00	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
35	Desmontar el tambor, cortar los excedentes de hilo y apilar la pieza	16,00	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
36	Colocar el troquel y troquelar las planchas de espuma eva para formar la plantilla	3,87	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
37	Recolectar las plantillas y almacenar	1,95	○	⇒	□	D	▽	1 operario		x
38	Colocar el troquel y troquelar las planchas de espuma eva para formar la plantilla	3,82	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
39	Recolectar las plantillas y almacenar	0,76	○	⇒	□	D	▽	1 operario		x
40	Troquelar el tacón de espuma eva	1,28	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	

CURSOGRAMA ANALÍTICO		HOJA: 01 DE 01								
Modelo: Destalonada		Método: Actual								
Diseño: Capitán América		Proceso: Embolsado								
Elaborado: María José Porras Enríquez										
Identificación de Actividades		Tiempo [s]	Símbolo				Observaciones	Agrega valor		
Nro.	Descripción		○	⇒	□	D		▽	Si	No
41	Pulir el tacón eva	7,11	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
42	Almacenar el tacón eva	0,88	○	⇒	□	D	▽	1 operario		x
43	Tomar la plantilla eva y colocar pegamento en una cara con el rodillo	79,00	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
44	Tomar el tacón de eva y pegarlo a la plantilla eva	76,00	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
45	Colocar pegamento en el lado sin tacón de la pieza ensamblada con el rodillo	82,00	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
46	Tomar la plantilla de espuma y pegarla al primer ensamble	67,00	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
47	Revisar las piezas	24,00	○	⇒	■	D	▽	1 operario	x	
48	Colocar las piezas en gabetas	29,00	○	⇒	□	D	▽	1 operario		x
49	Realizar el volteado inicial de la pantufla	12,22	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
50	Rellenar pantufla	19,18	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
51	Coser el espacio por donde se introdujo el relleno	36,79	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
52	Realizar el volteado final	24,00	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
53	Emparejar y almacenar	9,20	○	⇒	□	D	▽	1 operario		x
54	Controlar las etiquetas	2,29	○	⇒	■	D	▽	1 operario	x	
55	Control de calidad	20,28	○	⇒	■	D	▽	1 operario	x	
56	Flechar pantuflas	2,63	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
57	Flechar tarjetas en las pantuflas	2,75	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
58	Poner ganchos en las pantufla	2,44	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
59	Sopletear pantuflas	6,61	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
60	Poner código final en la plantilla de la pantufla	3,97	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
61	Enfundar pantuflas	13,17	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	

CURSOGRAMA ANALÍTICO		HOJA: 01 DE 01								
Modelo: Destalonada		Método: Actual								
Diseño: Capitán América		Proceso: Embolsado								
Elaborado: María José Porras Enríquez										
Identificación de Actividades		Tiempo [s]	Símbolo				Observaciones	Agrega valor		
Nro.	Descripción		○	⇒	□	D		▽	Si	No
62	Inspeccionar las pantuflas a empacar	1,08	○	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
63	Almacenar las pantuflas en la caja de cartón	5,16	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
64	Sellar el carton con cinta adhesiva	1,14	●	⇒	□	D	▽	1 operario	x	
65	Almacenar el cartón en el lugar correspondiente	0,78	○	⇒	□	D	▽	1 operario		x
TOTAL ACTIVIDADES		-	50	-	4	-	11			
TIEMPO (s)		1872,92	1762,10	-	47,65	-	63,17	31,22 min		

El proceso de elaboración de Pantufla Destalonada con diseño de Capitán América cuenta con 50 operaciones, 4 inspecciones y 11 almacenamientos. El tiempo total observado para este modelo a partir de la primera muestra es de 1872,92 segundos, lo que equivale a 31,22 minutos como se muestra en la Tabla 13.

3.2.2 Estudio de tiempos


Para la elaboración de estudio de tiempo, se procede a analizar cada uno de los procesos que componen la fabricación de las pantuflas obtenidas en el análisis ABC. Para ello, se utiliza un cronómetro acumulativo, esto quiere decir que, el tiempo de cada operación es tomada desde que inicia la actividad hasta culminarla. Por otro lado, se realiza la valoración del ritmo de trabajo mediante el Sistema Westinghouse, que se observa en la Tabla 2 y se identifican los Suplementos constantes y variables que se muestran en la Tabla 3.


Dado que la primera muestra del proceso de fabricación de la Pantufla Destalonada proporciona un tiempo observado de 31,22 minutos, la Tabla 1 de General Electric determina que el tamaño de muestras de cada proceso es de 5. Este estudio se plasma en las siguientes tablas que dividen las actividades “Fuera de Proceso”, las cuales corresponden a la preparación y “Trabajo Constante”, que son actividades de producción. En el Tiempo Estándar de cada proceso se tomaron en cuenta únicamente

las actividades de producción, y los tiempos que se muestran corresponden a la elaboración de una unidad (par de pantuflas). Las muestras tomadas se encuentran en el Anexo 1: Toma de muestras para estudio de tiempos de este documento investigativo, mientras que el resumen de resultados obtenidos se evidencia a continuación.

- **Cálculo de tiempo estándar de preparación de materia prima**


Tabla 14.- Tiempo estándar de preparación de materia prima.

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Preparación de materia prima			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA						
Fuera de Proceso						Trabajo Constante
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración	
1	Ver lista de requerimientos, tomar la tela y llevarla a la mesa	18,40 s	1	Medir la tela y doblarla en partes iguales	0,16 s	
2	Posicionar y acomodar la tela sobre la mesa	49,60 s	2	Cortar los bordes de un lado de la tela	0,16 s	
			3	Ubicarse en el lado opuesto de la mesa y cortar los bordes del otro lado de la tela	0,18 s	
			4	Acomodar la tela y cortar para dividirla en dos partes	0,13 s	
			5	Voltear la cara de una de las mitades de tela y acomodarla	0,16 s	
			6	Revisar la lista de telas, y marcar la tela enrollada con su nombre y código	0,08 s	
			7	Enrollar la tela	0,12 s	
			8	Colocar la tela preparada en el rack correspondiente	1,19 s	
Tiempo de Preparación		68,00 s	Tiempo Observado		2,20 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Crterios	Valoración	Constantes	Valor	Variables	Valor	
Habilidad	0,08	Excelente B2	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	0
Esfuerzo	0,08	Excelente B2	Fatiga	4	Postura anormal	0
Condiciones	0,02	Buenas	% Suplementos	17,00%	Uso de fuerza	0
Consistencia	0,01	Buena			Densidad de la luz	0
Cálculo de tiempos				Calidad de Aire	0	
				Tensión Visual	2	
<i>Tiempo Observado</i>	TO	2,20 s		Tensión Auditiva	2	
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,19		Tensión Mental	1	
<i>Tiempo Normal</i>	TN	2,61 s		Monotonía Mental	1	

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01		
Proceso: Preparación de materia prima			Método: Actual		
Elaborado: Proyecto SUMA					
Fuera de Proceso					
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración
<i>Tiempo estándar</i>	TS	3,06 s		Monotonía Física	2


- **Cálculo de tiempo estándar de corte de capellada**

Tabla 15.- Tiempo estándar de corte de capellada.

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Corte de Capellada			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA						
Fuera de Proceso						Trabajo Constante
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración	
1	Preparar la troqueladora	299,24 s	1	Colocar el troquel y troquelar la tela	5,32 s	
2	Ver orden de producción	64,20 s	2	Apilar las capelladas y escribir las tallas	1,04 s	
3	Coger la tela del rack	15,45 s	3	Almacenar piezas	0,46 s	
4	Ubicar y estirar las telas	22,87 s	4	Cortar pedazos sobrantes de la tela en la mesa y acomodarla	0,80 s	
5	Acomodar la tela en la troqueladora	19,60 s				
<i>Tiempo de Preparación</i>		421,36 s	<i>Tiempo Observado</i>		7,63 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Críterios	Valoración		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	0,06	Excelente B2	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	2
Esfuerzo	0,08	Excelente B2	Fatiga	4	Postura anormal	0
Condiciones	0,02	Buenas	% Suplementos	20,00%	Uso de fuerza	0
Consistencia	0,01	Buena			Densidad de la luz	0
Cálculo de tiempos					Calidad de Aire	0
					Tensión Visual	0
<i>Tiempo Observado</i>	TO	7,63 s	Tensión Auditiva		2	
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,17	Tensión Mental		1	
<i>Tiempo Normal</i>	TN	8,92 s	Monotonía Mental		4	
<i>Tiempo estándar</i>	TS	10,71 s	Monotonía física		2	


- **Cálculo de tiempo estándar de corte de tiras**


Tabla 16.- Tiempo estándar de corte de tiras.

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Corte Tiras			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA						
Fuera de Proceso						Trabajo Constante
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración	
1	Coger la tela del rack	14,10 s	1	Colocar el troquel y troquelar la tela	16,08 s	
2	Ubicar y estirar las telas	35,43 s	2	Apilar las capelladas y escribir las tallas	1,88 s	
3	Acomodar la tela en la troqueladora	18,97 s	3	Almacenar piezas	0,69 s	
			4	Cortar pedazos sobrantes de la tela en la mesa y acomodarla	1,26 s	
Tiempo de Preparación		49,53 s	Tiempo Observado		19,90 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Críterios	Valoración	Constantes	Valor	Variables	Valor	
Habilidad	0,06	Excelente B2	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	2
Esfuerzo	0,08	Excelente B2	Fatiga	4	Postura anormal	0
Condiciones	0,02	Buenas	% Suplementos	20,00%	Uso de fuerza	0
Consistencia	0,01	Buena			Densidad de la luz	0
Cálculo de tiempos					Calidad de Aire	0
					Tensión Visual	0
<i>Tiempo Observado</i>	TO	19,90 s			Tensión Auditiva	2
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,17			Tensión Mental	1
<i>Tiempo Normal</i>	TN	23,28 s			Monotonía Mental	4
Tiempo estándar	TS	27,94 s			Monotonía Física	2

- **Cálculo de tiempo estándar de corte de plantillas de tela**


Tabla 17.- Tiempo estándar de corte de plantillas de tela.


CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01		
Proceso: Corte Plantilla de Tela			Método: Actual		
Elaborado: Proyecto SUMA					
Fuera de Proceso					
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración
1	Coger la tela del rack	18,53 s	1	Colocar el troquel y troquelar la tela	5,25 s
2	Ubicar y estirar las telas	32,04 s	2	Acomodar plantilla y escribir las tallas	2,20 s

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Corte Plantilla de Tela			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA						
Fuera de Proceso						Trabajo Constante
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración	
3	Acomodar la tela en la troqueladora	22,91 s	3	Almacenar piezas	0,42 s	
			4	Cortar pedazos sobrantes de la tela en la mesa y acomodarla	1,00 s	
Tiempo de Preparación		50,57 s	Tiempo Observado		8,87 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Crterios	Valoración		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	0,06	Excelente B2	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	2
Esfuerzo	0,08	Excelente B2	Fatiga	4	Postura anormal	0
Condiciones	0,02	Buenas	% Suplementos	20,00 %	Uso de fuerza	0
Consistencia	0,01	Buena			Densidad de la luz	0
Cálculo de tiempos						
					Calidad de Aire	0
					Tensión Visual	0
<i>Tiempo Observado</i>	TO	8,87 s			Tensión Auditiva	2
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,17			Tensión Mental	1
<i>Tiempo Normal</i>	TN	10,38 s			Monotonía Mental	4
Tiempo estándar	TS	12,45 s			Monotonía Física	2

- **Cálculo de tiempo estándar de corte de forros**


Tabla 18.- Tiempo estándar de corte de forros.


CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01		
Proceso: Corte de Forros			Método: Actual		
Elaborado: Proyecto SUMA					
Fuera de Proceso					
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración
1	Revisión de la máquina y sus parámetros	59,39 s	1	Colocar el troquel y troquelar la tela	5,83 s
2	Ver orden de producción	64,20 s	2	Acomodar forros y escribir las tallas	1,20 s
3	Coger la tela del rack	26,04 s	3	Almacenar piezas	0,62 s
4	Ubicar y estirar las telas	27,23 s	4	Cortar pedazos sobrantes de la tela en la mesa y acomodarla	1,06 s

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Corte de Forros			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA						
Fuera de Proceso						Trabajo Constante
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración	
5	Acomodar la tela en la troqueladora	27,38 s				
Tiempo de Preparación		204,24 s	Tiempo Observado		8,72 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Crterios	Valoración	Constantes	Valor	Variables	Valor	
Habilidad	0,06	Excelente B2	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	2
Esfuerzo	0,05	Bueno C1	Fatiga	4	Postura anormal	0
Condiciones	0,02	Buenas	% Suplementos	20,00%	Uso de fuerza	0
Consistencia	0,01	Buena			Densidad de la luz	0
Cálculo de tiempos				Calidad de Aire	0	
				Tensión Visual	0	
<i>Tiempo Observado</i>	TO	8,72 s		Tensión Auditiva	2	
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,14		Tensión Mental	1	
<i>Tiempo Normal</i>	TN	9,94 s		Monotonía Mental	4	
Tiempo estándar	TS	11,93 s		Monotonía Física	2	

- **Cálculo de tiempo estándar de corte láser**


Tabla 19.- Tiempo estándar de corte láser.


CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01		
Proceso: Corte láser			Método: Actual		
Elaborado: Proyecto SUMA					
Fuera de Proceso					
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración
1	Preparar la máquina de corte láser y el computador	592,96 s	1	Iniciar y realizar el corte láser de la pieza	11,5
2	Ver orden de producción	64,20 s	2	Recoger, apilar y contar el número de piezas	10,5
3	Tomar el rollo de tela y colocarlo en el tubo que abastece la máquina	18,70 s	3	Cortar la tela sobrante y desecharla	2,1
4	Desenrollar la tela e introducirla en la cortadora láser	17,42 s	4	Colocar la pieza en el rack	18,9
5	Acomodar la tela dentro de la cámara de corte de la máquina	80,83 s			

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Corte láser			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA						
Fuera de Proceso						Trabajo Constante
N°	Actividad	Duración	N°	Actividad	Duración	
6	Preparar el documento digital	50,81 s				
Tiempo de Preparación		181,15 s	Tiempo Observado		43,04 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Criterios	Valoración	Constantes	Valor	Variables	Valor	
Habilidad	0,06 Buena C1	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	2	
Esfuerzo	0,02 Bueno C2	Fatiga	4	Postura anormal	0	
Condiciones	0,02 Buenas	% Suplementos	15,00%	Uso de fuerza	1	
Consistencia	0,01 Buena			Densidad de la luz	0	
Cálculo de tiempos				Calidad de Aire	0	
				Tensión Visual	0	
<i>Tiempo Observado</i>	TO	43,04 s	Tensión Auditiva	0		
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,11	Tensión Mental	0		
<i>Tiempo Normal</i>	TN	47,78 s	Monotonía Mental	1		
Tiempo estándar	TS	54,95 s	Monotonía Física	2		

- **Cálculo de tiempo estándar de corte de plantilla de esponja**


Tabla 20.- Tiempo estándar de corte de plantilla de esponja.

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01		
Proceso: Corte Plantilla de Esponja			Método: Actual		
Elaborado: Proyecto SUMA					
Fuera de Proceso					
N°	Actividad	Duración	N°	Actividad	Duración
1	Tomar las planchas de esponja	1,42 s	1	Colocar el troquel y troquelar la esponja para formar la plantilla	3,90 s
2	Situar las planchas sobre la mesa y acomodar	2,23 s	2	Recolectar las plantillas y almacenar	0,82 s
Tiempo de Preparación		3,65 s	Tiempo Observado		4,72 s
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos		
Criterios	Valoración	Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	0,06 Excelente B2	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	2
Esfuerzo	0,05 Excelente B2	Fatiga	4	Postura anormal	0

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Corte Plantilla de Esponja			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA						
Fuera de Proceso			Trabajo Constante			
N°	Actividad		Duración	N°	Actividad	Duración
Condiciones	0,02	Buenas	% Suplementos	20,00%	Uso de fuerza	0
Consistencia	0,01	Buena			Densidad de la luz	0
Cálculo de tiempos						
					Calidad de Aire	0
					Tensión Visual	0
<i>Tiempo Observado</i>	TO		4,72 s		Tensión Auditiva	2
<i>Factor de desempeño</i>	FD		0,14		Tensión Mental	1
<i>Tiempo Normal</i>	TN		5,38 s		Monotonía Mental	4
<i>Tiempo estándar</i>	TS		6,45 s		Monotonía Física	2

- **Cálculo de tiempo estándar de corte de tacón de esponja**

Tabla 21.- Tiempo estándar de corte de tacón de esponja.

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Corte Tacón de Esponja			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA						
Fuera de Proceso			Trabajo Constante			
N°	Actividad		Duración	N°	Actividad	Duración
1	Ubicar la funda para almacenamiento		11,00 s	1	Colocar el troquel y troquelar el tacón de esponja	6,43 s
2	Situación las planchas de espuma sobre la mesa y acomodar		267,68 s	2	Almacenar tacón de esponja	1,58 s
<i>Tiempo de Preparación</i>			278,67 s	<i>Tiempo Observado</i>		8,01 s
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Crterios	Valoración		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	0,06	Excelente B2	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	2
Esfuerzo	0,05	Excelente B2	Fatiga	4	Postura anormal	0
Condiciones	0,02	Buenas	% Suplementos	20,00%	Uso de fuerza	0
Consistencia	0,01	Buena			Densidad de la luz	0
Cálculo de tiempos						
					Calidad de Aire	0
					Tensión Visual	0
<i>Tiempo Observado</i>	TO		8,01 s		Tensión Auditiva	2
<i>Factor de desempeño</i>	FD		0,14		Tensión Mental	1
<i>Tiempo Normal</i>	TN		9,13 s		Monotonía Mental	4
<i>Tiempo estándar</i>	TS		10,96 s		Monotonía Física	2

- **Cálculo de tiempo estándar de plantilla de espuma eva**


Tabla 22.- Tiempo estándar de plantilla de espuma eva.

Fuera de Proceso			Trabajo Constante			
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración	
1	Tomar las planchas de espuma eva	30,34 s	1	Colocar el troquel y troquelar las planchas de espuma eva para formar la plantilla	3,81 s	
2	Situar las planchas sobre la mesa y acomodar	67,53 s	2	Recolectar las plantillas y almacenar	1,77 s	
Tiempo de Preparación		97,87 s	Tiempo Observado		5,58 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Crterios	Valoración	Constantes	Valor	Variables	Valor	
Habilidad	0,06	Excelente B2	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	2
Esfuerzo	0,05	Excelente B2	Fatiga	4	Postura anormal	0
Condiciones	0,02	Buenas	% Suplementos	20,00%	Uso de fuerza	0
Consistencia	0,01	Buena			Densidad de la luz	0
Cálculo de tiempos			Calidad de Aire	0		
<i>Tiempo Observado</i>	TO	5,58 s	Tensión Visual	0		
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,14	Tensión Auditiva	2		
<i>Tiempo Normal</i>	TN	6,37 s	Tensión Mental	1		
Tiempo estándar	TS	7,64 s	Monotonía Mental	4		
			Monotonía Física	2		

- **Cálculo de tiempo estándar de corte de tacón de espuma eva**

Tabla 23.- Tiempo estándar de corte de tacón espuma eva.

Fuera de Proceso			Trabajo Constante		
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración
1	Ubicar el costal para almacenamiento	120,09 s	1	Troquelar el tacón de espuma eva	1,31 s

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Corte Tacón Eva			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA						
Fuera de Proceso						Trabajo Constante
2	Situar las planchas de espuma eva sobre la mesa y acomodar	226,92 s	2	Pulir el tacón eva	7,08 s	
3	Tomar el troquel correspondiente y posicionarlo	5,13 s	3	Almacenar el tacón eva	1,08 s	
Tiempo de Preparación		352,14 s	Tiempo Observado		9,46 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Crterios	Valoración		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	0,06	Excelente B2	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	2
Esfuerzo	0,05	Excelente B2	Fatiga	4	Postura anormal	0
Condiciones	0,02	Buenas	% Suplementos	20,00%	Uso de fuerza	0
Consistencia	0,01	Buena			Densidad de la luz	0
Cálculo de tiempos		Actividad de troquelado	Actividad de pulido	Calidad de Aire	0	
<i>Tiempo Observado TO</i>		1,31 s	8,15 s	Tensión Visual	0	
<i>Factor de desempeño FD</i>		0,14	0,14	Tensión Auditiva	2	
<i>Tiempo Normal TN</i>		1,49 s	9,30 s	Tensión Mental	1	
<i>Tiempo estándar TS</i>		1,79 s	11,16 s	Monotonía Mental	4	
Tiempo estándar TOTAL		12,94 s				

- **Cálculo de tiempo estándar de bordado pantufla destalonada**

Tabla 24.- Tiempo estándar de bordado de pantufla destalonada.

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01		
Proceso: Bordado			Método: Actual		
Elaborado: María José Porras Enríquez			Diseño: Capitán América		
Fuera de Proceso			Trabajo Constante		
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración
1	Tomar y observar orden de producción	8,20 s	1	Tomar el tambor, colocar la entretela y sobre ésta posicionar la capellada	12,80 s
2	Preparar la bordadora con nuevos hilos	1799,58 s	2	Colocar sobre el tambor las piezas circulares blancas y azules	5,00 s

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Bordado			Método: Actual			
Elaborado: María José Porras Enríquez			Diseño: Capitán América			
Fuera de Proceso			Trabajo Constante			
3	Preparar el diseño en la máquina	422,67 s	3	Montar el tambor en la máquina y bordar el contorno circular del logo	5,10 s	
			4	Colocar pegamento en el círculo y pegar la pieza circular azul	10,60 s	
			5	Bordar los detalles del logo	10,33 s	
			6	Desmontar el tambor y cortar los excedentes de tela	19,00 s	
			7	Colocar pegamento, pegar la pieza blanca y volver a montar el tambor	15,80 s	
			8	Bordar los detalles del logo	23,67 s	
			9	Desmontar el tambor y cortar los excedentes de tela	54,40 s	
			10	Montar el tambor y bordar los contornos finales del logo	147,00 s	
			11	Desmontar el tambor, cortar los excedentes de hilo y apilar la pieza	17,40 s	
Tiempo de Preparación		2230,45 s	Tiempo Observado		321,10 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Crterios	Valoración		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	0,11	Excelente B1	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	2
Esfuerzo	0,05	Excelente B2	Fatiga	4	Postura anormal	0
Condiciones	0,02	Buenas	% Suplementos	20,00%	Uso de fuerza	0
Consistencia	0,01	Buena			Densidad de la luz	0
Cálculo de tiempos					Calidad de Aire	0
					Tensión Visual	0
<i>Tiempo Observado</i>	TO	321,10 s		Tensión Auditiva	5	
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,19		Tensión Mental	1	
<i>Tiempo Normal</i>	TN	382,22 s		Monotonía Mental	1	
Tiempo estándar	TS	548,53 s		Monotonía Física	2	

- **Cálculo de tiempo estándar de bordado pantufla sueca**

Tabla 25.- Tiempo estándar de bordado de pantufla sueca.

CÁLULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Bordado			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA			Diseño: Cuadros			
Fuera de Proceso			Trabajo Constante			
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración	
1	Observar orden de producción	8,20 s	1	Tomar el tambor, colocar la entretela y sobre ésta posicionar la capellada	80,72 s	
2	Preparar la bordadora con nuevos hilos	1799,58 s	2	Montar el tambor en la máquina	27,46 s	
3	Preparar el diseño en la máquina	422,67 s	3	Bordar la tela cortada	86,94 s	
			4	Desmontar el tambor de la máquina	7,83 s	
			5	Quitar tela del tambor, corregir hilos y almacenar	42,21 s	
Tiempo de Preparación		2230,45 s	Tiempo Observado		245,17 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Crterios	Valoración		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	0,11	Excelente B1	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	2
Esfuerzo	0,05	Excelente B2	Fatiga	4	Postura anormal	0
Condiciones	0,02	Buenas	% Suplementos	20,00%	Uso de fuerza	0
Consistencia	0,01	Buena			Densidad de la luz	0
Cálculo de tiempos					Calidad de Aire	0
					Tensión Visual	0
<i>Tiempo Observado</i>	TO	245,17 s		Tensión Auditiva	5	
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,19		Tensión Mental	1	
<i>Tiempo Normal</i>	TN	291,75 s		Monotonía Mental	1	
Tiempo estándar	TS	350,10 s		Monotonía Física	2	




• **Cálculo de tiempo estándar de bordado pantufla talón**

Tabla 26.- Tiempo estándar de bordado de pantufla talón.

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Bordado			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA			Diseño: Panda			
Fuera de Proceso			Trabajo Constante			
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración	
1	Observar orden de producción	8,20 s	1	Tomar el tambor, colocar la entretela y sobre ésta posicionar la capellada	17,40 s	
2	Preparar la bordadora con nuevos hilos	1799,58 s	2	Colocar sobre el tambor las piezas de los ojos y la pieza circular	9,40 s	
3	Preparar el diseño en la máquina	422,67 s	3	Montar el tambor en la máquina y bordar el contorno de la cabeza del conejo y su boca	6,30 s	
			4	Desmontar el tambor y colocar pegamento en la capellada	9,40 s	
			5	Pegar la pieza circular y volver a montar el tambor en la máquina	11,20 s	
			6	Bordar el contorno del conejo, sus ojos y boca	11,00 s	
			7	Colocar pegamento en los ojos y pegar la pieza de los ojos	14,80 s	
			8	Bordar el contorno de los ojos	7,33 s	
			9	Desmontar el tambor y cortar los excedentes de tela	62,60 s	
			10	Montar el tambor y bordar los detalles del rostro del conejo	100,77 s	
			11	Desmontar el tambor, cortar los excedentes de tela y apilar la pieza	55,60 s	
Tiempo de Preparación		2230,45 s	Tiempo Observado		305,80 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Crterios	Valoración		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	0,11	Excelente B1	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	2
Esfuerzo	0,05	Excelente B2	Fatiga	4	Postura anormal	0
Condiciones	0,02	Buenas	% Suplementos	20,00%	Uso de fuerza	0
Consistencia	0,01	Buena			Densidad de la luz	0
Cálculo de tiempos					Calidad de Aire	0
					Tensión Visual	0
<i>Tiempo Observado</i>	TO	305,80 s		Tensión Auditiva	5	
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,19		Tensión Mental	1	
<i>Tiempo Normal</i>	TN	363,90 s		Monotonía Mental	1	
Tiempo estándar	TS	436,68 s		Monotonía Física	2	

- **Cálculo de tiempo estándar sublimado de pantufla destalonada con filo**

Tabla 27.-Tiempo estándar de sublimado pantufla destalonada con filo.

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Sublimado			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA			Diseño: Cuadros			
						
Fuera de Proceso			Trabajo Constante			
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración	
1	Calentamiento de la calandra	2699,97 s	1	Sublimado de las telas	11,34 s	
2	Calentamiento de la plancha	1800,00 s	2	Recoger, apilar y contar las piezas	11,15 s	
3	Ajustar parámetros de la máquina según la pieza	180,43 s	3	Colocar las piezas sublimadas en el rack	0,69 s	
4	Acomodarla la tela y la impresión en la máquina	560,62 s				
5	Tomar la capellada del rack	13,35 s				
Tiempo de Preparación		4680,40 s	Tiempo Observado		23,18 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Críterios	Valoración		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	0,06	Buena C1	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	2
Esfuerzo	0,05	Buena C1	Fatiga	4	Postura anormal	0
Condiciones	0	Regulares	% Suplementos	20,00%	Uso de fuerza	0
Consistencia	-0,04	Aceptable			Densidad de la luz	0
Cálculo de tiempos					Calidad de Aire	0
					Tensión Visual	0
<i>Tiempo Observado</i>	TO	23,18 s		tensión Auditiva	5	
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,07		Tensión Mental	1	
<i>Tiempo Normal</i>	TN	24,80 s		Monotonía Mental	1	
Tiempo estándar	TS	29,77 s		Monotonía Física	2	

- **Cálculo de tiempo estándar sublimado de pantufla sueca con filo**


Tabla 28.- Tiempo estándar de sublimado pantufla sueca con filo.

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Sublimado			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA			Diseño: Puntos			
Fuera de Proceso			Trabajo Constante			
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración	
1	Calentamiento de la calandra	2699,97 s	1	Sublimado de las telas	11,34 s	
2	Calentamiento de la plancha	1800,00 s	2	Recoger, apilar y contar las piezas	11,15 s	
3	Ajustar parámetros de la máquina según la pieza	180,43 s	3	Colocar las piezas sublimadas en el rack	0,76 s	
4	Preparar máquina con las impresiones	581,03 s				
5	Tomar capellada o plantilla del rack	12,93 s				
Tiempo de Preparación		180,43 s	Tiempo Observado		23,25 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Crterios	Valoración		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	0,06	Buena C1	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	2
Esfuerzo	0,05	Buena C1	Fatiga	4	Postura anormal	0
Condiciones	0	Regulares	% Suplementos	20,00%	Uso de fuerza	0
Consistencia	-0,04	Aceptable			Densidad de la luz	0
Cálculo de tiempos					Calidad de Aire	0
					Tensión Visual	0
<i>Tiempo Observado</i>	TO	23,25 s		tensión Auditiva	5	
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,07		Tensión Mental	1	
<i>Tiempo Normal</i>	TN	24,88 s		Monotonía Mental	1	
Tiempo estándar	TS	29,85 s		Monotonía Física	2	



- **Cálculo de tiempo estándar de engomado del embolsado**

Tabla 29.- Tiempo estándar de engomado del embolsado.

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Engomado del Embolsado			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA						
Fuera de Proceso						Trabajo Constante
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración	
1	Mantenimiento del rollo de la máquina engomadora	961,20 s	1	Tomar la plantilla eva y colocar pegamento en una cara con el rodillo	7,54 s	
2	Colocar pegamento en la máquina engomadora	29,10 s	2	Tomar el tacón de eva y pegarlo a la plantilla eva	7,86 s	
3	Ver orden de producción	64,20 s	3	Colocar pegamento en el lado sin tacón de la pieza ensamblada con el rodillo	7,48 s	
			4	Tomar la plantilla de espuma y pegarla al primer ensamble	7,14 s	
			5	Revisar las piezas	1,96 s	
			6	Colocar las piezas en gavetas	2,90 s	
Tiempo de Preparación		93,30 s	Tiempo Observado		34,88 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Críterios	Valoración		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	0,06	Buena C1	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	2
Esfuerzo	0,05	Buena C1	Fatiga	4	Postura anormal	0
Condiciones	0,02	Buenas	% Suplementos	15,00%	Uso de fuerza	0
Consistencia	0,01	Buena			Iluminación	0
Cálculo de tiempos					Condiciones Atm	0
					Concentración	0
<i>Tiempo Observado</i>	TO	34,88 s	Ruido		0	
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,14	Tensión Mental		1	
<i>Tiempo Normal</i>	TN	39,76	Monotonía		1	
Tiempo estándar	TS	45,73 s	Tedio		2	

- **Cálculo de tiempo estándar de engomado de costura lateral**


Tabla 30.- Tiempo estándar de engomado de costura lateral.

Fuera de Proceso			Trabajo Constante			
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración	
1	Ver orden de producción	64,20 s	1	Tomar la plantilla eva y colocar pegamento en una cara con el rodillo	6,36 s	
2	Mantenimiento del rollo de la máquina engomadora	961,20 s	2	Formar el relleno pegando la plantilla y el tacón de espuma a la planta eva	8,00 s	
3	Colocar pegamento en la máquina engomadora	29,10 s	3	Colocar pegamento en la suela	4,44 s	
			4	Ensamblar el relleno en la suela	9,72 s	
			5	Revisar el ensamble	1,78 s	
			6	Almacenar el ensamble en una gaveta	3,10 s	
Tiempo de Preparación		990,30 s	Tiempo Observado		33,40 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Críterios	Valoración		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	0,06	Buena	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	2
Esfuerzo	0,05	Excelente	Fatiga	4	Postura anormal	0
Condiciones	0,02	Regulares	% Suplementos	15,00%	Uso de fuerza	0
Consistencia	0,01	Buena			Iluminación	0
Cálculo de tiempos					Condiciones Atm	0
					Concentración	0
<i>Tiempo Observado</i>	TO	33,40 s			Ruido	0
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,14			Tensión Mental	1
<i>Tiempo Normal</i>	TN	38,08 s			Monotonía	1
Tiempo estándar	TS	43,79 s			Tedio	2




- **Cálculo de tiempo estándar de aparato de costura lateral**


Tabla 31.- Tiempo estándar de aparato de costura lateral.

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Aparado de Costura Lateral			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA						
Fuera de Proceso						Trabajo Constante
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración	
1	Ver orden de producción	64,20 s	1	Tomar una pieza de capellada y una de forro de capellada y realizar el cosido frontal	52,24 s	
2	Preparar la máquina de coser con el nuevo hilo	97,57 s	2	Ensamble A: Tomar la pieza cosida y realizar un nuevo cosido en la parte del talón	40,73 s	
3	Tomar, contar las piezas y colocarlas en la mesa	4,41 s	3	Cortar los bordes irregulares del ensamble A y colocar en el contenedor	17,30 s	
			4	Ensamble B: Coser parte frontal inferior, uniendo el ensamble A a la plantilla de tela	53,29 s	
			5	Realizar el plantillado de la pantufla cosiendo la parte posterior inferior del ensamble B	103,94 s	
Tiempo de Preparación		101,98 s	Tiempo Observado		267,49 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Crterios	Valoración		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	0,08	Excelente B2	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	0
Esfuerzo	0,08	Excelente B2	Fatiga	4	Postura anormal	2
Condiciones	0,02	Buenas	% Suplementos	22,00%	Uso de fuerza	0
Consistencia	0	Regular			Densidad de la luz	0
Cálculo de tiempos					Calidad de Aire	0
					Tensión Visual	2
<i>Tiempo Observado</i>	TO	267,49 s	Tensión Auditiva	2		
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,18	Tensión Mental	4		
<i>Tiempo Normal</i>	TN	315,64 s	Monotonía Mental	1		
Tiempo estándar	TS	385,08 s	Monotonía Física	2		

- Cálculo de tiempo estándar de armado del embolsado**

Tabla 32.- Tiempo estándar de armado del embolsado.

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Aparado del Embolsado			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA						
Fuera de Proceso						Trabajo Constante
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración	
1	Ver orden de producción	64,20 s	1	Tomar una pieza de capellada y una de forro de capellada y realizar el cosido interno	97,57 s	
2	Preparar la máquina de coser con el nuevo hilo	97,57 s	2	Colocar la pieza cosida en otro contenedor	129,00 s	
3	Tomar y contar las piezas	129,00 s	3	Ensamble A: Tomar la pieza del contenedor, ubicarla en la máquina y realizar un cosido externo de la capellada y forro de la capellada	12,84 s	
4	Ubicar capellada y forro de capellada en la mesa	12,84 s	4	Cortar los bordes irregulares del ensamble A y colocar en el contenedor	16,31 s	
			5	Colocar la pieza denominada tira sobre la mesa	1,28 s	
			6	Ensamble B: Tomar una tira y coser por los extremos	30,84 s	
			7	Ensamble C: Colocar el ensamble A y B en la mesa de trabajo y coserlos para unirlos	17,30 s	
			8	Ensamble D: Colocar la planta y el Ensamble C sobre la mesa de trabajo y coserlas	6,00 s	
			9	Suplir el requerimiento de suelas para el modelo	14,51 s	
			10	Ensamble Final: Colocar la suela y el Ensamble D sobre la mesa de trabajo y coserlos	42,07 s	
Tiempo de Preparación		239,41 s	Tiempo Observado		367,73 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Crterios	Valoración		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	0,08	Excelente B2	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	0
Esfuerzo	0,08	Excelente B2	Fatiga	4	Postura anormal	0
Condiciones	0,02	Buenas	% Suplementos	17,00%	Uso de fuerza	0
Consistencia	0,01	Buena			Densidad de la luz	0

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01		
Proceso: Aparado del Embolsado			Método: Actual		
Elaborado: Proyecto SUMA					
Cálculo de tiempos				Calidad de Aire	0
				Tensión Visual	2
<i>Tiempo Observado</i>	TO	367,73 s	Tensión Auditiva	2	
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,19	Tensión Mental	1	
<i>Tiempo Normal</i>	TN	437,59 s	Monotonía Mental	1	
<i>Tiempo estándar</i>	TS	511,98 s	Monotonía Física	2	

- **Cálculo de tiempo estándar de costura lateral**

Tabla 33.- Tiempo estándar de costura lateral.

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Costura Lateral			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA						
Fuera de Proceso			Trabajo Constante			
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración	
1	Preparar la máquina de coser con el nuevo hilo	180,53 s	1	Tomar aparato y relleno de las gavetas	4,05 s	
2	Ver orden de producción	64,20 s	2	Coser el ensamble del aparato junto al relleno y almacenarlo	29,55 s	
Tiempo FP		244,73 s	Tiempo Constante		33,60 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Críterios	Valoración		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	0,06	Buena C1	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	0
Esfuerzo	0,02	Buena C2	Fatiga	4	Postura anormal	0
Condiciones	0,02	Buenas	% Suplementos	23,00 %	Uso de fuerza	0
Consistencia	0	Regular			Densidad de la luz	0
Cálculo de tiempos				Calidad de Aire	0	
				Tensión Visual	2	
<i>Tiempo Observado</i>	TO	33,60 s	Tensión Auditiva	2		
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,10	Tensión Mental	4		
<i>Tiempo Normal</i>	TN	36,96 s	Monotonía Mental	4		
<i>Tiempo estándar</i>	TS	45,46 s	Monotonía física	2		


- **Cálculo de tiempo estándar de embolsado**

Tabla 34.- Tiempo estándar de embolsado.

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Embolsado			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA						
Fuera de Proceso						Trabajo Constante
N°	Actividad	Duración	N°	Actividad	Duración	
1	Preparar la máquina de coser	295,18 s	1	Realizar el volteado inicial de la pantufla	11,16 s	
2	Ver orden de producción	64,20 s	2	Rellenar pantufla	19,52 s	
3	Cambio de hilo de la máquina	119,79 s	3	Coser el espacio por donde se introdujo el relleno	36,34 s	
			4	Realizar el volteado final	24,94 s	
			5	Emparejamiento y almacenamiento	9,64 s	
Tiempo de Preparación		479,17 s	Tiempo Observado		101,61 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Críterios	Valoración		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	0,08	Excelente B2	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	2
Esfuerzo	0,05	Bueno C1	Fatiga	4	Postura anormal	0
Condiciones	0,02	Buenas	% Suplementos	15,00%	Uso de fuerza	0
Consistencia	0,01	Buenas			Iluminación	0
Cálculo de tiempos	Actividad de Embolsado		Actividad de Costura del Embolsado		Condiciones Atm	0
<i>Tiempo Observado</i> TO	30,68 s		70,92 s		Concentración	0
<i>Factor de desempeño</i> FD	0,16		0,16		Ruido	0
<i>Tiempo Normal</i> TN	35,59 s		82,27 s		Tensión Mental	1
<i>Tiempo estándar</i> TS	40,93 s		94,61 s		Monotonía	1
Tiempo estándar TOTAL	135,54 s				Tedio	2


- **Cálculo de tiempo estándar terminado y etiquetado de costura lateral**

Tabla 35.- Tiempo estándar de terminado y etiquetado costura lateral.

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Terminado y etiquetado Costura Lateral			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA						
Fuera de Proceso						Trabajo Constante
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración	
1	Ver orden de producción	64,20 s	1	Controlar las etiquetas	2,87 s	
			2	Control de calidad	37,89 s	
			3	Flechar pantuflas	3,54 s	
			4	Flechar tarjetas en las pantuflas	5,60 s	
			5	Poner ganchos en la pantufla	3,09 s	
			6	Sopletear pantuflas	7,40 s	
			7	Poner código final en la plantilla de la pantufla	4,98 s	
			8	Enfundar pantuflas	18,01 s	
<i>Tiempo de Preparación</i>		64,20 s	<i>Tiempo Observado</i>		83,38 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Crterios	Valoración		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	0,11	Excelente B1	Necesidades Personales	7	Trabajo pie	4
Esfuerzo	0,05	Bueno	Fatiga	4	Postura anormal	1
Condiciones	0,02	Buena	% Suplementos	21,00%	Uso de fuerza	1
Consistencia	0,01	Buena			Densidad de la luz	0
Cálculo de tiempos						
<i>Tiempo Observado</i>	TO	83,38 s		Calidad de Aire	0	
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,19		Tensión Visual	0	
<i>Tiempo Normal</i>	TN	99,22 s		Tensión Auditiva	2	
<i>Tiempo estándar</i>	TS	120,06 s		Tensión Mental	1	
				Monotonía Mental	1	
				Monotonía física	0	


- **Cálculo de tiempo estándar terminado y etiquetado del embolsado**

Tabla 36.- Tiempo estándar de terminado y etiquetado embolsado.

CÁLULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Terminado y Etiquetado Embolsado			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA						
Fuera de Proceso						Trabajo Constante
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración	
1	Ver orden de producción	64,20 s	1	Controlar las etiquetas	2,72 s	
			2	Control de calidad	17,50 s	
			3	Flechar pantuflas	3,20 s	
			4	Flechar tarjetas en las pantuflas	2,96 s	
			5	Poner ganchos en la pantufla	2,53 s	
			6	Sopletear pantuflas	6,73 s	
			7	Poner código final en la plantilla de la pantufla	5,13 s	
			8	Enfundar pantuflas	12,84 s	
Tiempo de Preparación		64,20 s	Tiempo Observado		53,59 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Crterios	Valoración		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	0,11	Buena	Necesidades Personales	7	Trabajo pie	4
Esfuerzo	0,05	Excelente	Fatiga	4	Postura anormal	1
Condiciones	0,02	Regulares	% Suplementos	21,00%	Uso de fuerza	1
Consistencia	0,01	Buena			Densidad de la luz	0
Cálculo de tiempos					Calidad de Aire	0
					Tensión Visual	0
<i>Tiempo Observado</i>	TO	53,59 s		Tensión Auditiva	2	
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,19		Tensión Mental	1	
<i>Tiempo Normal</i>	TN	63,78 s		Monotonía Mental	1	
Tiempo estándar	TS	77,17 s		Monotonía Física	0	

- **Cálculo de tiempo estándar de empaquetado**

Tabla 37.- Tiempo estándar de empaquetado.

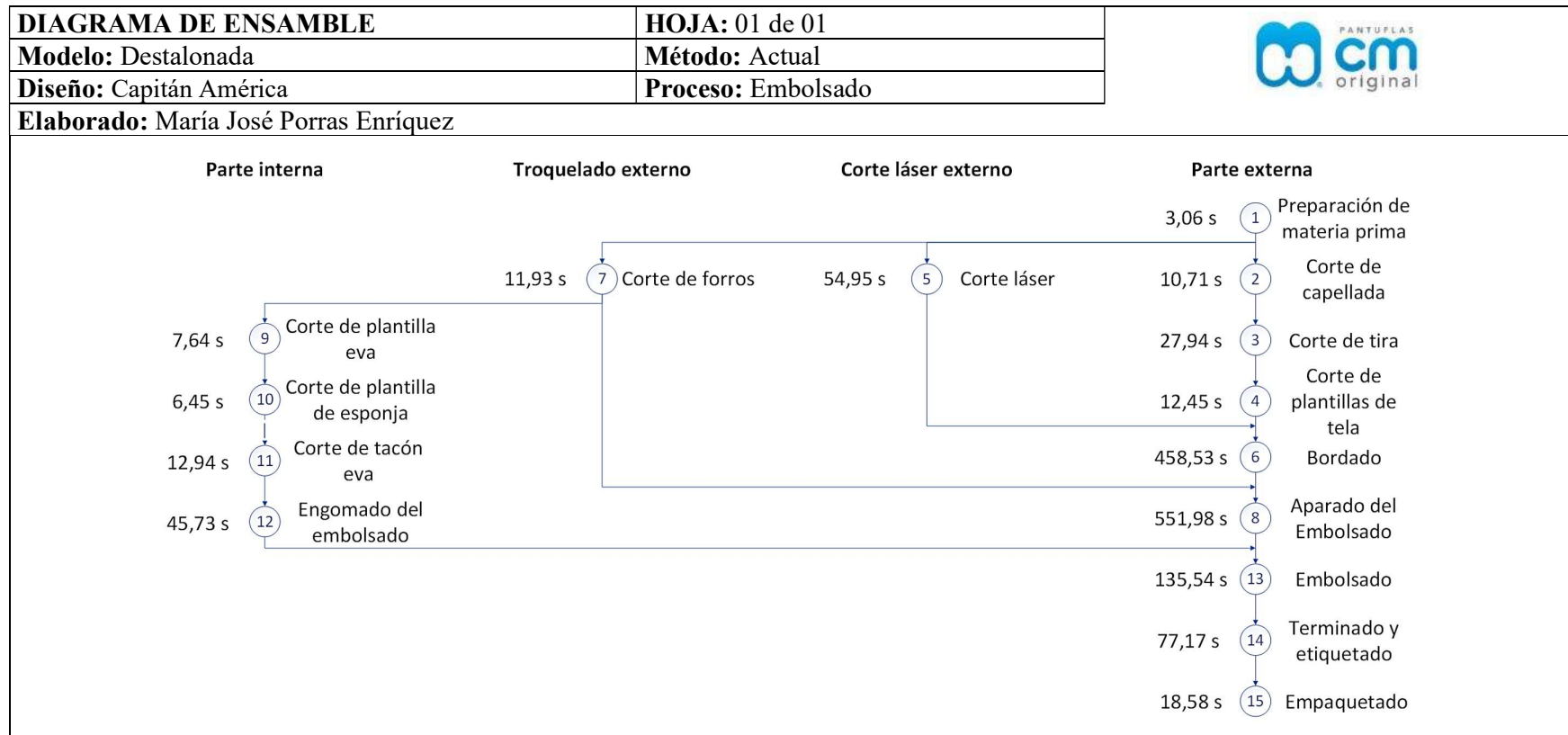
CÁLULO DE TIEMPO ESTÁNDAR			HOJA: 01 DE 01			
Proceso: Empaquetado			Método: Actual			
Elaborado: Proyecto SUMA						
Fuera de Proceso						Trabajo Constante
Nº	Actividad	Duración	Nº	Actividad	Duración	
1	Ver orden de producción	64,20 s	1	Inspeccionar las pantuflas a empacar	2,04 s	
2	Armar una caja de cartón	2,27 s	2	Almacenar las pantuflas en la caja de cartón	9,21 s	
			3	Sellar el cartón con cinta adhesiva	1,87 s	
			4	Almacenar el cartón en el lugar correspondiente	0,80 s	
Tiempo de Preparación		2,27 s	Tiempo Observado		13,93 s	
Sistema Westinghouse			Cálculo de Suplementos			
Crterios	Valoración		Constantes	Valor	Variables	Valor
Habilidad	0,06	Buena C1	Necesidades Personales	5	Trabajo pie	2
Esfuerzo	0,08	Excelente B2	Fatiga	4	Postura normal	0
Condiciones	0,02	Buena	% Suplementos	15,00%	Uso de fuerza	1
Consistencia	0	Regular			Iluminación	0
Cálculo de tiempos					Condiciones Atm	0
					Tensión visual	0
<i>Tiempo Observado</i>	TO	13,93 s		Ruido	0	
<i>Factor de desempeño</i>	FD	0,16		Tensión mental	1	
<i>Tiempo Normal</i>	TN	16,16 s		Monotonía Mental	0	
Tiempo estándar	TS	18,58 s		Monotonía física	2	

3.2.3 Diagrama de ensamble

Una vez determinado el tiempo estándar de cada uno de los procesos, se procede a representarlo en el diagrama de ensamble por cada modelo de pantufla, el cual también nos permite ilustrar el procedimiento de ensamble que conlleva la fabricación de las pantuflas para el estudio y a su vez el fácil cálculo del tiempo de ensamble de cada modelo analizado.

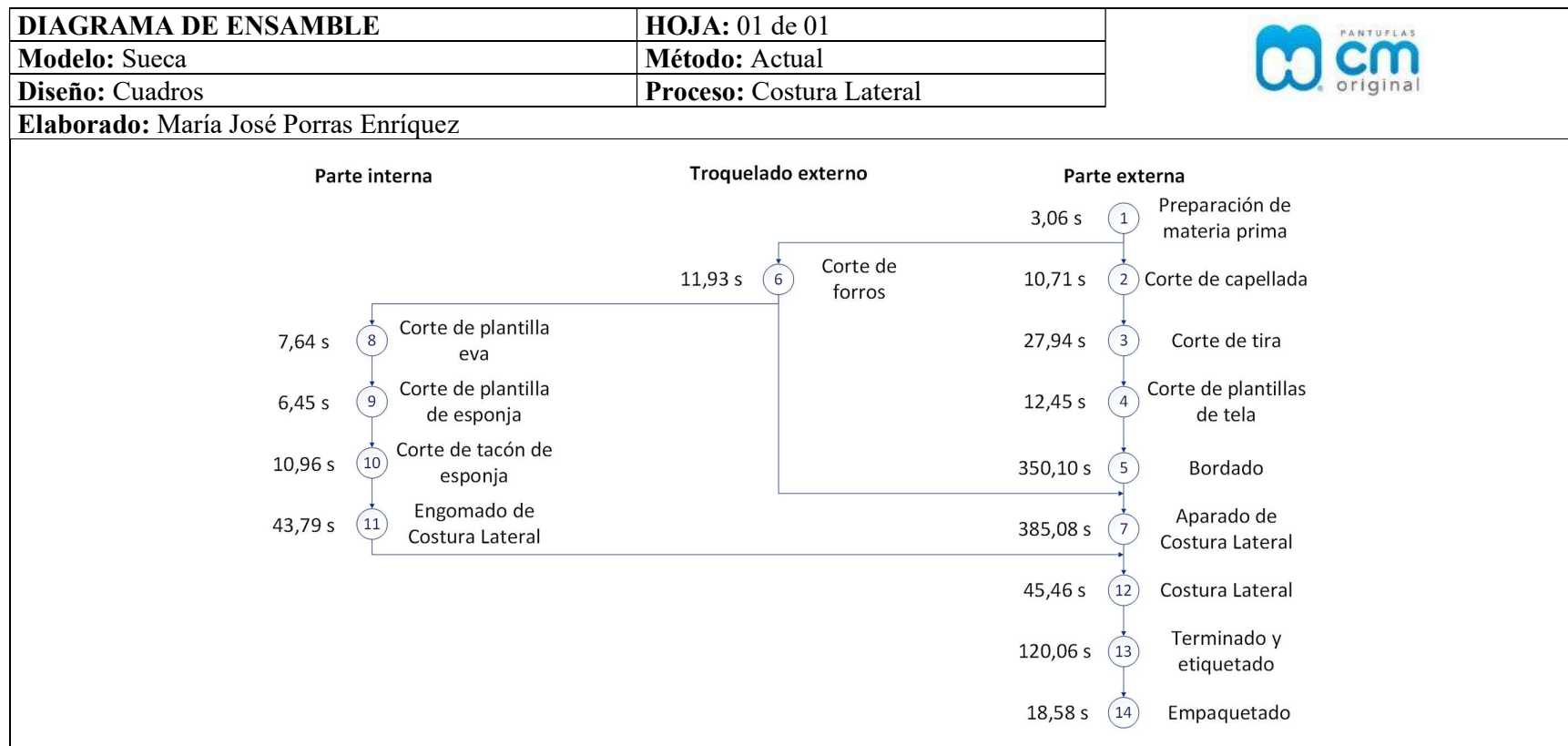
- Pantufla Destalonada**

Tabla 38.- Diagrama de ensamble pantufla destalonada.



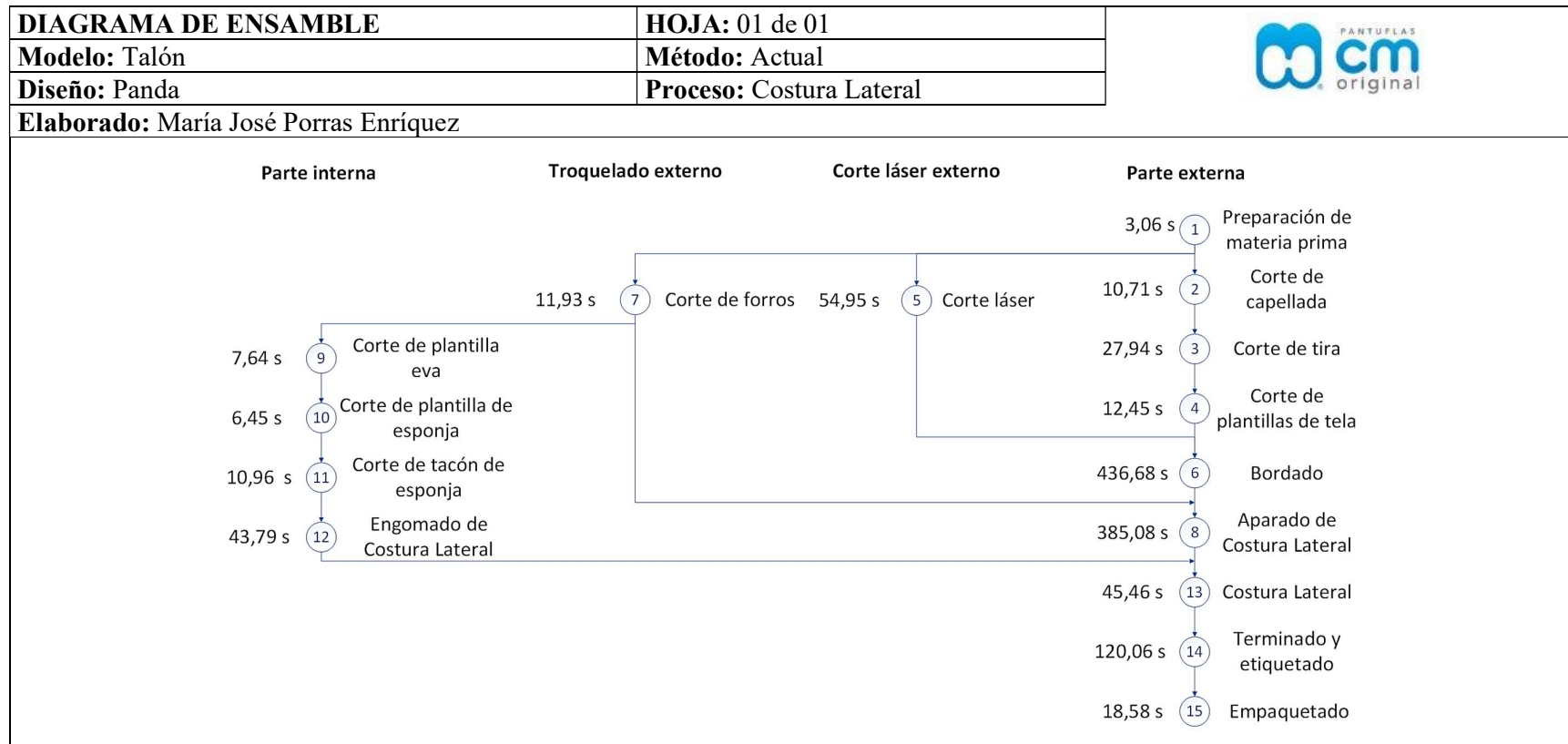
- **Pantufla Sueca**

Tabla 39.- Diagrama de ensamble pantufla sueca.



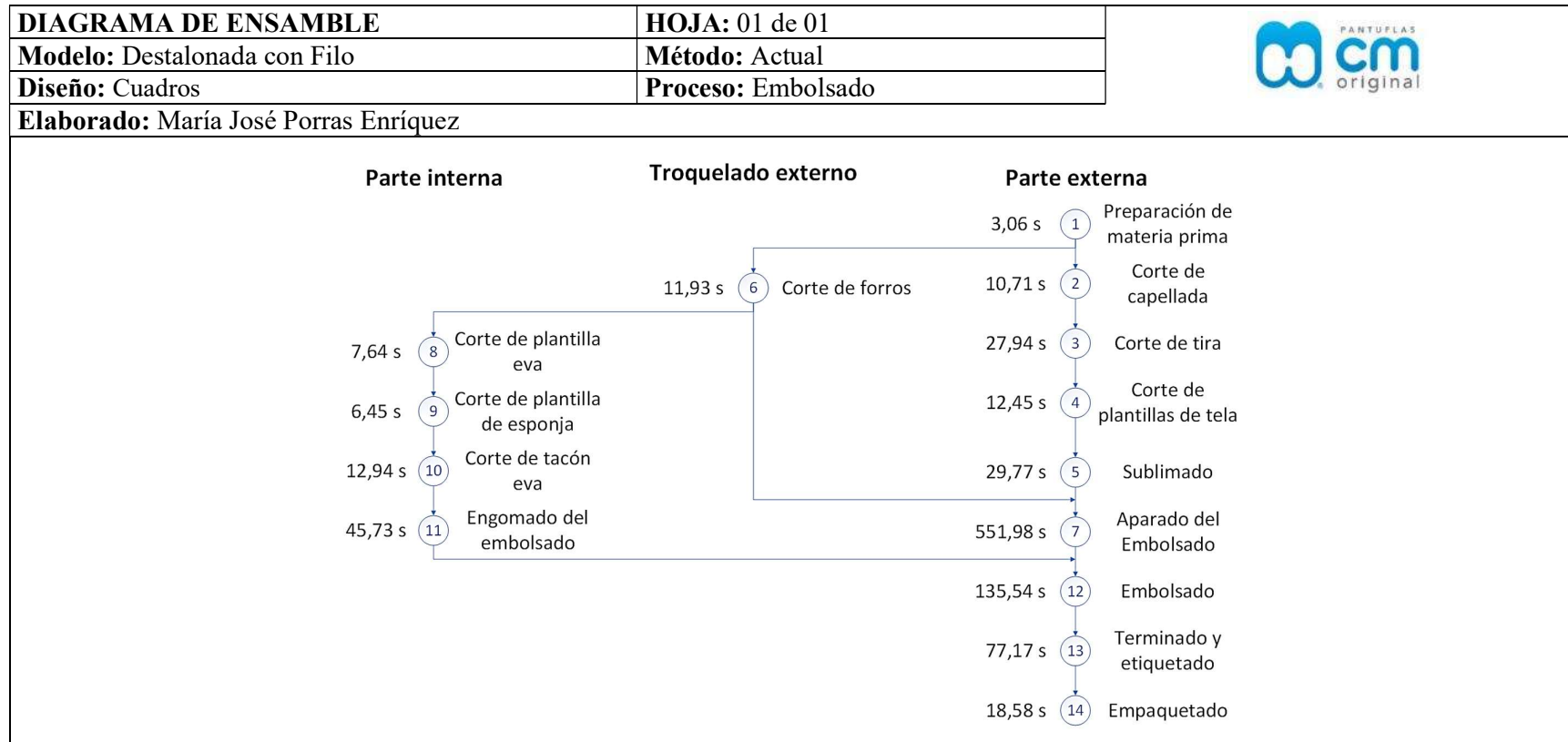
- **Pantufla Talón**

Tabla 40.- Diagrama de ensamble pantufla talón.



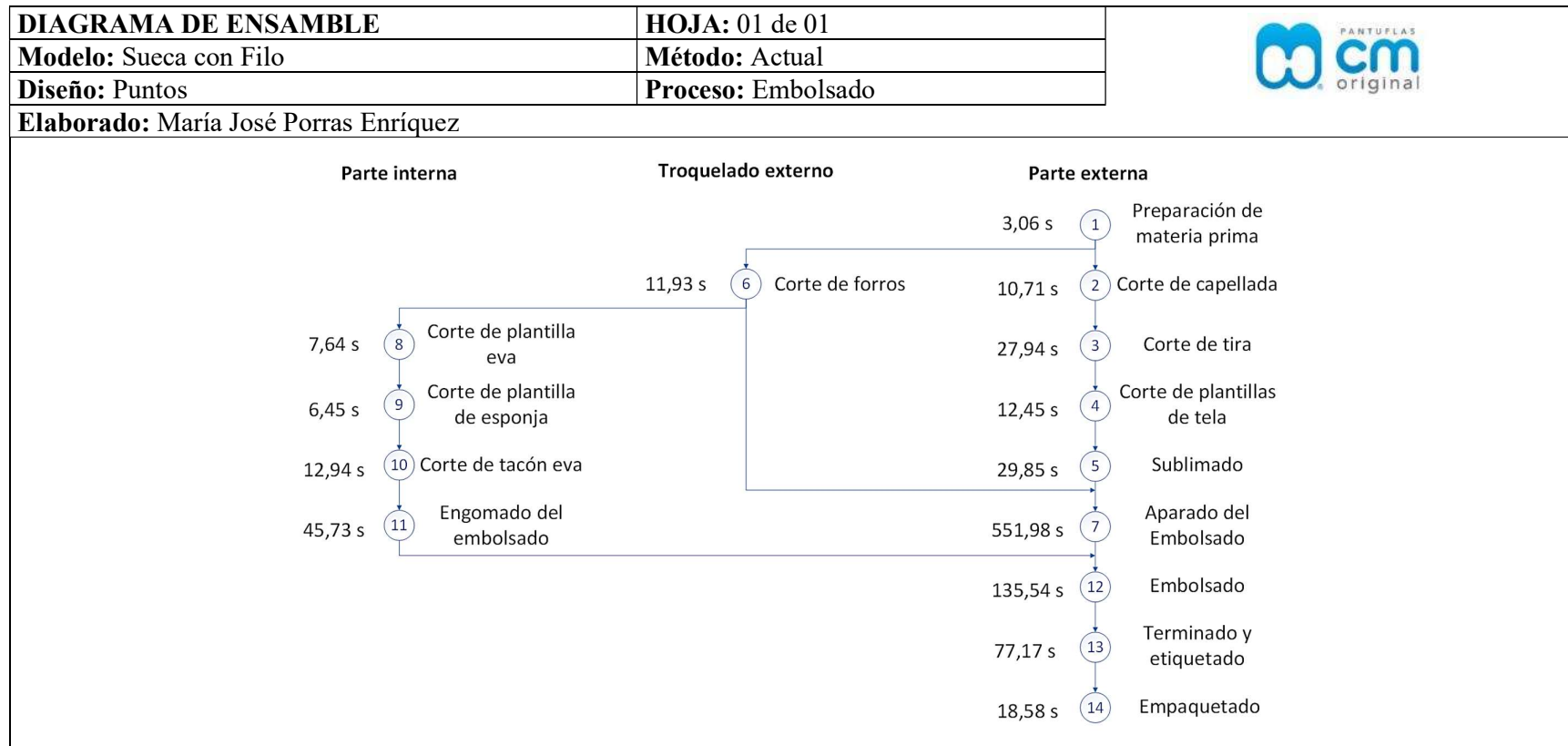
- **Pantufla Destalonada con Filo**

Tabla 41.- Diagrama de Ensamble pantufla destalonada con filo.



- **Pantufla Sueca con Filo**

Tabla 42.- Diagrama de ensamble pantufla sueca con filo.



3.2.4 Diagrama de recorrido

Mediante el Diagrama de recorrido se realiza un análisis del traslado del material dentro de la planta durante el proceso de fabricación hasta ser culminado. Para el presente estudio se realiza el diagrama de recorrido para cada pantufla analizada según su respectivo proceso, estas son: destalonada, sueca, talón, destalonada con filo y sueca con filo. En el Anexo 3 se muestran los diagramas de recorrido, en los cuales se utiliza la simbología para operaciones y transportes. Teniendo en cuenta que las operaciones se encuentran enumeradas de igual manera que cómo se muestra en los diagramas de ensamble de cada pantufla.

En la Tabla 43 podemos observar un resumen en donde se encuentra la distancia recorrida por cada pantufla en metros para su fabricación.

Tabla 43.- Distancia recorrida por producto.

Producto	Modelo	Diseño	Estructura	Distancia (m)
P1	Destalonada	Capitán América	Embolsado	236,27
P2	Sueca	Cuadros	Costura Lateral	171,41
P3	Talón	Conejo	Costura Lateral	197,95
P4	Destalonada con filo	Cuadros	Embolsado	220,78
P5	Sueca con filo	Puntos	Embolsado	220,78

3.2.5 Análisis de parámetros de bioseguridad

La aparición de la pandemia por COVID-19 provocó que el mundo entero se adapte a medidas primordiales para su prevención. Es así como varias entidades del país han presentado lineamientos y protocolos que deben seguirse en diferentes ámbitos, como en este caso, el sector industrial y productivo. En la Tabla 44 se describen algunas medidas que el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca y el COE Nacional recomiendan para las actividades de industria y comercio.

Tabla 44.- Medidas de bioseguridad [36], [37].

Medidas	Desarrollar un procedimiento de prevención y actuación frente al COVID-19 y mantenerlo actualizado.
	Socializar los protocolos y determinar los actores que están relacionados con la empresa.
	Identificar y registrar los grupos vulnerables para priorizar su teletrabajo.
	Dotar de kits de prevención al personal que incluye mascarilla y alcohol antiséptico.
	Utilizar señalética de seguridad e indicadores de separación.
	Dotar de espacios al personal para que puedan guardar sus objetos personales.
	Disponer de puntos de higiene y desinfección.
	Gestionar el manejo de residuos.
	<i>Analizar la distribución y organización de espacios y procesos para mantener las distancias de seguridad.</i>
	Verificar la renovación de aire en el ambiente.
	<i>Mantener distanciamiento social de 2 metros entre las personas.</i>
	Evitar aglomeraciones.
	Determinar la necesidad de crear turnos y descansos alternados.

3.2.6 Selección del tipo de distribución de planta

La empresa CM Original cuenta actualmente con una distribución por proceso. En la selección de la distribución adecuada para el rediseño de la planta se consideran los tipos de distribuciones existentes, los cuales son: por posición fija, por producto, por proceso y celdas o células de trabajo, que se detallan en el índice 1.2.2. Para esto se consideran los siguientes factores:

Tabla 45.- Ponderación de factores para distribución de planta.

Factor	Ponderación	Descripción
1. Asegura el distanciamiento social	40%	Se requiere que el trabajo se adapte a las medidas de bioseguridad indicadas como prevención de contagio de COVID-19. Dentro de estas medidas se recomiendan: <ul style="list-style-type: none"> - Analizar la distribución y organización de espacios y procesos para mantener las distancias de seguridad. - Mantener distanciamiento social de 2 metros entre las personas.

Factor	Ponderación	Descripción
2. Responde a las características de la producción.	30%	Es importante aplicar un tipo de distribución de planta que se adapte a la fabricación de los productos analizados.
3. Genera un valor de mejora respecto a la distribución actual.	20%	Una distribución adecuada debe representar una optimización en ciertos factores como distancia y tiempo en la producción.
4. Es factible su implementación.	10%	Se deben tener en cuenta las características de la planta para seleccionar una distribución que sea fácil de adaptar.

Para la evaluación se designa una escala del 1 al 10 para cada factor, y quien califica es la investigadora y los miembros del proyecto “SUMA”. El cálculo de las puntuaciones globales que tiene cada alternativa se lo realiza utilizando la ecuación (4). En la Tabla 46 se lleva a cabo la calificación de los factores utilizando la escala designada, por parte de los evaluadores.

Tabla 46.- Calificación de tipos de distribución.

Factores	Asegura el distanciamiento social	Responde a las características de la producción	Genera un valor de mejora respecto a la distribución actual	Es factible su implementación	
Peso Relativo (%)	40%	30%	20%	10%	
Distribución de planta	Calificación (Investigador)				
	Por Posición Fija	5	0	0	0
	Por producto	6	8	7	9
	Por proceso	6	7	7	9
	Células de trabajo	9	8	8	8
	Calificación (Grupo de trabajo del proyecto SUMA)				
	Por Posición Fija	3	0	0	0
	Por producto	5	6	5	5
	Por proceso	8	9	6	8
	Células de trabajo	10	8	9	6

A partir de esta calificación se realiza el promedio de cada puntuación asignada a los factores, esto se muestra en la Tabla 47. A su vez se realiza el cálculo de la puntuación total que obtienen los tipos de distribución de planta.

Tabla 47.- Selección del tipo de distribución de planta.

Factores		Asegura el distanciamiento social	Responde a las características de la producción	Genera un valor de mejora respecto a la distribución actual	Es factible su implementación	Total
Peso Relativo (%)		40%	30%	20%	10%	
Distribución de	Nombre	Calificación Promedio				
	Por Posición Fija	4	0	0	0	1,6
	Por producto	5,5	7	6	7	6,2
	Por proceso	7	8	6,5	8,5	7,35
	Células de trabajo	9,5	8	8,5	7	8,6

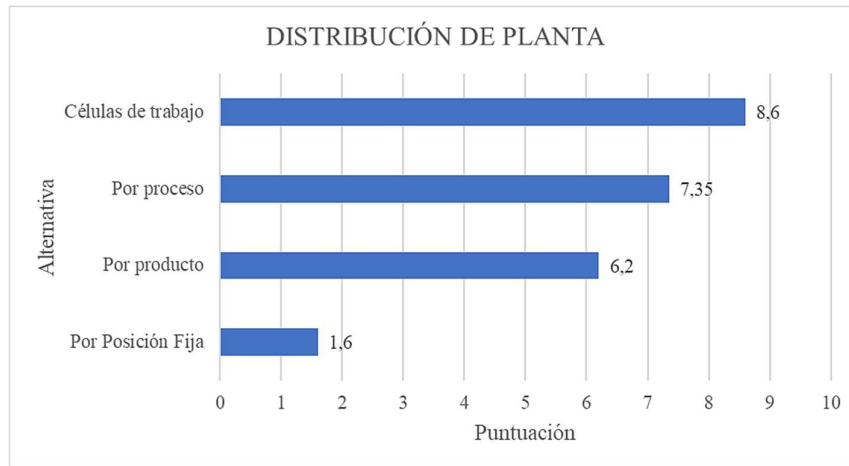


Figura 27.- Selección de la distribución de planta.

Interpretación:

En base a la calificación realizada la opción de células de trabajo tiene una puntuación total de 8,6; la distribución por proceso 7,35; distribución por producto 6,2 y por posición fija 1,6. Siendo la puntuación más alta y por ende la seleccionada para el presente estudio la distribución por células o celdas de manufactura.

3.2.7 Construcción del modelo de distribución de planta

En esta sección se definen dos modelos matemáticos; el primero tiene el objetivo de hallar la familia de productos adecuada para cada celda de manufactura, mientras que el segundo se enfoca en planeación agregada con la finalidad de minimizar los costos de producción y de manejo de materiales, así como determinar el requerimiento de mano de obra y maquinaria.

- **Definición de parámetros, restricciones y función objetivo.**

Dentro de la construcción del modelo matemático se tienen en cuenta los siguientes elementos: parámetros, función objetivo y sus restricciones. Para poder definir estos elementos es necesario conocer el caso de estudio a profundidad e identificar cómo se va a enfocar el modelo matemático. En la Tabla 48 se definen las características del modelo.

Tabla 48.- Características del modelo matemático.

Característica del Modelo	Descripción
Empírico	El modelo matemático utiliza información real del caso de estudio.
Cuantitativo	Los resultados que se buscan con el modelo son de tipo cuantitativo, es decir, poseen valores puntuales.
Optimización	El modelo se orienta a la obtención de soluciones óptimas ante problemáticas planteadas.
Universalidad	Se puede aplicar el modelo a varios casos de estudio y no se encierra en un caso en particular.
MIP	El modelo utiliza programación lineal entera mixta (Mixed Interger Programming MIP)

Modelo 1: Celdas de Manufactura

El modelo mostrado a continuación se ha analizado y planteado en base a la investigación realizada por Humberto Delgado Carpintero [31]. La nomenclatura de los índices se describe a continuación:

Índices

c = celda de manufactura

p = producto

m = máquina

Parámetros

En la Tabla 49 se detallan los parámetros que serán tomados en cuenta dentro de la construcción, los cuales son aplicables a distintos casos de estudio.

Tabla 49.-Parámetros para el estudio.

Nomenclatura	Parámetro	Detalle
Mam	Cantidad de máquinas tipo "m"	Se trata del número de máquinas por tipo que dispone la empresa de estudio.
Amp	Producto "p" procesado por la máquina "m"	Son los productos seleccionados para el estudio que se procesan en determinada máquina.

Variables

En la Tabla 50 se detallan las variables que intervienen en el modelo matemático.

Tabla 50.- Variables del estudio.

Nomenclatura	Variable
Hmcp	1, si el "p"-ésimo producto no requiere la máquina "m" dentro de la célula "c", caso contrario 0.
Emcp	1, si el "p"-ésimo producto requiere la máquina "m" fuera de la célula "c", caso contrario 0.
Xmc	Variable para la asignación de la máquina "m" en la celda "c"
Ypc	Variable para la asignación de producto "p" en la celda "c"

Función Objetivo

Kumar y Chandrasekharan [31] han desarrollado un criterio cuantitativo alternativo para la formación de familias de partes y asignación de máquinas a células llamado eficacia de grupo. Esta medida cuantitativa que deseamos optimizar mediante su maximización se muestra en la ecuación (6).

$$Max = \frac{1 - (\text{excepcionales/operaciones})}{1 + (\text{huecos/operaciones})} * 100 \quad (6)$$

La ecuación (6) permite reacomodar los renglones y las columnas de la matriz máquina-producto con el fin de agrupar la mayor cantidad de 1 en la diagonal de bloques y los 0 fuera de ella.

Restricciones. Tomado de [31].

$$\sum_c^c X_{mc} \leq Ma_m, \forall m \quad (7)$$

$$\sum_c^c Y_{pc} = 1, \forall p \quad (8)$$

$$\sum_m^M X_{mc} \leq M, \forall c \quad (9)$$

$$\sum_m^M X_{mc} \geq 0, \forall c \quad (10)$$

$$KX_{mc} - \sum_p^P A_{mp}Y_{pc} \geq 0, \forall c, \forall m \quad (11)$$

$$K(1 - X_{mc}) - \sum_p^P (1 - A_{mp})Y_{pc} + \sum_{p \in (A_{mp}=0)}^P H_{mcp} \geq 0, \forall c, \forall m \quad (12)$$

$$\sum_m^M \sum_c^c \sum_{p \in (A_{mp}=1)}^P E_{mcp} = 0 \quad (13)$$

$$\sum_m^M \sum_c^C \sum_{p \in (A_{mp}=0)}^P H_{mcp} = Huecos \quad (14)$$

$$\sum_m^M \sum_p^P A_{mp} = Operaciones \quad (15)$$

$$H_{mcp}, Y_{pc}, E_{mcp}, \in (0,1) \quad (16)$$

Estas restricciones son explicadas en la Tabla 51 que se muestra a continuación.

Tabla 51.- Restricciones del modelo matemático.

Ecuación	Restricción
(7)	Una máquina puede asignarse a varias células dependiendo de la cantidad disponible.
(8)	Un producto no debe asignarse a más de una célula.
(9), (10)	Limita el número mínimo y máximo de máquinas dentro de cada célula.
(11)	El número de veces que es requerida una máquina para producir un producto debe ser mayor o igual al número de operaciones que requieren dicha máquina en todos los productos asignados a la célula.
(12)	El número de huecos debe ser mayor o igual al número de operaciones asignadas a la célula que no utiliza ese tipo de máquina.
(13)	No existen movimientos intercelulares.
(15)	Permite contar los elementos vacíos (huecos).
(16)	Permite contar todas las operaciones realizadas.
(16)	Variables toman valores de 0 o 1

Modelo 2: Planeación Agregada, manejo de material y recursos necesarios

La nomenclatura de los índices se describe a continuación:

Índices

i = periodo

c = celda de manufactura

p = producto

m = máquina

En donde los periodos son tomados como los meses del año que se desea analizar, las celdas de manufactura son el resultado del modelo 1, los productos son los cinco seleccionados para el estudio, y las máquinas son las descritas en la Tabla 11.

Parámetros

En la Tabla 52 se detallan los parámetros que serán tomados en cuenta dentro de la construcción con interés de que sean aplicables a distintos casos de estudio.

Tabla 52.-Parámetros para el estudio.

Nomenclatura	Parámetro	Detalle
Tnp	Costo unitario de fabricar el producto "p"	Es el costo que representa la fabricación del producto considerando el tiempo ordinario de trabajo.
CTESp	Costo unitario de fabricar el producto "p" en tiempo extra suplementario	Es el costo que representa la fabricación del producto cuando se realiza fuera del tiempo ordinario entre semana.
CTEEp	Costo unitario de fabricar el producto "p" en tiempo extra extraordinario	Es el costo que representa la fabricación del producto cuando se realiza fuera del tiempo ordinario en fines de semana y feriados.
CSp	Costo unitario de subcontratar el producto "p"	Es el costo que implica la subcontratación para la fabricación del producto en caso de que la empresa lo realice.
CSOp	Costo unitario de subcontratar operaciones del producto "p"	Es el costo que implica la subcontratación para alguna operación dentro de la fabricación, en caso de que la empresa lo realice.
CIp	Costo unitario de mantener inventario del producto "p"	Es el costo que implica mantener el inventario de producto terminado.
CDRp	Costo unitario por distancia recorrida por el producto "p" en tiempo normal	Es el costo que implica el traslado del material en proceso durante la fabricación en tiempo ordinario.

Nomenclatura	Parámetro	Detalle
CDRTESp	Costo unitario por distancia recorrida por el producto "p" en tiempo suplementario	Es el costo que implica el traslado del material en proceso durante la fabricación en tiempo suplementario.
CDRTEEp	Costo unitario por distancia recorrida por el producto "p" en tiempo extraordinario	Es el costo que implica el traslado del material en proceso durante la fabricación en tiempo extraordinario.
CDR	Costo por distancia recorrida	Es un costo implícito dentro de las actividades productivas, que corresponde al movimiento del material durante la fabricación.
DRp	Cantidad recorrida por el producto "p" para su confección	Se refiere a la distancia que el material en proceso recorre dentro de su proceso productivo en las instalaciones hasta su culminación.
tp	Tiempo de ensamble del producto "p"	Este tiempo corresponde al total de los tiempos de cada una de las operaciones que componen la fabricación del producto.
tspm	tiempo de la operación del producto "p" en la máquina "m"	Corresponde al tiempo que el producto utiliza dentro de una máquina para su proceso de fabricación.
Xpc	Producto "p" fabricado en la celda "c"	Corresponde al producto analizado dentro de su respectiva celda de manufactura.
Mmc	Máquina "m" asignada a la celda "c"	Se refiere a cierta máquina que se encuentra asignada a una celda.
Dpi	Demanda del producto "p" en el periodo "i"	Es la cantidad de producto solicitados por el cliente dentro de un periodo determinado.
CAPSi	Capacidad de subcontratación en el periodo "i"	En el caso de que se brinden servicios de subcontratación, se refiere a la cantidad de producto que este proveedor puede brindar dentro de un periodo definido.
TNDi	Tiempo normal disponible por periodo	Este tiempo es el máximo que se tiene en un horario ordinario de trabajo.

Nomenclatura	Parámetro	Detalle
TESDi	Tiempo extra suplementario disponible por periodo	Este tiempo es el máximo que se tiene en un horario suplementario de trabajo.
TEEDi	Tiempo extra extraordinario disponible por periodo	Este tiempo es el máximo que se tiene en un horario extraordinario de trabajo.

Variables

En la Tabla 53 se detallan las variables que intervienen en el modelo matemático.

Tabla 53.- Variables del estudio.

Nomenclatura	Variable
Npci	Cantidad de productos "p" fabricado en tiempo normal en la celda "c" en el periodo "i"
ESpci	Cantidad de productos "p" fabricado en horas suplementarias en la celda "c" en el periodo "i"
EEpci	Cantidad de productos "p" fabricado en horas extraordinarias en la celda "c" en el periodo "i"
Spi	Cantidad de productos a subcontratar del producto "p" en el periodo "i"
Inpi	Cantidad de inventario del producto "p" en el periodo "i"
KMamc	Cantidad de máquinas "m" en la celda "c"
KMOci	Cantidad de personas requeridas en la celda "c" en el periodo "i"

Función Objetivo

Teniendo en cuenta los parámetros y variables que se quiere analizar, se construye la función objetivo, que es la medida cuantitativa que deseamos optimizar mediante su minimización, esto se muestra en la ecuación (17).

$$\begin{aligned}
Min = & \sum_{i=1}^{Pe} \sum_{c=1}^C \sum_{p=1}^P Tn_p N_{pci} + \sum_{i=1}^{Pe} \sum_{c=1}^C \sum_{p=1}^P CTES_p ES_{pci} \\
& + \sum_{i=1}^{Pe} \sum_{c=1}^C \sum_{p=1}^P CTEE_p EE_{pci} + \sum_{i=1}^{Pe} \sum_{p=1}^P CS_p S_{pi} + \sum_{i=1}^{Pe} \sum_{p=1}^P CI_p In_{pi} \\
& + \sum_{i=1}^{Pe} \sum_{c=1}^C \sum_{p=1}^P CSO_p N_{pci} + \sum_{i=1}^{Pe} \sum_{c=1}^C \sum_{p=1}^P DR_p N_{pci} CDR_p \\
& + \sum_{i=1}^{Pe} \sum_{c=1}^C \sum_{p=1}^P DR_p ES_{pci} CDRTES_p \\
& + \sum_{i=1}^{Pe} \sum_{c=1}^C \sum_{p=1}^P DR_p EE_{pci} CDRTEE_p
\end{aligned} \tag{17}$$

La ecuación (17) contiene siete términos, los cuales son: costo de fabricación en tiempo ordinario, costo de fabricación en tiempo suplementario, costo de fabricación en tiempo extraordinario, costo de subcontratación de producto final, costo de mantener inventario, costo de subcontratación de operaciones de fabricación, costo de recorrido en tiempo ordinario, costo de recorrido en tiempo suplementario y costo de recorrido en tiempo extraordinario; en el orden que se muestran. Esta función objetivo está sujeta a las siguientes restricciones:

Restricciones

$$X_{pc} In_{pi} = (In_{pi-1} + N_{pci} + ES_{pci} + EE_{pci} + S_{pi} - D_{pi}) X_{pc}; \quad \forall i, \forall c, \forall p \tag{18}$$

$$X_{pc} (In_{pi-1} + N_{pci} + ES_{pci} + EE_{pci} + S_{pi}) \geq D_{pi} X_{pc}; \quad \forall i, \forall c, \forall p \tag{19}$$

$$\sum_{i=1}^{Pe} \sum_{p=1}^P S_{pi} \leq CAPS_i \tag{20}$$

$$\sum_{p=1}^P N_{pci} tm_{pm} X_{pc} = KMa_{mci} \times TND_i; \quad \forall i, \forall c, \forall m \tag{21}$$

$$\sum_c KMa_{mci} \leq Ma_m; \quad \forall m, i \tag{22}$$

$$\sum_{p=1}^P N_{pci} t_p X_{pc} = KMO_{ci} \times TND_i; \quad \forall i, \forall c \quad (23)$$

$$\sum_{c=1}^C KMO_{ci} \leq TMO \quad \forall i \quad (24)$$

$$\sum_{p=1}^P ES_{pci} t_p X_{pc} \leq KMO_{ci} \times TESD_i \quad \forall i, \forall c \quad (25)$$

$$\sum_{p=1}^P ES_{pci} t_{pm} X_{pc} \leq KMa_{mci} \times TESD_i \quad \forall i, \forall c, \forall m \quad (26)$$

$$\sum_{p=1}^P EE_{pci} t_p X_{pc} \leq KMO_{ci} \times TEED_i \quad \forall i, \forall c \quad (27)$$

$$\sum_{p=1}^P EE_{pci} t_{pm} X_{pc} \leq KMa_{mci} \times TEED_i \quad \forall i, \forall c, \forall m \quad (28)$$

$$KMa_{mc}, KMO_{ci}, In_i, S_{pi}, N_{pci}, ES_{pci}, EE_{pci} \geq 0 \quad (29)$$

Estas restricciones son definidas en la Tabla 54 que se muestra a continuación.

Tabla 54.- Restricciones del modelo matemático.

Ecuación	Restricción
(18)	Balance de inventarios.
(19)	Cumplimiento de demanda.
(20)	Limita la capacidad de Subcontratación.
(21)	Cálculo de máquinas requeridas.
(22)	Control de la cantidad de máquinas requeridas respecto a la cantidad disponible.
(23)	Cálculo de trabajadores requeridos.
(24)	Control de la cantidad de trabajadores requeridos respecto a la cantidad disponible.
(25), (26)	Determina la cantidad de unidades a fabricarse en tiempo suplementario respecto a la mano de obra y maquinaria requeridas.
(27), (28)	Determina la cantidad de unidades a fabricarse en tiempo extraordinario respecto a la mano de obra y maquinaria requeridas.
(29)	No negatividad

3.3 Aporte al proyecto de investigación SUMA con los resultados obtenidos en el modelo de redistribución

Selección de software para resolución

Para la selección del software adecuado para la resolución de los modelos matemáticos se consideran tres alternativas: LINGO, LINDO y SOLVER los cuales fueron detallados en el índice 1.2.2. Para esto se consideran los siguientes factores:

Tabla 55.- Ponderación de factores para selección de software.

Factor	Ponderación	Descripción
1. Conocimiento del lenguaje de programación	25%	Se requiere que el programador conozca o tenga noción del lenguaje de programación que utiliza el software que va a seleccionarse.
2. Software amigable con el usuario	35%	Un software debe ser amigable con el usuario con el fin de que sea más sencillo su manejo y se aprovechen las herramientas de este.
3. Afinidad al desarrollo del modelo matemático	40%	El software debe ser encaminado a resolución de modelos matemáticos y sobre todo debe poder adaptarse al modelo planteado para aprovechar sus herramientas.

Para la evaluación se designa una escala del 1 al 10 para cada factor, y quien califica es la investigadora y los miembros del proyecto “SUMA”. El cálculo de las puntuaciones globales que tiene cada alternativa se lo realiza utilizando la ecuación (4). En la Tabla 56 se lleva a cabo la calificación de los factores utilizando la escala designada, por parte de los evaluadores.

Tabla 56.- Calificación de factores para selección de software.

Factores	Conocimiento del lenguaje de programación	Software amigable con el usuario	Afinidad al desarrollo del modelo matemático	
Peso Relativo (%)	25%	35%	40%	
Software	Calificación (Investigador)			
	Solver de Excel	8	8	7
	Lingo	8	9	8
	Lindo	8	5	7
Calificación (Grupo de trabajo del proyecto SUMA)				

Factores		Conocimiento del lenguaje de programación	Software amigable con el usuario	Afinidad al desarrollo del modelo matemático
	Solver de Excel	9	9	8
	Lingo	8	9	9
	Lindo	8	7	7

A partir de esta calificación se realiza el promedio de cada puntuación asignada a los factores, esto se muestra en la Tabla 57. A su vez se realiza el cálculo de la puntuación total que obtienen cada una de las alternativas.

Tabla 57.- Selección del software para modelado.

Factores		Conocimiento del lenguaje de programación	Software amigable con el usuario	Afinidad al desarrollo del modelo matemático	Puntuación Total
Peso Relativo (%)		25%	35%	40%	
Software	Nombre	Calificación Promedio			
	Solver de Excel	8,5	8,5	7,5	8,10
	Lingo	8	9	8,5	8,55
	Lindo	8	6	7	6,90

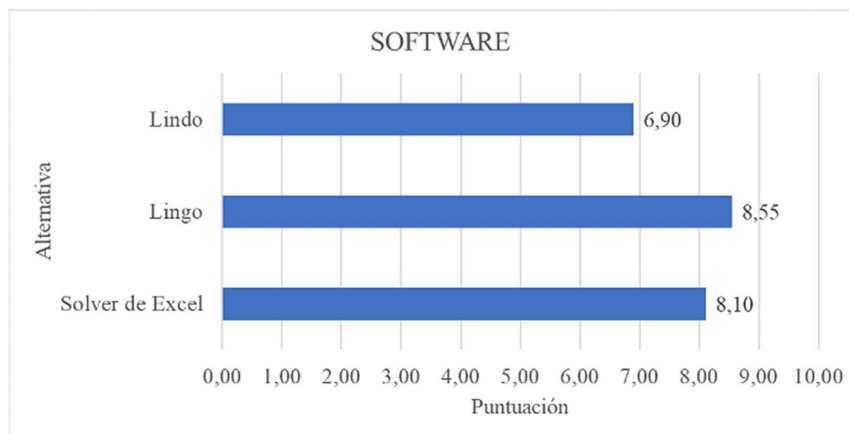


Figura 28.- Selección del software.

Interpretación:

En base a la calificación realizada el software LINGO tiene una puntuación total de 8,55; Solver de Excel tiene 8,10; y el software LINDO tiene 6,9 puntos. Siendo la puntuación más alta y por ende la seleccionada para el presente estudio el software

LINDO; ya que es idóneo para la programación de modelos matemáticos y es amigable con el usuario.

Modelo 1

Para alimentar este modelo que proporciona la familia de productos adecuada para las células de manufactura se utiliza información referente a máquinas y productos del caso de estudio.

- *Máquinas*

Se asigna una nomenclatura referente a cada máquina con su cantidad, mientras que la nomenclatura para los productos corresponde a la letra P acompañada del número de lugar que ocupan en el análisis ABC.

Tabla 58.-Nomenclatura para maquinaria.

Máquinas	Nombre	Cantidad
M1	Cortadora Láser 01	1
M2	Cortadora Láser 02	1
M3	Bordadora de cuatro cabezales	3
M4	Sublimadora 01	1
M5	Sublimadora 02	1
M6	Embolsadora	1
M7	Engomadora	2
M8	Máquina de Coser Aparado	17
M9	Máquina de Coser Costura Lateral	2
M10	Máquina de Coser Embolsado	1
M11	Desbastadora	1

- *Matriz máquinas-productos*

En la siguiente matriz se muestran los productos con las máquinas que se utilizan para su proceso de fabricación, para esto se señala con el número 1 en el caso de que se utilice la máquina para el producto, caso contrario 0.

Tabla 59.- Matriz máquina-producto.

Máquinas	Productos				
	P1	P2	P3	P4	P5
M1	0	0	1	0	0
M2	1	0	0	0	0
M3	1	1	1	0	0
M4	0	0	0	0	0

Máquinas	Productos				
	P1	P2	P3	P4	P5
M5	0	0	0	1	1
M6	1	0	0	1	1
M7	1	1	1	1	1
M8	1	1	1	1	1
M9	0	1	1	0	0
M10	1	0	0	1	1
M11	1	0	0	1	1

- **Resultado modelo 1**

La programación de este modelo se muestra en el Anexo 4: Programación del modelo 1, y el resultado que arroja el software se encuentra en el Anexo 5: Solución del modelo 1. Se analizan tres configuraciones como escenarios posibles tal cual se muestra en la Tabla 60, donde se resumen las soluciones y la eficacia de grupo que arroja el software.

Tabla 60.- Resultados de la asignación de máquinas.

Configuración	Eficacia de grupo	Grupos de máquinas	Productos
1 célula	62,22%	(M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M10, M11)	(P1, P2, P3, P4, P5)
2 y 3 células	70,00%	(M2, M3, M5, M6, M7, M8, M9, M10, M11) (M3, M7, M8, M9)	(P1, P3, P4, P5) (P2)
2 y 3 células habilitando la M1	82,50%	(M2, M3, M5, M6, M7, M8, M10, M11) (M1, M3, M7, M8, M9)	(P1, P4, P5) (P2, P3,)

La tercera configuración presenta una eficacia de grupo mayor que las demás, siendo 82,50%, en donde se asignan las máquinas a dos células de manufactura. En la primera célula se fabricarían los productos Destalonada, Destalonada con filo, Sueca con filo y sus similares, mientras que en la segunda célula los productos Sueca, Talón y sus similares.

Modelo 2

En la función objetivo del modelo matemático desarrollado se calcula los siguientes costos: costo de fabricación en tiempo ordinario, costo de fabricación en tiempo suplementario, costo de fabricación en tiempo extraordinario, costo de subcontratación

de producto final, costo de mantener inventario, costo de subcontratación de operaciones de fabricación, costo de recorrido en tiempo ordinario, costo de recorrido en tiempo suplementario y costo de recorrido en tiempo extraordinario.

De estos términos la empresa CM Original maneja: costo de fabricación en tiempo ordinario, costo de fabricación en tiempo suplementario, costo de fabricación en tiempo extraordinario y costo de recorrido o manejo de material. Sin embargo, existen otros casos de estudio dentro del Proyecto “SUMA” que manejan los otros costos definidos en el modelo. Los que no son tomados en cuenta para este caso de estudio son: costo de subcontratación de producto, costo de mantener inventario; debido a que la empresa no realiza subcontratación y la producción se hace bajo pedido, más no para stock por lo que el despacho del producto terminado es inmediato.

- *Solución del modelo 1*

El modelo 2 se alimenta de la asignación de máquinas y productos a las células de manufactura, resultado del primer modelo resuelto.

- *Costo de Fabricación*

El proyecto “SUMA” realizó un análisis del costo de fabricación utilizando datos de los años 2019 y 2020 utilizando datos del costo unitario de mano de obra, costos indirectos de fabricación más el costo unitario de materia prima, en la Tabla 61 se muestra este valor por cada modelo de pantufla.

Tabla 61.- Costo de fabricación.

Producto	Producto	Costo unitario de fabricación en tiempo ordinario	Costo unitario de fabricación en tiempo suplementario	Costo unitario de fabricación en tiempo extraordinario
P1	Destalonada	\$8,87	\$10,80	\$12,73
P2	Destalonada con filo	\$8,98	\$10,91	\$12,84
P3	Sueca	\$8,64	\$10,57	\$12,50
P4	Sueca con filo	\$9,31	\$11,24	\$13,17
P5	Talón	\$10,22	\$12,15	\$14,08

- *Costo de manejo de material*

Este costo se obtiene a partir del tiempo requerido para transportar cada uno de los productos a través de su fabricación y teniendo en cuenta el salario de cada operario que realiza esta actividad de transporte. En la Tabla 62 se muestra el costo de traslado por modelo de pantufla en lotes de 100 pares.

Tabla 62.- Costo de manejo de material.

Producto	Modelo	Costo de Transporte Tiempo Ordinario	Costo de Transporte Tiempo Suplementario	Costo de Transporte Tiempo Extraordinario
P1	Destalonada	\$0,08	\$0,12	\$0,16
P2	Sueca	\$0,06	\$0,09	\$0,11
P3	Talón	\$0,07	\$0,10	\$0,13
P4	Destalonada con filo	\$0,07	\$0,11	\$0,15
P5	Sueca con filo	\$0,07	\$0,11	\$0,15

- *Tiempos*

Los tiempos que a continuación se detallan son el resultado del estudio de tiempos realizado para la presente investigación. En la Tabla 63 se encuentran los tiempos que corresponden a las operaciones realizadas en cada máquina para la elaboración de los productos de estudio, en los espacios donde no se utiliza una máquina en la producción de cierto producto se considera un tiempo de cero.

Tabla 63.- Tiempo en segundos por operación en las máquinas.

Productos Máquinas	Operaciones en segundos				
	P1	P2	P3	P4	P5
M1	0	0	54,95	0	0
M2	54,95	0	0	0	0
M3	458,53	350,10	436,68	0	0
M4	0	0	0	0	0
M5	0	0	0	29,77	29,85
M6	40,93	0	0	40,93	40,93
M7	45,73	43,79	43,79	45,73	45,73
M8	511,98	385,08	385,08	511,98	511,98
M9	0	45,46	45,46	0	0
M10	94,61	0	0	94,61	94,61
M11	11,15	0	0	11,15	11,15

Por otro lado, el modelo requiere el tiempo de ensamble de cada producto considerando todas las operaciones que intervienen en su realización, para eso se realiza una suma de todos los tiempos estándar determinados a partir de lo ilustrado en los diagramas de ensamble de la Tabla 38 a la 42.

Tabla 64.- Tiempo de ensamble por pantufla.

Producto	Modelo	Diseño	Tiempo de ensamble (s)	Tiempo de ensamble (min)
P1	Destalonada	Capitán América	1435,6	23,93
P2	Sueca	Cuadros	1054,21	17,57
P3	Talón	Conejo	1195,74	19,93
P4	Destalonada con filo	Cuadros	951,89	15,86
P5	Sueca con filo	Puntos	951,97	15,87

- *Número de trabajadores actuales*

Del total de trabajadores que laboran en la empresa CM Original 26 de ellos pertenecen al área operativa y de producción. Esta información es la que se analiza y alimenta al modelo matemático.

Tabla 65.- Personal de producción.

Área	Cargo	Personal
Corte	Corte láser	1
	Troquelado de forros	1
	Troquelado de telas	1
Preparación	Preparación de rellenos	1
Acabados	Bordador	3
	Sublimador	1
Costura	Costura recta	11
	Costura lateral	1
Embolsado	Embolsado	2
Calidad	Control de calidad	2
Bodega	Jefe de bodega	1
	Bodeguero	1
TOTAL		26

- *Demanda del producto*

Se utiliza la información de la demanda del año 2020, para realizar el análisis de los periodos que corresponden a los meses de este año, en la Tabla 66 se muestra esta información expresada en unidades (1 par de pantuflas).

Tabla 66.- Demanda del año 2020.

Producto	Meses año 2020											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P1	2087	2485	3096	0	2651	4871	5547	8931	7950	11391	11436	8510
P2	1558	2015	2742	0	2379	2287	3184	3699	3724	5297	3525	6638
P3	874	1007	1328	0	97	1930	1994	2386	1434	2123	2825	4307
P4	802	545	1618	0	595	2200	1091	300	240	1825	1329	3120
P5	709	260	506	0	614	502	810	1413	934	1023	924	2595

- *Tiempo disponible*

El tiempo disponible para la fabricación del producto en cada periodo se obtiene utilizando los días hábiles por mes, las horas máximas establecidas por la empresa para trabajo suplementario y extraordinario.

Tabla 67.- Horas de trabajo disponibles.

Detalle	Días hábiles	Días Descanso	Horas TO	Horas TS	Horas TE	TND (s)	TESD (s)	TEED (s)	
Periodos "i"	Mes 1	21	10	8	2	4	604800	151200	144000
	Mes 2	20	8	8	2	4	576000	144000	115200
	Mes 3	22	8	8	2	4	633600	158400	115200
	Mes 4	22	8	8	2	4	633600	158400	115200
	Mes 5	21	10	8	2	4	604800	151200	144000
	Mes 6	22	8	8	2	4	633600	158400	115200
	Mes 7	22	8	8	2	4	633600	158400	115200
	Mes 8	22	9	8	2	4	633600	158400	129600
	Mes 9	22	8	8	2	4	633600	158400	115200
	Mes 10	21	10	8	2	4	604800	151200	144000
	Mes 11	22	8	8	2	4	633600	158400	115200
	Mes 12	22	8	8	2	4	633600	158400	115200

- *Distancia recorrida por producto*

La distancia que recorre el producto para su fabricación dentro de la planta se obtiene de sus respectivos diagramas de recorrido, en la Tabla 68 se disponen las distancias en metros.

Tabla 68.- Distancia recorrida en metros.

Producto	Modelo	Distancia (m)
P1	Destalonada	236,28
P2	Sueca	171,42
P3	Talón	197,96
P4	Destalonada con filo	220,79
P5	Sueca con filo	220,79

- **Resultados modelo 2: Producción con familia de productos, distribución actual**

En las Tabla 69 y 70 se encuentran los resultados del modelo 2, en donde se determina el costo de producción en tiempo ordinario, suplementario y extraordinario, el costo de manejo de material, la distancia que recorre el producto, la producción y el uso de máquinas y operarios. Este análisis se realiza por celda y por período, utilizando la distribución actual de la planta. La programación en el software se encuentra en el Anexo 6: Programación del modelo 2

Tabla 69.- Resultados del modelo 2 en la celda 1.

Celda 1		Periodo "i"										
		1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12
Tiempo normal	Costo de producción TN	\$31872.09	\$23431.51	\$36194.49	\$30621.27	\$40171.96	\$28377.90	\$22924.20	\$22473.36	\$27444.32	\$25244.56	\$55566.74
	Costo manejo de materiales	\$595.66	\$453.58	\$657.98	\$584.19	\$713.97	\$503.01	\$394.97	\$413.16	\$437.09	\$419.73	\$885.48
	Distancia recorrida por lote	7908.08m	5960.66m	8942.18m	7680.17m	9845.50m	6846.29m	5297.71m	5440.91m	6287.81m	5887.84m	12617.58m
	Producto 1	1935 u	1771 u	1800 u	2121 u	1642 u	1121 u	642 u	1206 u	0	387 u	0
	Producto 4	802 u	545 u	1618 u	595 u	2200 u	1091 u	300 u	240 u	1825 u	1329 u	3120 u
	Producto 5	709 u	260 u	506 u	614 u	502 u	810 u	1413 u	934 u	1023 u	924 u	2595 u
Tiempo suplementario	Costo de producción	\$1640.57	\$4779.55	\$4858.88	\$5725.05	\$4432.97	\$3026.81	\$1731.76	\$3254.96	0	\$1043.87	0
	Costo manejo de materiales	\$28.36	\$82.62	\$83.99	\$98.97	\$76.63	\$52.32	\$29.94	\$56.27	0	\$18.04	0
	Distancia recorrida por lote	358.98m	1045.85m	1063.20m	1252.74m	970.01m	662.32m	378.94m	712.24m	0	228.42m	0
	Horas requeridas	30.29	88.26	89.72	105.72	81.86	55.89	31.98	60.10	0	19.28	0
	Días requeridos	4.35	15.37	12.34	15.24	10.52	10.36	7.94	13.37	0	4.52	0
	Producto 1	152 u	443 u	450 u	530 u	411 u	280 u	160 u	301 u	0	97 u	0
Tiempo extraordinario	Costo de producción	0	\$3459.63	\$4165.35	0	\$3800.22	\$2594.78	\$1670.15	\$2790.36	0	\$894.87	0
	Costo manejo de materiales	0	\$50.74	\$61.09	0	\$55.73	\$38.05	\$24.49	\$40.92	0	\$13.12	0
	Distancia recorrida por lote	0	642.23m	773.24m	0	705.46m	481.68m	310.04m	517.99m	0	166.12m	0
	Horas requeridas	0	54.20	65.25	0	59.53	40.65	26.16	43.71	0	14.02	0
	Días requeridos	0	9.44	8.98	0	7.65	7.53	6.50	9.72	0	3.29	0
	Producto 1	0	272 u	327 u	0	299 u	204 u	131 u	219 u	0	70 u	0
Recursos requeridos	Mano de obra requerida	6.97	5.74	7.27	6.94	7.78	5.40	4.03	4.50	4.48	4.26	8.59
	Máquina 2	0.18	0.17	0.16	0.19	0.14	0.10	0.06	0.10	0	0.03	0
	Máquina 3	1.47	1.41	1.30	1.61	1.19	0.81	0.46	0.87	0	0.28	0
	Máquina 5	0.07	0.04	0.10	0.06	0.13	0.09	0.08	0.06	0.14	0.11	0.27

Celda 1		Periodo "i"										
		1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12
Máquina 6		0.23	0.18	0.25	0.23	0.28	0.20	0.15	0.15	0.19	0.17	0.37
Máquina 7		0.26	0.20	0.28	0.25	0.31	0.22	0.17	0.17	0.22	0.19	0.41
Máquina 8		2.92	2.29	3.17	2.82	3.51	2.44	1.90	1.92	2.41	2.13	4.62
Máquina 10		0.54	0.42	0.59	0.52	0.65	0.45	0.35	0.36	0.45	0.39	0.85
Máquina 11		0.06	0.05	0.07	0.06	0.80	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.1

Tabla 70.- Resultados del modelo 2 en la celda 2.

Celda 2		Periodo "i"										
		1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12
Tiempo normal	Costo de producción TN	\$21539.19	\$21433.16	\$25207.16	\$21394.26	\$25985.99	\$31997.13	\$37004.36	\$32004.72	\$43201.11	\$39149.24	\$47120.22
	Costo por manejo de materiales	\$266.41	\$262.75	\$308.29	\$235.65	\$332.17	\$399.22	\$462.78	\$384.97	\$517.78	\$498.31	\$536.05
	Distancia recorrida por lote	4400.71m	4357.87m	5118.62m	4109.92m	5406.21m	6568.54m	7606.30m	6440.77m	8677.22m	8125.67m	9205.62m
	Producto 2	1558 u	1612 u	1915 u	2308 u	1597 u	2224 u	2543 u	2601 u	3560 u	2462 u	4636 u
	Producto 3	874 u	806 u	927 u	78 u	1348 u	1393 u	1640 u	1002 u	1301 u	1973 u	636 u
Tiempo suplementario	Costo de producción	0	\$6524.78	\$7673.31	\$978.55	\$7917.56	\$9744.19	\$11269.60	\$9739.35	\$13145.58	\$11927.16	\$14323.81
	Costo por manejo de materiales	0	\$65.69	\$77.07	\$9.46	\$83.04	\$99.80	\$115.70	\$96.24	\$129.45	\$124.58	\$134.01
	Distancia recorrida por lote	0	1089.47m	1279.65m	159.95m	1351.55m	1642.14m	1901.58m	1610.19m	2169.30m	2031.42m	2301.40m
	Horas requeridas	0	92.45	108.61	13.60	114.43	139.22	161.19	136.79	184.32	172.03	196.11
	Días requeridos	0	20.00	22.00	3.26	22.00	22.00	22.00	22.00	21.00	22.00	22.00
	Producto 2	0	403 u	479 u	71 u	399 u	556 u	636 u	650 u	890 u	615 u	1159 u
	Producto 3	0	201 u	232 u	19 u	337 u	348 u	410 u	650 u	325 u	493 u	159 u
Tie	Costo de producción	0	0	\$6578.08	0	\$6791.75	\$8355.73	\$10872.12	\$8347.30	\$14753.26	\$10230.59	\$12267.33

Celda 2		Periodo "i"										
		1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12
Recursos requeridos	Costo por manejo de materiales	0	0	\$56.05	0	\$60.39	\$72.59	\$94.66	\$69.99	\$123.28	\$90.60	\$97.46
	Distancia recorrida por lote	0	0	930.66m	0	982.95m	1194.28m	1555.83m	1171.05m	2066.00m	1477.40m	1673.75m
	Horas requeridas	0	0	78.99	0	83.22	101.25	131.89	99.48	175.54	125.12	142.62
	Días requeridos	0	0	16.00	0	83.22	16.00	18.00	16.00	20.00	16.00	16.00
	Producto 2	0	0	348 u	0	290 u	404 u	520 u	473 u	848 u	448 u	843 u
	Producto 3	0		169 u	0	245 u	253 u	336 u	473 u	310 u	359 u	116 u
	Mano de obra requerida	4.44	4.62	4.94	4.18	5.20	6.33	7.33	6.22	8.78	7.82	8.91
	Máquina 1	0.08	0.08	0.08	0.01	0.12	0.12	0.14	0.09	0.12	0.17	0.06
	Máquina 3	1.53	1.59	1.7	1.39	1.81	2.19	2.54	2.13	3.00	2.72	3.00
	Máquina 7	0.18	0.18	0.20	0.17	0.20	0.25	0.29	0.25	0.35	0.31	0.36
	Máquina 8	1.55	1.62	1.73	1.52	1.79	2.20	2.54	2.19	3.09	2.70	3.20
Máquina 9	0.18	0.19	0.20	0.18	0.21	0.26	0.30	0.26	0.37	0.32	0.38	

El modelo proporciona la información de costos utilizando la asignación de máquinas a productos obtenida en el modelo 1 para la distribución que posee actualmente la empresa, la cual se encuentra en el Anexo 2: Layout de la empresa. En la Tabla 71 se muestran los costos resultados de la optimización deseada con el modelo 2.

Tabla 71.- Costo anual solución modelo 2.

Costo anual producción con celdas	
Costo anual de producción en tiempo ordinario	\$690.358,93
Costo anual de producción en tiempo suplementario	\$123.738,29
Costo anual de producción en tiempo extraordinario	\$97.571,51
Costo anual de movimiento de lotes	\$14.386,33

3.3.2 Elaboración de la distribución de planta propuesta

Para la propuesta de la nueva distribución partimos de la situación actual de la empresa, a continuación, a tabla muestra las actividades que se realizan y serán tomadas como base para el análisis. Estas actividades son el componente macro que engloba los procesos analizados en el estudio de tiempos, en donde se añaden las áreas de bodega y disposición de producto terminado pues forman parte del espacio físico productivo de la planta. Asimismo, se detallan las máquinas que corresponden a cada actividad.

Tabla 72.- Actividades productivas de la empresa CM Original.

Nº	Actividad	Proceso	Máquinas
1	Corte interno	Corte de Plantilla de esponja	Troqueladora 01
		Corte de Plantilla de espuma eva	
		Corte de Tacón de esponja	
		Corte de Tacón de espuma eva	
2	Corte externo	Corte de Capellada	Troqueladora 01 y 02
		Corte de Tiras	
		Corte de Plantillas de Tela	
		Corte de Forros	
3	Corte láser	Corte Láser	Cortadora Láser 01 y 02
4	Acabados	Bordado	

N°	Actividad	Proceso	Máquinas
		Sublimado	Bordadora, Sublimadora 01 y 02
5	Engomado	Engomado del Embolsado	Engomadora
		Engomado de Costura Lateral	
6	Pulido	Pulido	Desbastadora
7	Aparado	Aparado de Costura Lateral	Máquina de coser del aparado, Máquina de coser del embolsado.
		Aparado del Embolsado	
8	Costura Lateral	Costura Lateral	Máquina de coser de costura lateral
9	Embolsado	Embolsado	Embolsadora
10	Control de calidad	Terminado y Etiquetado de Costura Lateral	Compresor (Sopletes)
		Terminado y Etiquetado del Embolsado	
		Empaquetado	
11	Bodega de materia prima	Preparación de Materia Prima	-
12	Bodega de insumos	Bodega de insumos	
13	Producto terminado	Producto terminado	-

- **Relación de actividades**

Para determinar la relación que las actividades presentadas en la Tabla 72 poseen entre sí, se realiza una tabla relacional. En esta se ilustra la importancia de la proximidad entre las actividades, asignando el código que se muestra en la Tabla 73.

Tabla 73.- Valor de proximidad [13].

Código	Valor de proximidad
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Normal u ordinario
U	Sin importancia
X	No deseable
XX	Altamente no deseable

A su vez, la tabla de relaciones expone la motivación de la selección de un tipo de proximidad entre las actividades. Para el presente análisis se consideran los siguientes motivos: por secuencia del proceso, por el flujo de material, generación de ruido y uso de los mismos equipos/máquinas; los cuales se describen en la Tabla 74.

Tabla 74.- Descripción de los motivos seleccionados.

Motivos	Descripción
Para secuencia del proceso	La secuencia del proceso corresponde a las actividades que son simultaneas dentro de la fabricación de las pantuflas del estudio.
Por el flujo de material	Se refiere a las actividades que poseen un flujo de material entre ellas, presentando una necesidad de proximidad.
Generación de ruido	Las actividades que poseen máquinas que presentan ruido deberían aislarse para no contaminar el resto de las actividades.
Uso de los mismos equipos/máquinas	Ciertas actividades pueden llegar a usar un mismo equipo o máquina por lo que es importante mantenerse próximas.

En la Tabla 75 se define un número para cada motivo seleccionado, con el fin de utilizarlo en la representación gráfica dentro del diagrama de relaciones.

Tabla 75.- Número por motivo.

Número	Motivos
1	Para secuencia del proceso
2	Por el flujo de material
3	Generación de ruido
4	Uso de los mismos equipos/máquinas

En base a esto, se construye la tabla de relaciones de las actividades productivas de la empresa CM Original, la cual se muestra en Tabla 76.







A continuación, se realiza un diagrama relacional basado en las actividades analizadas en el paso previo y detalladas en la Tabla 72, en el cual se ilustran las actividades con símbolos correspondientes a su tipo y se conectan las mismas mediante líneas que indican el valor de la proximidad. En la Tabla 78 se muestran la simbología de las actividades.

Tabla 78.- Simbología para diagrama relacional.

Actividad	Color	Símbolo
Operación	Azul	
Almacenamiento	Naranja	
Control o inspección	Amarillo	

En la Tabla 79 se describen las líneas que se utilizan para la conexión de las actividades según su valor de proximidad.

Tabla 79.- Líneas de proximidades [13].

Código	Valor de proximidad	Color
A	Absolutamente necesario	
E	Especialmente necesario	
I	Importante	
O	Normal u ordinario	
U	Sin importancia	-
X	No deseable	
XX	Altamente no deseable	

En base a esta simbología y utilizando la numeración que corresponde a las actividades analizadas, se realiza el diagrama relacional que se ilustra en la Figura 29.

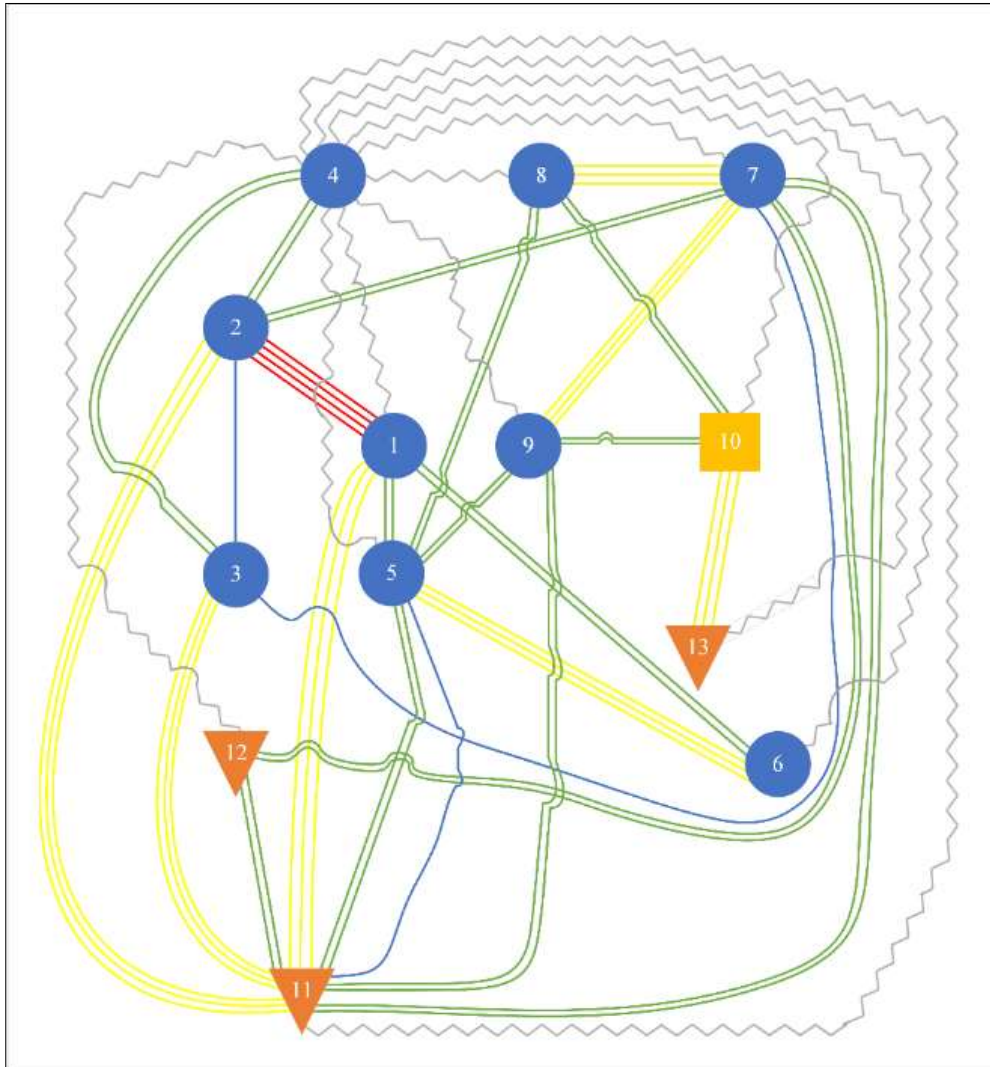


Figura 29.- Diagrama relacional de actividades.

- **Método de Guerchet**

Mediante el este método se realiza el cálculo del espacio necesario para la planta, a partir de las superficies de la maquinaria, lo cual se encuentra en el Anexo 3: Dimensiones de maquinaria. Para esto se determina la superficie disponible en la planta para la ubicación de la maquinaria que es analizada, en la Figura 30 se ilustra la planta de la empresa, y la superficie resaltada con color es en dónde se ubica la maquinaria, la cual posee tiene 491.31 m².

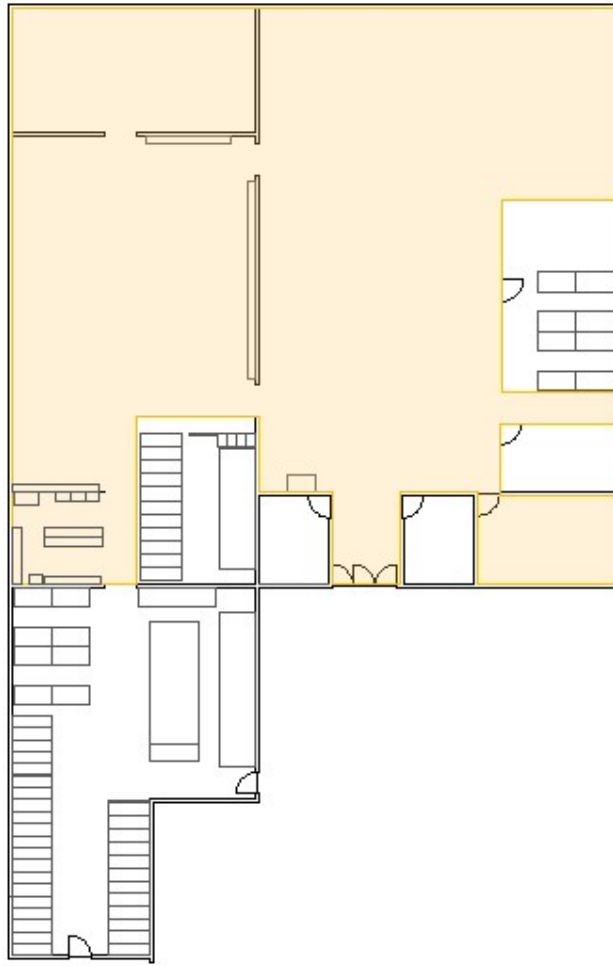


Figura 30.- Superficie para maquinaria.

En la Tabla 80 se realiza el cálculo de las superficies estáticas, gravitacionales y de evolución para cada máquina. Para esto se toma un coeficiente de evolución k según la industria textil-hilado que se expone en la Tabla 4, utilizando el valor intermedio.

Tabla 80.- Cálculo método de Guerchet.

Máquina	Cantidad	Dimensiones (m)		N	K	Superficie estática (m ²)	Superficie de Gravitación (m ²)	Superficie de Evolución (m ²)	Superficie Total (m ²)	Superficie Requerida (m ²)
		Largo	Ancho							
Troqueladora 01	1	2,16	0,75	1	0,15	1,62	1,62	0,49	3,73	3,73
Troqueladora 02	1	1,93	0,75	1	0,15	1,45	1,45	0,43	3,33	3,33
Cortadora Láser 01	1	2,50	1,64	1	0,15	4,10	4,10	1,23	9,43	9,43
Cortadora Láser 02	1	3,16	2,55	1	0,15	8,06	8,06	2,42	18,53	18,53
Bordadora	3	2,93	1,25	1	0,15	3,66	3,66	1,10	8,42	25,27
Desbastadora	1	1,58	1,10	2	0,15	1,74	3,48	0,78	6,00	6,00
Sublimadora 01	1	0,65	0,38	3	0,15	0,25	0,74	0,15	1,14	1,14
Sublimadora 02	1	2,03	1,86	1	0,15	3,78	3,78	1,13	8,68	8,68
Embolsadora	1	0,88	0,23	3	0,15	0,20	0,61	0,12	0,93	0,93
Engomadora	2	0,58	0,18	2	0,15	0,10	0,21	0,05	0,36	0,72
Máquina de Coser Aparado	17	1,20	0,53	1	0,15	0,64	0,64	0,19	1,46	24,87
Máquina de Coser Costura Lateral	2	1,15	0,65	1	0,15	0,75	0,75	0,22	1,72	3,44
Máquina de Coser de Embolsado	1	1,38	1,10	1	0,15	1,52	1,52	0,46	3,49	3,49
TOTAL						27,86	30,60	8,77	67,22	109,56

Utilizando la metodología de Guerchet se determina que la superficie estática de las máquinas es de 27,86 m²; la superficie gravitacional es de 30,60 m² en donde se ubican los materiales y trabajadores que intervienen en el proceso; y la superficie estática es de 8,77 m² que es el espacio libre que se debe tener entre las máquinas por motivos de desplazamientos.

Es así como la superficie total requerida para la ubicación de maquinaria es de 109,56 m² por lo que al tener una superficie disponible en la planta de 491.31 m² es posible la distribución de las máquinas con un correcto espacio.

- **Distribución propuesta**

En base a la solución del modelo 1 en donde se tienen dos células de manufactura con sus respectivas máquinas asignadas y productos que se elaboran en ellas, para la distribución propuesta se tiene en cuenta esta información. Además, se realiza la propuesta en base al análisis de relaciones de las actividades productivas y el espacio determinado para cada máquina por el Método de Guerchet.

En la distribución propuesta las máquinas se muestran como en la Figura 31, en donde el área en blanco representa la superficie estática de la máquina y la superficie sombreada es el área gravitacional de la misma, según el Método de Guerchet, mientras que los espacios libres corresponden a la superficie evolutiva para procurar los desplazamientos de personas y material. Además, las celdas están delimitadas por líneas entrecortadas, la línea roja representa la celda 1 y la línea azul a la celda 2.

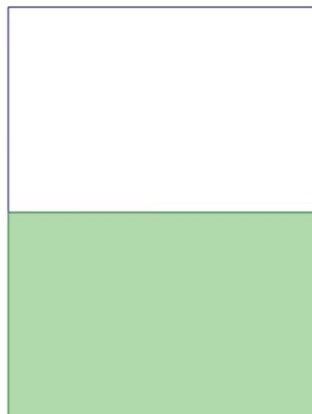
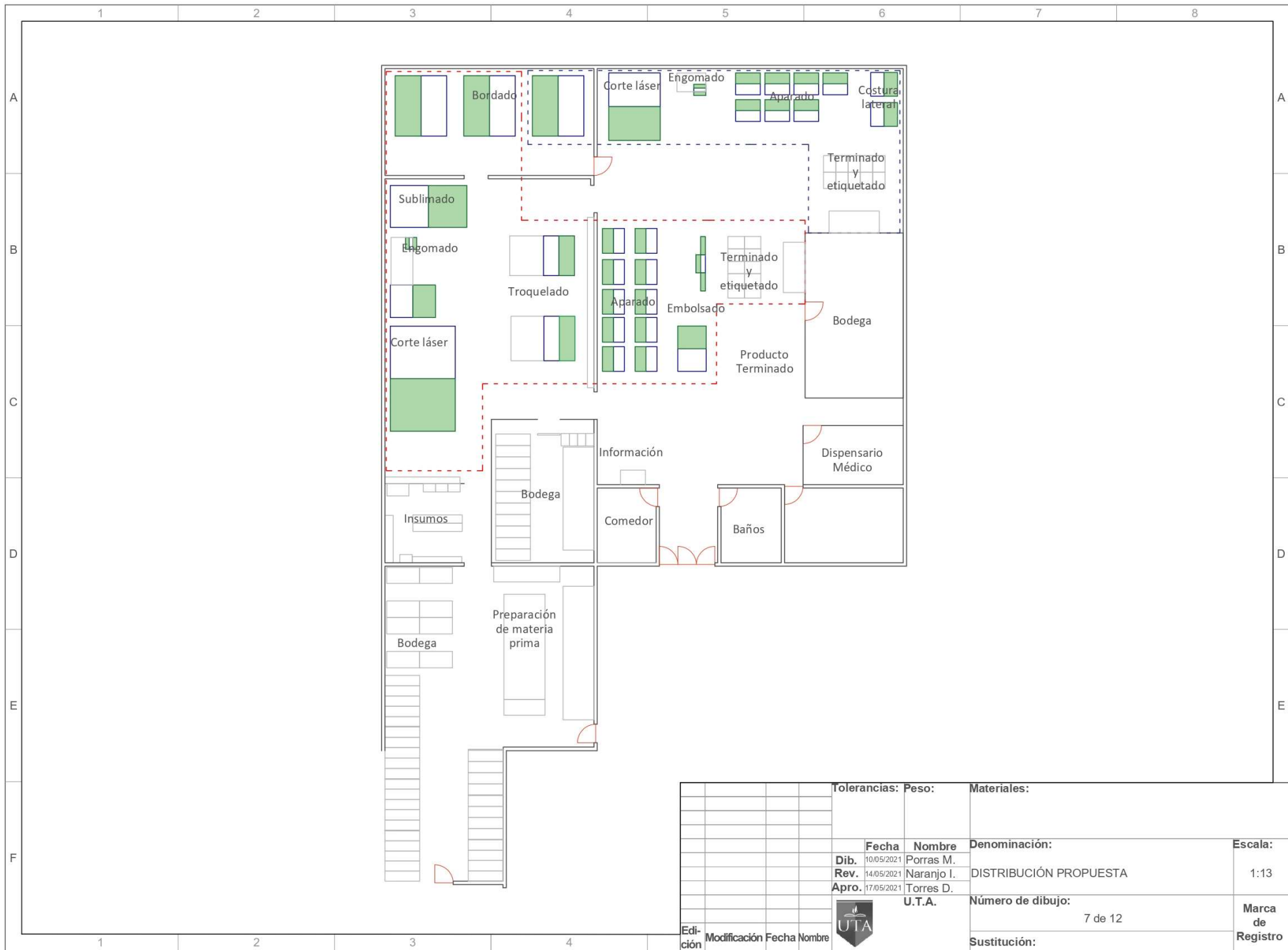


Figura 31.- Representación de superficies.

A continuación, se muestra el plano con la distribución propuesta:



		Tolerancias: Peso:		Materiales:	
		Fecha	Nombre	Denominación:	
		Dib. 10/05/2021	Porras M.	DISTRIBUCIÓN PROPUESTA	
		Rev. 14/05/2021	Naranjo I.	Escala: 1:13	
		Apro. 17/05/2021	Torres D.	Número de dibujo: 7 de 12	
		U.T.A.		Marca de Registro	
Edición		Modificación	Fecha	Sustitución:	



- **Resultados modelo 2: Situación propuesta**

Se utiliza el modelo 2 para la propuesta de distribución con el fin de contrastar los resultados con la situación actual de la empresa. De esta manera obtenemos una minimización de costos de producción y manejo de materiales, así como el requerimiento de recursos para ambos casos, utilizando la demanda de 2020 y se actualizan los parámetros que se refieren a la distancia recorrida por producto.

- *Distancia recorrida por producto propuesta*

La distancia que recorre el producto para su fabricación con la propuesta de distribución de la planta se obtiene de sus los diagramas de recorrido en el Anexo 7: Diagramas de recorrido de la propuesta. En la siguiente tabla se disponen las distancias en metros.

Tabla 81.- Distancia recorrida en metros.

Producto	Modelo	Distancia (m)
P1	Destalonada	149,87
P2	Sueca	162,49
P3	Talón	197,68
P4	Destalonada con filo	129,35
P5	Sueca con filo	129,35

- *Costo de manejo de material de la propuesta*

Este costo se obtiene a partir del tiempo requerido para transportar cada uno de los productos a través de su fabricación y teniendo en cuenta el salario de cada operario que realiza esta actividad de transporte. En la Tabla 82 está el costo de traslado por modelo de pantufla en lotes de 100 pares para la distribución de planta propuesta.

Tabla 82.- Costo de manejo de material.

Producto	Modelo	Costo de Transporte Tiempo Ordinario	Costo de Transporte Tiempo Suplementario	Costo de Transporte Tiempo Extraordinario
P1	Destalonada	\$0,05	\$0,08	\$0,10
P2	Sueca	\$0,05	\$0,08	\$0,11
P3	Talón	\$0,07	\$0,10	\$0,13
P4	Destalonada con filo	\$0,04	\$0,06	\$0,09
P5	Sueca con filo	\$0,04	\$0,06	\$0,09

El modelo proporciona la información de costos utilizando la asignación de máquinas a productos obtenida en el modelo 1 para la distribución propuesta. En la siguiente tabla se muestran los costos resultados de la optimización deseada con el modelo 2.

Tabla 83.- Costo anual solución modelo 2.

Costo anual	
Costo anual de producción en tiempo ordinario	\$690.358,93
Costo anual de producción en tiempo suplementario	\$123.738,29
Costo anual de producción en tiempo extraordinario	\$97.571,51
Costo anual de movimiento de lotes	\$9337.18

- **Análisis de resultados**

Se analiza el porcentaje de mejora, usando las distancias recorridas por pantufla para la distancia actual y la propuesta, con la siguiente ecuación:

$$\% = \frac{\text{Valor actual} - \text{Valor propuesto}}{\text{Valor propuesto}} * 100 \quad (30)$$

Dado que se aplicó un análisis de relaciones con el fin de determinar las posiciones de las actividades de manera estratégica se minimizaron las distancias recorridas en 4 de los 5 productos como se muestra a continuación:

Tabla 84.- Comparación de distancias distribución actual y propuesta.

# Proceso	Modelo	Distancia actual (m)	Distancia propuesta (m)	Porcentaje de mejora
P1	Destalonada	236,28	149,87	36,57%
P2	Sueca	171,41	162,49	5,20%
P3	Talón	197,96	197,68	0,14%
P4	Destalonada con filo	220,79	129,35	41,41%
P5	Sueca con filo	220,79	129,35	41,41%
TOTAL		1.047,22	768,74	26,59%

Se puede observar que los productos Destalonada, Destalonada con filo y Sueca con filo tienen un porcentaje considerable en la reducción de distancias con la distribución propuesta, estos productos pertenecen a la celda 1. Por otro lado, en la celda 2 se obtiene una reducción de 9,20 m para los productos Sueca y Talón. Al analizar el

porcentaje de mejora utilizando el valor de la suma de las distancias recorridas por pantufla en la distribución actual y propuesta, se demuestra que existe una mejora del 26,59% lo que se ve reflejado también en el costo de manejo de material.

En la Tabla 85 se muestra el resumen de costo anual analizado para la distribución actual de la empresa y de la propuesta.

Tabla 85.- Comparación de costos situación actual y propuesta.

Costo	Producción con celdas (Distribución actual)	Producción con celdas (Distribución propuesta)
Costo anual de producción en tiempo ordinario	\$690.358,93	\$690.358,93
Costo anual de producción en tiempo suplementario	\$123.738,29	\$123.738,29
Costo anual de producción en tiempo extraordinario	\$97.571,51	\$97.571,51
Costo anual de movimiento de material	\$14.386,33	\$9.337,18

La distribución actual presenta un costo anual de manejo de material de \$14.386,33, mientras que en la propuesta se tiene un valor de \$9.337,18, es decir, \$5.049,15 menos. Por lo que la distribución planteada en la presente investigación proporciona una reducción del 35,10% de este costo.

3.3.3 Simulación de la propuesta en FlexSim

Como complemento a los resultados obtenidos es posible utilizar FlexSim que es un software de simulación, en donde se ilustran de manera semejante a la realidad los procesos de la planta que se estudia. Para esto se realiza una simulación del proceso con la distribución de planta actual y posteriormente de la propuesta, en la Tabla 86 se resumen los tiempos que van a alimentar la simulación, tomando el tiempo estándar determinado en la presente investigación.

Para ambas simulaciones se definen los cinco productos de estudio como ítems que se realizan por lotes de 100 pares en cada proceso, a su vez se corre esta simulación para el tiempo de trabajo ordinario, es decir, 8 horas diarias por cinco días con el fin de

analizar ambos casos dentro de este rango de tiempo. En el Anexo 8: Simulación en FlexSim se encuentran las imágenes tomadas del software.

Tabla 86.- Tiempos que alimentan la simulación en FlexSim.

PROCESOS	MODELO ITEM TYPE					Proceso de FlexSim
	1	2	3	4	5	
	Destalonada	Sueca	Talón	Destalonada con Filo	Sueca con Filo	
Preparación de Materia Prima	3,06					Ingreso de materia prima
Corte de Capellada	51,1					Troquelado 2
Corte de Tiras						
Corte de Plantillas de Tela						
Corte de Plantilla de esponja	40,75	36,98	36,98	40,75	40,75	Troquelado 1
Corte de Plantilla de espuma eva						
Corte de Tacón de esponja						
Corte de Tacón de espuma eva						
Corte de Forros						
Pulido	11,16	-	-	11,16	11,16	Pulido
Corte Láser	54,95	-	54,95	-	-	Cortadora laser
Bordado	458,53	350,1	436,68	-	-	Bordadora
Sublimado	-	-	-	29,77	28,85	Sublimadora
Engomado del Embolsado	45,73	-	-	45,73	45,73	Engomadora 02
Engomado de Costura Lateral	-	43,79	43,79	-	-	Engomadora 01
Aparado de Costura Lateral	-	385,08	385,08	-	-	Aparado
Aparado del Embolsado	551,98			551,98	551,98	
Costura Lateral	-	45,46	45,46	-	-	Costura lateral
Embolsado	40,93	-	-	40,93	40,93	Embolsadora
Coser el embolsado	94,61	-		94,61	94,61	Costura embolsado
Terminado y Etiquetado de Costura Lateral	-	120,06	120,06	-	-	Terminado 1
Terminado y Etiquetado del Embolsado	77,17	-	-	77,17	77,17	Terminado 2
Empaquetado	18,58					Empaque

Simulación distribución propuesta

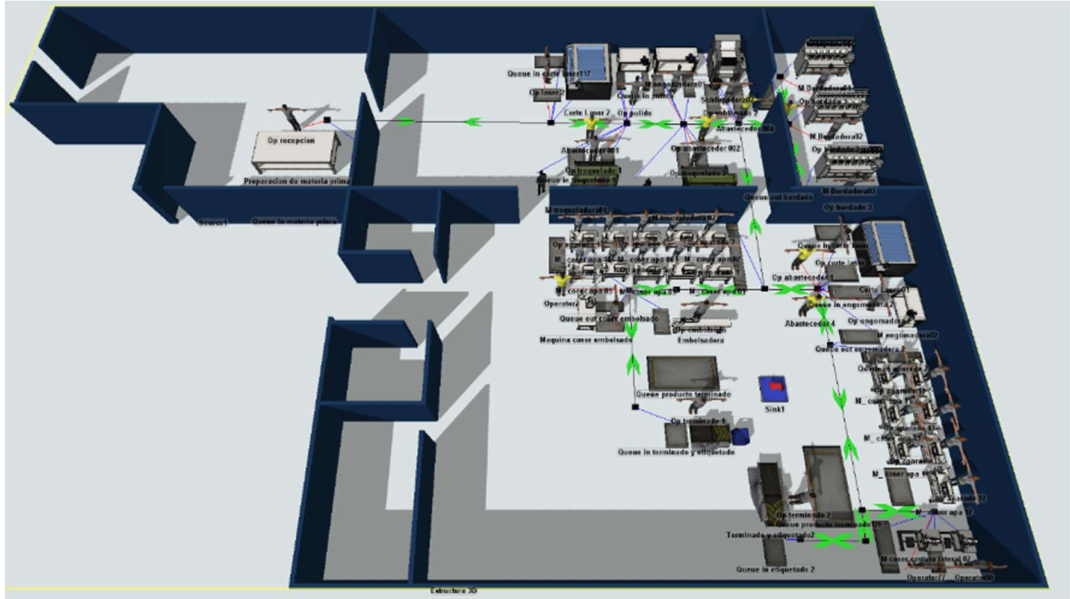


Figura 34.- Vista de la simulación de la distribución propuesta.

Luego de correr el modelo se utiliza un Throughput que analiza la cantidad de pares de pantufla que se han elaborado por cada modelo analizado, esto se muestra en la siguiente figura.

Throughput By Type Mejora

Type	Throughput
1.00	330.00
2.00	336.00
3.00	336.00
4.00	485.00
5.00	485.00

Figura 35.- Troughput situación actual.

- **Análisis de resultados**

Para contrastar los resultados que obtienen ambas simulaciones, se utiliza la capacidad proporcionada por el software, que se resume en la Tabla 87.

Tabla 87.- Análisis de capacidad

N°	Modelo	Situación actual (pares)	Propuesta (pares)
1	Destalonada	235	330
2	Sueca	289	336
3	Talón	466	336
4	Destalonada con filo	460	485
5	Sueca con filo	460	485
Total		1910	1972
Pares incrementados		62	
Incremento de capacidad		3,25%	

En la situación actual se tiene una cantidad de 1910 pares por semana, mientras que la propuesta proporciona 1972 pares. Esto quiere decir que se tiene un aumento del 3,25% en la capacidad de la planta. Se observa gráficamente una mejora en el flujo de las operaciones de la planta, en miras al objetivo de fabricar modelos similares en una misma celda, reduciendo transportes y mejorando las condiciones físicas para la supervisión de la producción.

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.4 Conclusiones

- Se realizó el análisis de los procesos productivos que utiliza la empresa mediante observación e información emitida por el personal de producción y la gerencia, identificando los dos métodos de fabricación para sus productos que se denominan costura lateral y embolsado, los cuales comparten procesos que se llevan a cabo utilizando una distribución por procesos, que se ha ubicado sin un análisis de traslado de material.
- A partir de la investigación acerca de las medidas recomendadas frente a la pandemia por COVID-19 y la observación en la empresa, se determinó que existen medidas aplicadas que se orientan a la desinfección e higiene, más no al distanciamiento social entre los trabajadores, por lo que se tomó en cuenta este factor para la selección de la distribución de planta adecuada.
- CM Original maneja un catálogo amplio de productos, donde los diseños no suelen repetirse, sin embargo, es posible agruparlos según la estructura de estos. Por tal motivo la empresa no maneja un análisis detallado de costos de producción, por lo que se realizó un estudio completo de tiempos y procesos analizando los más comunes para cualquier modelo de pantufla que se fabrique en una temporada.
- Los modelos matemáticos desarrollados utilizan programación lineal entera mixta (Mixed Integer Programming). Mediante la resolución del modelo 1 para agrupación de celdas y productos, se obtuvo como mejor configuración el uso de dos celdas de manufactura donde a cada una se le asignan las pantuflas que poseen un mismo proceso de fabricación, es decir, embolsado o costura lateral. El modelo determina una eficacia de agrupación de productos del 82,5% al utilizar la máquina cortadora láser 01 que actualmente la empresa utiliza con poca frecuencia.
- La empresa CM original posee una superficie en su planta de producción mayor a la calculada en la investigación con la ayuda del método de Guerchet, por lo que se obtuvo una propuesta factible en términos de espacios para la maquinaria, material y personal. La propuesta de distribución se obtuvo a partir de la aplicación del SLP considerando la importancia de la proximidad entre las actividades, lo que

permite reducir traslados innecesarios del material.

- El modelo 2 se desarrolló desde la base de planeación agregada por lo que puede ser aplicado a varios casos de estudio. En CM Original se excluyen los parámetros de subcontratación y manejo de inventario, pues la empresa no lo utiliza por las características de su producción. El modelo matemático determina un costo de fabricación y de manejo de material en dos escenarios: empleando familia de productos con la distribución actual el costo anual es de \$926.055,06 y con la propuesta basada en celdas de manufactura determinada a través del SLP, el costo es de \$921005,91. Reduciendo un 35.10% \$ (5.049,15) el costo de manejo de material.
- Complementando la distribución propuesta se realizó la simulación del escenario actual y propuesto en el software FlexSim, observando gráficamente una mejora en el flujo de las operaciones de la planta, en miras al objetivo de fabricar modelos similares en una misma celda, reduciendo transportes y mejorando las condiciones físicas para la supervisión de la producción. La simulación con los cinco productos de estudio determinó un aumento de 3.25% a la semana en términos de capacidad.

3.5 Recomendaciones

- Debido a la variedad de modelos de las pantuflas no se realiza un análisis a profundidad de los costos de producción, por esta razón, se recomienda llevar un registro adecuado de la parte económica con el fin de obtener mayor exactitud en la determinación de costos de fabricación de los productos.
- Como complemento se puede llevar a cabo un análisis de la ubicación de las bodegas de materia prima, mismas que no fueron tomadas en cuenta en este estudio.
- En el caso de implementar la propuesta de la presente investigación, se pueden programar los trabajos y actividades del personal siguiendo el requerimiento de recursos que proporciona el modelo 2.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] I. Saavedra, “Diseño de un modelo matemático para la localización de plantas,” p. 89, 2013.
- [2] E. S. Lascano Martínez, “Distribución de planta en la empresa Carrocerías Pérez,” Universidad Técnica de Ambato, 2019.
- [3] E. A. Yuccha Cuno, “Distribución de instalaciones para la nueva planta de producción de la empresa de Calzado CASS,” Universidad Técnica de Ambato, 2020.
- [4] C. Irapuato-salamanca, “Diseño y desarrollo de manufactura celular en una empresa de confección textil,” no. 1.
- [5] Y. P. Nataly Antonela, “La industria textil en el canton antonio ante: su tecnologia y capacitacion de la mano de obra y la expansión al mercado internacional nataly,” p. 121, 2014, [Online]. Available: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/10345/ANALISIS Comparativo sobre la cooperacion internacional entre el gobierno ecuatoriano y el gobier.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/10345/ANALISIS%20Comparativo%20sobre%20la%20cooperacion%20internacional%20entre%20el%20gobierno%20ecuatoriano%20y%20el%20gobier.pdf?sequence=3&isAllowed=y).
- [6] D. M. N. Zorrilla, “Determinantes de la competitividad y productividad de pymes y su relación con la Integración vertical,” Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2015.
- [7] V. L. González, “La Industria Textil en América Latina | Textiles Panamericanos.” <https://textilspanamericanos.com/textilspanamericanos/2021/04/la-industria-textil-en-america-latina/> (accessed Jul. 26, 2021).
- [8] INEC, “Infoeconomía - Análisis sectorial,” *Boletín de estadísticas*, pp. 1–8, 2012.
- [9] K. P. Torre Calderón, “Aplicación de la ingeniería de métodos para la mejora de la productividad en la línea de producción de bandejas portacables perforadas de la empresa FALUMSA S.R.L.,” Universidad César Vallejo, 2017.

- [10] J. M. I. Villacís, “Contribución de la tecnología a la productividad de las pymes de la industria textil en Ecuador,” *Cuad. Econ.*, 2017.
- [11] J. Ruiz, *La productividad en el sector textil del cantón Pelileo*. 2017.
- [12] M. Klain, “Cursogramas: técnicas y casos,” 2011.
- [13] B. Díaz Garay and M. T. Noriega, *Manual para el diseño de instalaciones manufactureras y de servicio*, vol. 2, no. 4. 2017.
- [14] L. G. E. Zárate and M. Á. R. Lozada, “Beneficios de utilizar el Análisis ABC en la administración de inventarios en una Pequeña y Mediana Empresa (PyME) comercializadora en Tlaxcala, México,” *Cienc. Adm.*, vol. 1, 2020.
- [15] J. E. Muñoz Cando, “Estandarización y estudio de tiempos para el mejoramiento del proceso productivo en la industria láctea INLADEC”.,” 2020.
- [16] B. W. Niebel and A. Freivalds, *Ingeniería industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo*, Décima. México, 2009.
- [17] L. C. Palacios Acero, *Ingeniería de Métodos Movimientos y Tiempos*. Bogotá, 219AD.
- [18] M. A. R. Crespo, “Optimización del flujo de producción a través de métodos de distribución en planta del taller de máquinas y herramientas de la empresa SYMEP S.A.,” *Univ. TÉCNICA DEL NORTE*, p. 95, 2019.
- [19] J. P. Garcia, *Distribución de planta*. México, 2016.
- [20] R. MUTHER, *Distribucion en planta*, vol. 2. Madrid.
- [21] J. L. Sandoval Gutiérrez, “Implementación De Una Mejora De Métodos De Empresa Industria Ingeniero Industrial Y Negocios Modern Worker,” 2014.
- [22] P. Ortega, “‘ Systematic Layout Planning SLP ’ y ‘ Teoría de la Topogénesis ’ como bases metodológicas para proponer un cambio de paradigma en la concepción de diseño de un edificio industrial .,” *Univ. Exp. del Táchira*, 2004.
- [23] R. Carro and P. A. Z. Daniel, “Capacidad y distribución física,” *Univ. Nac. Mald Plata*, p. 2, 2012, [Online]. Available:

<http://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1620>.

- [24] R. B. Chase and F. J. Robert, *Administración de operaciones. producción y cadena de suministros*, Decimoterc. México, 2014.
- [25] E. Alberto and G. Hernández, “Aplicación de la Búsqueda Armónica para el problema de formación de celdas de manufactura A Harmony Search approach for the Manufacturing Cell Design Problem,” vol. 15, no. 2, pp. 155–167, 2019.
- [26] Organización Mundial de la Salud, “Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus (COVID-19).” <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses> (accessed Oct. 28, 2020).
- [27] Ministerio de Salud Pública (MSP), “Protocolo de seguridad y salud en el trabajo para el sector público y privado,” vol. 1, p. 31, 2020.
- [28] J. A. Platas García, *Planeación, diseño y layout de instalaciones: un enfoque por competencias*, no. May. México, 2017.
- [29] P. Sánchez, A. Ramos, J. Ferrer, J. Barquín, and P. Linares, “Modelos matemáticos de optimización,” *Univ. Pontif. Comillas*, p. 55, 2010.
- [30] M. F. Anjos and M. V. C. Vieira, “Mathematical optimization approaches for facility layout problems: The state-of-the-art and future research directions,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 261, no. 1, pp. 1–16, 2017, doi: 10.1016/j.ejor.2017.01.049.
- [31] I. Eguía Salinas, “Modelado y simulación de células de fabricación reconfigurables,” Escuela Técnica Superior de Ingeniería, 2017.
- [32] E. Canizo and L. Lindo, “Investigación Operativa 2002 Software Para Programación Lineal Investigación Operativa 2002 Software Para Programación Lineal,” pp. 1–22, 2002.
- [33] B. Loubet, “Excel: Herramienta Solver,” *Diseño de modelos financieros*, vol. 9, p. 23, 2020, doi: 10.2307/j.ctv18msptf.14.
- [34] “Simulación de un proceso industrial mediante el software FlexSim,”

Universidad de Alicante, 2012.

- [35] F. I. Alonzo, Z. Basurto, G. Z. Sol, and E. Negr, “Estudio De Localización Y Distribución De La Planta Dedicada a La Fabricación De Aguardiente Saborizado,” p. 16, 2018, [Online]. Available: <http://sigloxxi.es pam.edu.ec/Ponencias/VII/ponencias/81.pdf>.
- [36] CAPIA, CIPEM, and conagopare, “Lineamientos operativos por actividad economica contra COVID 19.”
- [37] inversiones y pesca Ministerio de producción, comercio exterior, “Protocolo De Bioseguridad Para El Sector Industrial Y Comercial -Covid19,” *Minist. Prod. Comer. exterior, inversiones y pesca*, pp. 1–5, 2020, [Online]. Available: https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2020/03/DOC_CORONA.pdf.

ANEXOS

3.6 Anexo 1: Toma de muestras para estudio de tiempos

Tabla 88.- Muestras proceso de preparación de materia prima.

Tiempo Observado							
		PROCESO: Preparación de Materia Prima					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote		351	351	351	351	351	
Tiempo de Preparación							
1	Ver lista de requerimientos, tomar la tela y llevarla a la mesa	18,00	21,00	16,00	20,00	17,00	18,40
2	Posicionar y acomodar la tela sobre la mesa	51,00	41,00	50,00	53,00	53,00	49,60
Tiempo de Producción							
3	Medir la tela y doblarla en partes iguales	55,00	57,00	51,00	56,00	57,00	55,20
4	Cortar los bordes de un lado de la tela	56,00	59,00	56,00	54,00	59,00	56,80
5	Ubicarse en el lado opuesto de la mesa y cortar los bordes del otro lado de la tela	63,00	66,00	62,00	63,00	64,00	63,60
6	Acomodar la tela y cortar para dividirla en dos partes	46,00	46,00	49,00	45,00	48,00	46,80
7	Voltar la cara de una de las mitades de tela y acomodarla	56,00	55,00	57,00	60,00	59,00	57,40
8	Enrollar la tela	29,00	29,00	27,00	27,00	31,00	28,60
9	Revisar la lista de telas, y marcar la tela enrollada con su nombre y código	44,00	43,00	42,00	46,00	42,00	43,40
10	Colocar la tela preparada en el rack correspondiente	418,00	417,00	410,00	424,00	430,00	419,80

Tabla 89.- Muestras proceso de corte de capellada.

Tiempo Observado							
Troqueladora 02		PROCESO: Capellada					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote (pares)		14	14	28	42	42	
Tiempo de Preparación							
1	Preparar la troqueladora	300,47	296,47	300,88	299,34	299,06	299,24
2	Ver orden de producción	60,00	65,00	63,00	67,00	66,00	64,20
3	Coger la tela del rack	15,80	14,44	16,67	14,84	15,48	15,45
4	Ubicar y estirar las telas	23,00	21,56	22,44	23,58	23,79	22,87
5	Acomodar la tela en la troqueladora	19,17	18,51	19,54	20,40	20,38	19,60
Tiempo de producción							
1	Colocar el troquel y troquelar la tela	7,50	5,88	4,09	4,61	4,55	5,32
2	Apilar las capelladas y escribir las tallas	1,03	0,71	1,30	1,08	1,08	1,04
3	Almacenar piezas	1,21	0,38	0,21	0,28	0,23	0,46
4	Cortar pedazos sobrantes de la tela en la mesa y acomodarla	1,26	0,73	0,57	0,73	0,72	0,80
Total		429,44	423,68	428,69	431,86	431,29	428,99

Tabla 90.- Muestras proceso de corte de tiras.

Tiempo Observado							
Troqueladora 02		PROCESO: Corte de Tiras					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote (pares)		10	10	20	30	15	
Tiempo de Preparación							
1	Coger la tela del rack	14,00	16,61	13,22	13,67	13,02	14,10
2	Ubicar y estirar las telas	35,64	35,12	35,40	35,86	35,13	35,43
3	Acomodar la tela en la troqueladora	19,17	19,95	17,68	17,51	20,54	18,97
Tiempo de producción							
1	Colocar el troquel y troquelar la tela	16,73	14,68	17,00	16,53	15,45	16,08
2	Apilar las tiras y escribir las tallas	2,31	2,60	1,39	1,04	2,06	1,88
3	Almacenar piezas	0,91	0,88	0,63	0,27	0,75	0,69
4	Cortar pedazos sobrantes de la tela en la mesa y acomodarla	1,13	1,07	1,24	1,50	1,34	1,26
Total		89,89	90,91	86,56	86,37	88,28	88,40

Tabla 91.- muestras proceso de corte de plantillas de tela.

Tiempo Observado							
Troqueladora 02		PROCESO: Corte de Plantillas					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote (pares)		14	14	28	42	42	
Tiempo de Preparación							
1	Coger la tela del rack	23,52	18,84	16,10	19,77	14,42	18,53
2	Ubicar y estirar las telas	33,61	30,04	37,30	25,73	33,54	32,04
3	Acomodar la tela en la troqueladora	19,98	20,21	26,56	19,54	28,25	22,91
Tiempo de producción							
1	Colocar el troquel y troquelar la tela	6,46	3,94	4,65	5,14	6,04	5,25

Tiempo Observado							
Troqueladora 02		PROCESO: Corte de Plantillas					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
2	Acomodar plantilla y escribir las tallas	2,33	1,86	2,21	2,30	2,31	2,20
3	Almacenar piezas	0,40	0,68	0,42	0,36	0,24	0,42
4	Cortar pedazos sobrantes de la tela en la mesa y acomodarla	1,07	1,36	0,85	0,73	1,00	1,00
Total		87,38	76,92	88,08	73,57	85,81	82,35

Tabla 92.- Muestras proceso de corte de forros.

Tiempo Observado							
Troqueladora 01		PROCESO: Corte de Forros					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote (pares)		13	13	26	39	39	
Tiempo de Preparación							
1	Revisión de la máquina y sus parámetros	53,27	61,28	60,85	61,35	60,19	59,39
2	Ver orden de producción	60,00	65,00	63,00	67,00	66,00	64,20
3	Coger la tela del rack	26,62	25,23	29,30	21,73	27,33	26,04
4	Ubicar y estirar las telas	28,26	26,38	25,26	27,99	28,27	27,23
5	Acomodar la tela en la troqueladora	26,73	30,98	24,37	26,45	28,36	27,38
Tiempo de producción							
1	Colocar el troquel y troquelar la tela	4,81	5,33	5,38	6,88	6,77	5,83
2	Acomodar forros y escribir las tallas	2,14	1,29	0,76	0,95	0,86	1,20
3	Almacenar piezas	0,79	0,97	0,49	0,42	0,45	0,62
4	Cortar pedazos sobrantes de la tela en la mesa y acomodarla	1,54	1,41	0,98	0,69	0,71	1,06
Total		204,16	217,85	210,40	213,46	218,93	212,96

Tabla 93.- Muestras proceso de corte láser.

Tiempo Observado							
Cortadora Láser 01 y 02		PROCESO: Corte Laser					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote		168	168	180	180	168	
Tiempo de Preparación							
1	Preparar la máquina de corte láser y el computador	602,34	597,85	593,73	580,66	590,23	592,96
2	Ver orden de producción	60,00	65,00	63,00	67,00	66,00	64,20
3	Tomar el rollo de tela y colocarlo en el tubo que abastece la máquina	20,00	18,00	17,86	20,07	17,59	18,70
4	Desenrollar la tela e introducirla en la cortadora láser	17,00	18,00	16,93	19,13	16,02	17,42
5	Acomodar la tela dentro de la cámara de corte de la máquina	81,00	80,00	82,40	81,70	79,06	80,83
6	Preparar el documento digital	52,00	50,00	50,14	51,09	50,81	50,81
Tiempo de Producción							
1	Iniciar y realizar el corte láser de la pieza	12,43	12,14	11,79	10,48	10,61	11,49
2	Recoger, apilar y contar el número de piezas	10,86	10,00	10,24	10,31	11,12	10,51
3	Cortar la tela sobrante y desecharla	1,86	2,29	2,10	2,10	2,30	2,13
4	Colocar la pieza en el rack	18,00	17,00	21,30	20,10	18,20	18,92
Total		875,48	870,28	869,49	862,64	861,94	867,97

Tabla 94.- Muestras Proceso de corte de plantilla de esponja.

Tiempo Observado							
Troqueladora 01		PROCESO: Corte interno					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote (pares)		30	30	30	30	30	
Tiempo de Preparación							
1	Tomar las planchas de esponja	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42
2	Situar las planchas sobre la mesa y acomodar	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23
Tiempo de Producción							
1	Colocar el troquel y troquelar la esponja para formar la plantilla	3,82	3,65	3,85	4,15	4,02	3,90
2	Recolectar las plantillas y almacenar	0,76	0,71	1,13	0,75	0,75	0,82
Total		8,23	8,01	8,63	8,54	8,41	8,37

Tabla 95.- Muestras proceso de corte de plantilla de espuma eva.

Tiempo Observado							
Troqueladora 1		PROCESO: Corte interno					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote (pares)		36	36	36	36	36	
Tiempo de Preparación							
1	Tomar las planchas de espuma eva	29,84	28,85	32,44	29,31	31,24	30,34
2	Situar las planchas sobre la mesa y acomodar	67,53	67,53	67,53	67,53	67,53	67,53
Tiempo de Producción							
1	Colocar el troquel y troquelar las planchas de espuma eva para formar la plantilla	3,87	3,63	3,65	4,32	3,59	3,81
2	Recolectar las plantillas y almacenar	1,95	1,43	2,14	1,81	1,53	1,77
Total		103,19	101,44	105,76	102,97	103,90	103,45

Tabla 96.- Muestras proceso de corte de tacón de esponja.

Tiempo Observado							
Troqueladora 01		PROCESO: Corte interno					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote (pares)		120	120	120	120	120	
Tiempo de Preparación							
1	Ubicar la funda para almacenamiento	10,10	11,30	10,50	11,94	11,14	11,0
2	Situar las planchas de espuma sobre la mesa y acomodar	268,00	268,18	273,72	265,37	263,12	267,7
Tiempo de Producción							
1	Colocar el troquel y troquelar el tacón de esponja	6,28	7,21	6,08	6,78	5,80	6,43
2	Almacenar tacón de esponja	1,38	1,75	1,61	1,47	1,69	1,58
Total		285,76	288,44	291,91	285,56	281,75	286,69

Tabla 97.- Muestras proceso de corte de tacón de espuma eva.

Tiempo Observado							
Troqueladora 01 y Desbastadora		PROCESO: Corte interno					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote (pares)		120	120	120	120	120	
Tiempo de Preparación							
1	Ubicar el costal para almacenamiento	120,08	120,09	120,09	120,10	120,09	120,09
2	Situar las planchas de espuma eva sobre la mesa y acomodar	225,10	226,87	231,05	227,73	223,86	226,92
3	Tomar el troquel correspondiente y posicionarlo	5,00	6,00	4,88	5,40	4,35	5,13
Tiempo de Producción							
1	Troquelar el tacón de espuma eva	1,28	1,21	1,20	1,38	1,45	1,31
2	Pulir el tacón eva	7,11	7,17	7,18	6,72	7,22	7,08
3	Almacenar el tacón eva	0,88	1,24	1,11	1,00	1,16	1,08
Total		359,46	362,58	365,50	362,33	358,13	361,60

Tabla 98.- Muestras proceso de bordado pantufla destalonada.

Tiempo Observado								
Bordadora		PROCESO: Bordado Pantufla Capitán América						
N°	Actividad	Muestra					Promedio	Por máquina
		1	2	3	4	5		
Tamaño del Lote		25	25	25	25	25		
Tiempo de Preparación								
1	Tomar y observar orden de producción	7,64	7,66	8,65	9,03	8,00	8,20	
2	Preparar la bordadora con nuevos hilos	1800,00	1792,21	1806,09	1804,66	1794,95	1799,58	
3	Preparar el diseño en la máquina	421,82	422,69	424,13	424,18	420,53	422,67	
Tiempo de Producción								
1	Tomar el tambor, colocar la entretela y sobre ésta posicionar la capellada	12,00	13,00	15,00	11,00	13,00	12,80	12,80
2	Colocar sobre el tambor las piezas circulares blancas y azules	5,00	7,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00
1	Montar el tambor en la máquina y bordar el contorno circular del logo	29,00	30,00	31,00	32,00	31,00	30,60	5,10
2	Colocar pegamento en el círculo y pegar la pieza circular azul	11,00	9,00	10,00	9,00	14,00	10,60	10,60
3	Bordar los detalles del logo	62,00	62,00	62,00	62,00	62,00	62,00	10,33
4	Desmontar el tambor y cortar los excedentes de tela	18,00	20,00	18,00	19,00	20,00	19,00	19,00
5	Colocar pegamento, pegar la pieza blanca y volver a montar el tambor	17,00	16,00	15,00	15,00	16,00	15,80	15,80
6	Bordar los detalles del logo	142,00	142,00	142,00	142,00	142,00	142,00	23,67
7	Desmontar el tambor y cortar los excedentes de tela	53,00	55,00	54,00	54,00	56,00	54,40	54,40
8	Montar el tambor y bordar los contornos finales del logo	881,00	882,00	883,00	880,00	884,00	882,00	147,00
9	Desmontar el tambor, cortar los excedentes de hilo y apilar la pieza	16,00	17,00	17,00	19,00	18,00	17,40	17,40
Total		3475,46	3475,56	3489,87	3484,87	3484,48	3482,05	321,10

Tabla 99.- Muestras proceso de bordado pantufla sueca.

Tiempo Observado								
Bordadora		PROCESO: Bordado de Pantufla a Cuadros						
N°	Actividad	Muestra					Promedio	Por máquina
		1	2	3	4	5		
Tamaño del Lote (pares)		10	10	10	10	10		
Tiempo de Preparación								
1	Observar orden de producción	7,64	7,66	8,65	9,03	8,00	8,20	
2	Preparar la bordadora con nuevos hilos	1800,00	1792,21	1806,09	1804,66	1794,95	1799,58	
3	Preparar el diseño en la máquina	421,82	422,69	424,13	424,18	420,53	422,67	
Tiempo de Producción								
1	Tomar el tambor, colocar la entretela y sobre ésta posicionar la capellada	81,00	80,63	79,44	81,10	81,44	80,72	80,72
2	Montar el tambor en la máquina	26,05	28,21	25,40	25,92	31,70	27,46	27,46
3	Bordar la tela cortada	520,60	517,95	525,19	521,90	522,66	521,66	86,94
4	Desmontar el tambor de la máquina	7,08	6,95	9,18	8,05	7,89	7,83	7,83
5	Quitar tela del tambor, corregir hilos y almacenar	42,40	42,44	42,24	41,94	42,06	42,21	42,21
Total		2906,59	2898,74	2920,32	2916,78	2909,23	2910,33	245,17

Tabla 100.- Muestras proceso de bordado pantufla talón.

Tiempo Observado								
Bordadora		PROCESO: Bordado Pantufla de Panda						
N°	Actividad	Muestra					Promedio	Por máquina
		1	2	3	4	5		
Tamaño del Lote		25	25	25	25	25		
Tiempo de Preparación								
1	Observar orden de producción	7,64	7,66	8,65	9,03	8,00	8,20	
2	Preparar la bordadora con nuevos hilos	1800,00	1792,21	1806,09	1804,66	1794,95	1799,58	
3	Preparar el diseño en la máquina	421,82	422,69	424,13	424,18	420,53	422,67	
Tiempo de Producción								
1	Tomar el tambor, colocar la entretela y sobre ésta posicionar la capellada	17,00	18,00	16,00	20,00	16,00	17,40	17,40
2	Colocar sobre el tambor las piezas de los ojos y la pieza circular	9,00	12,00	9,00	9,00	8,00	9,40	9,40
3	Montar el tambor en la máquina y bordar el contorno de la cabeza del conejo y su boca	37,00	36,00	38,00	38,00	40,00	37,80	6,30
4	Desmontar el tambor y colocar pegamento en la capellada	9,00	9,00	8,00	9,00	12,00	9,40	9,40
5	Pegar la pieza circular y volver a montar el tambor en la máquina	11,00	13,00	10,00	12,00	10,00	11,20	11,20
6	Bordar el contorno del conejo, sus ojos y boca	66,00	66,00	66,00	66,00	66,00	66,00	11,00
7	Colocar pegamento en los ojos y pegar la pieza de los ojos	14,00	14,00	15,00	15,00	16,00	14,80	14,80
8	Bordar el contorno de los ojos	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	44,00	7,33
9	Desmontar el tambor y cortar los excedentes de tela	63,00	61,00	61,00	65,00	63,00	62,60	62,60

Tiempo Observado								
Bordadora		PROCESO: Bordado Pantufla de Panda						
N°	Actividad	Muestra					Promedio	Por máquina
		1	2	3	4	5		
10	Montar el tambor y bordar los detalles del rostro del conejo	604,00	600,00	607,00	605,00	607,00	604,60	100,77
11	Desmontar el tambor, cortar los excedentes de tela y apilar la pieza	55,00	54,00	56,00	57,00	56,00	55,60	55,60
Total		3158,46	3149,56	3168,87	3177,87	3161,48	3163,25	305,80

Tabla 101.- Muestras proceso de sublimado pantufla destalonada con filo.

Tiempo Observado							
Sublimadora 02		PROCESO: Sublimado Cuadros					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tiempo de Preparación							
1	Calentamiento de la calandra	2699,67	2701,45	2698,39	2699,33	2701,03	2699,97
2	Calentamiento de la plancha	1802,70	1798,48	1801,27	1799,88	1797,66	1800,00
3	Ajustar parámetros de la máquina según la pieza	177,47	178,74	185,21	180,01	180,73	180,43
4	Acomodarla la tela y la impresión en la máquina	558,00	559,09	557,58	563,21	565,23	560,62
5	Tomar la capellada del rack	15,37	14,46	14,53	11,30	11,07	13,35
Tiempo de Producción							
1	Sublimado de las telas	10,88	10,47	11,63	12,53	11,19	11,34
2	Recoger, apilar y contar las piezas	11,04	11,74	9,92	11,27	11,80	11,15
3	Colocar las piezas sublimadas en el rack	0,88	0,43	0,49	0,73	0,91	0,69
Total		5276,01	5274,85	5279,02	5278,26	5279,62	5277,55

Tabla 102.- Muestras proceso de sublimado pantufla sueca con filo.

Tiempo Observado							
		PROCESO: Sublimado Puntos					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote		12	24	24	18	14	
Tiempo de Preparación							
1	Calentamiento de la calandra	2699,67	2701,45	2698,39	2699,33	2701,03	2699,97
2	Calentamiento de la plancha	1802,70	1798,48	1801,27	1799,88	1797,66	1800,00
3	Ajustar parámetros de la máquina según la pieza	177,47	178,74	185,21	180,01	180,73	180,43
4	Preparar máquina con las impresiones	596,72	501,59	602,12	604,70	600,00	581,03
5	Tomar capellada o plantilla del rack	15,15	14,08	15,02	10,31	10,09	12,93
Tiempo de Producción							
1	Sublimado de las telas	10,88	10,47	11,63	12,53	11,19	11,34
2	Recoger, apilar y contar las piezas	11,04	11,74	9,92	11,27	11,80	11,15
3	Colocar las piezas sublimadas en el rack	0,97	0,45	0,48	0,80	1,07	0,76
Total		5314,60	5217,00	5324,04	5318,82	5313,57	5297,61

Tabla 103.- Muestras proceso de engomado del embolsado.

Tiempo Observado							
Engomadora		PROCESO: Engomado del Embolsado					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote (pares)		10	10	10	10	10	
Tiempo de Preparación							
1	Mantenimiento del rollo de la máquina engomadora	937,00	978,00	1114,00	984,00	793,00	961,20
2	Colocar pegamento en la máquina engomadora	28,35	33,16	28,71	29,90	25,40	29,10
3	Ver orden de producción	60,00	65,00	63,00	67,00	66,00	64,2
Tiempo de Producción							

Tiempo Observado							
Engomadora		PROCESO: Engomado del Embolsado					
Nº	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
1	Tomar la plantilla eva y colocar pegamento en una cara con el rodillo	7,90	6,60	7,60	7,90	7,70	7,54
2	Tomar el tacón de eva y pegarlo a la plantilla eva	7,60	8,20	7,10	7,50	8,90	7,86
3	Colocar pegamento en el lado sin tacón de la pieza ensamblada con el rodillo	8,20	7,20	7,50	7,40	7,10	7,48
4	Tomar la plantilla de espuma y pegarla al primer ensamble	6,70	6,10	7,40	7,30	8,20	7,14
5	Revisar las piezas	2,40	2,10	1,50	1,90	1,90	1,96
6	Colocar las piezas en gavetas	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90
Total		1061,05	1109,26	1239,71	1115,80	921,10	1089,38

Tabla 104.- Muestras proceso de engomado de costura lateral.

Tiempo Observado							
Engomadora 01 y 02		PROCESO: Engomado Costura Lateral					
Nº	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote (pares)		10	10	10	10	10	
Tiempo de Preparación							
1	Ver orden de producción	60,00	65,00	63,00	67,00	66,00	64,20
2	Mantenimiento del rollo de la máquina engomadora	937,00	978,00	1114,00	984,00	793,00	961,20
3	Colocar pegamento en la máquina engomadora	28,35	33,16	28,71	29,90	25,40	29,10
Tiempo de Producción							
1	Tomar la plantilla eva y colocar pegamento en una cara con el rodillo	7,70	7,80	4,10	4,90	7,30	6,36

Tiempo Observado							
Engomadora 01 y 02		PROCESO: Engomado Costura Lateral					
Nº	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
2	Formar el relleno pegando la plantilla y el tacón de espuma a la planta eva	6,00	10,90	8,70	6,60	7,80	8,00
3	Colocar pegamento en la suela	4,20	4,50	4,00	3,50	6,00	4,44
4	Ensamblar el relleno en la suela	8,10	10,80	6,40	7,70	15,60	9,72
5	Revisar el ensamble	2,60	1,80	1,50	1,30	1,70	1,78
6	Almacenar el ensamble en una gaveta	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10
Total		1057,05	1115,06	1233,51	1108,00	925,90	1087,90

Tabla 105.- Muestras proceso de aparado de costura lateral.

Tiempo Observado							
Máquina de coser aparado		PROCESO: Aparado Corte Lateral					
Nº	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote (pares)		20	15	11	11	17	
Tiempo de Preparación							
1	Ver orden de producción	60,00	65,00	63,00	67,00	66,00	64,20
2	Preparar la máquina de coser con el nuevo hilo	99,00	97,00	96,36	96,19	99,30	97,57
3	Tomar, contar las piezas y colocarlas en la mesa	5,38	5,38	4,30	3,79	3,23	4,41
Tiempo de Producción							
1	Tomar una pieza de capellada y una de forro de capellada y realizar el cosido frontal	45,20	61,80	53,00	47,36	53,82	52,24
2	Ensamble A: Tomar la pieza cosida y realizar un nuevo cosido en la parte del talón	30,25	39,60	39,00	45,55	49,24	40,73

Tiempo Observado							
Máquina de coser aparado		PROCESO: Aparado Corte Lateral					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote (pares)		20	15	11	11	17	
3	Cortar los bordes irregulares del ensamble A y colocar en el contenedor	21,33	20,83	15,45	19,65	9,24	17,30
4	Ensamble B: Coser parte frontal inferior, uniendo el ensamble A a la plantilla de tela	39,70	50,60	62,09	64,82	49,24	53,29
5	Realizar el plantillado de la pantufla cosiendo la parte posterior inferior del ensamble B	105,10	122,87	89,36	83,73	118,65	103,94
Total		405,96	463,08	422,56	428,08	448,70	433,68

Tabla 106.- Muestras proceso de aparado del embolsado.

Tiempo Observado							
Máquina de coser del aparado		PROCESO: Aparado de Embolsado					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote (pares)		24	24	30	34	40	
Tiempo de Preparación							
1	Ver orden de producción	60,00	65,00	63,00	67,00	66,00	64,20
2	Preparar la máquina de coser con el nuevo hilo	99,00	97,00	96,36	96,19	99,30	97,57
3	Tomar y contar las piezas	129,00	129,00	129,00	129,00	129,00	129,00
4	Ubicar capellada y forro de capellada en la mesa	11,00	12,50	15,31	12,94	12,47	12,84
Tiempo de Producción							
1	Tomar una pieza de capellada y una de forro de capellada y realizar el cosido interno	15,79	16,04	16,82	16,01	16,87	16,31
2	Colocar la pieza cosida en otro contenedor	1,13	1,25	1,26	1,20	1,58	1,28

Tiempo Observado							
Máquina de coser del aparato		PROCESO: Aparado de Embolsado					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
3	Ensamble A: Tomar la pieza del contenedor, ubicarla en la máquina y realizar un cosido externo de la capellada y forro de la capellada	30,58	31,00	34,66	28,33	29,64	30,84
4	Cortar los bordes irregulares del ensamble A y colocar en el contenedor	21,33	20,83	15,45	19,65	9,24	17,30
5	Colocar la pieza denominada tira sobre la mesa	7,00	6,00	4,81	5,92	6,28	6,00
6	Ensamble B: Tomar una tira y coser por los extremos	14,92	14,50	18,68	12,88	11,57	14,51
7	Ensamble C: Colocar el ensamble A y B en la mesa de trabajo y coserlos para unirlos	47,75	47,75	38,76	35,66	40,42	42,07
8	Ensamble D: Colocar la planta y el Ensamble C sobre la mesa de trabajo y coserlas	65,27	64,42	58,76	66,28	70,40	65,02
9	Suplir el requerimiento de suelas para el modelo	6,86	6,39	7,29	4,52	6,79	6,37
10	Ensamble Final: Colocar la suela y el Ensamble D sobre la mesa de trabajo y coserlos	43,50	44,00	51,16	53,59	49,54	48,36
Total		553,13	555,69	551,32	549,17	549,08	551,68

Tabla 107.- Muestras proceso de costura lateral.

Tiempo Observado							
Máquina de coser Costura Lateral		PROCESO: Costura Lateral					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote (pares)		17	20	20	18	23	
Tiempo de Producción							
1	Preparar la máquina de coser con el nuevo hilo	186,65	179,13	180,24	172,78	183,84	180,53
2	Ver orden de producción	60,00	65,00	63,00	67,00	66,00	64,20
Tiempo de Producción							
1	Tomar aparado y relleno de las gavetas	4,44	3,91	3,71	4,38	3,78	4,05
2	Coser el ensamble del aparado junto al relleno y almacenarlo	23,71	30,88	33,89	25,29	33,99	29,55
Total		274,80	278,92	280,84	269,46	287,61	278,33

Tabla 108.- Muestras proceso de embolsado.

Tiempo Observado							
Embolsadora		PROCESO: Embolsado					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote (pares)		58	70	68	66	70	
Tiempo de Preparación							
1	Preparar la máquina de coser	295,33	306,47	297,27	287,99	288,86	295,18
2	Ver orden de producción	60,00	65,00	63,00	67,00	66,00	64,20
3	Cambio de hilo de la máquina	121,19	122,36	119,58	116,75	119,06	119,79
Tiempo de Producción							
1	Realizar el volteado inicial de la pantufla	12,22	10,96	11,00	11,97	9,67	11,16
2	Rellenar pantufla	19,18	18,50	18,13	19,81	21,99	19,52
3	Coser el espacio por donde se introdujo el relleno	36,79	34,56	36,20	37,84	36,30	36,34

Tiempo Observado							
Embolsadora		PROCESO: Embolsado					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
4	Realizar el volteado final	24,00	24,55	25,09	26,17	24,91	24,94
5	Emparejamiento y almacenamiento	9,20	9,60	10,00	9,80	9,60	9,64
Total		577,91	592,00	580,27	577,33	576,38	580,78

Tabla 109.- Muestras proceso de terminado y etiquetado de costura lateral.

Tiempo Observado							
Compresor neumático		PROCESO: Terminado y etiquetado Costura Lateral					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote (pares)		15	19	20	10	7	
Tiempo de Preparación							
1	Ver orden de producción	60,00	65,00	63,00	67,00	66,00	64,20
Tiempo de Producción							
1	Controlar las etiquetas	2,11	2,51	3,93	3,03	2,76	2,87
2	Control de calidad	36,20	40,26	47,30	37,00	28,71	37,89
3	Flechar pantuflas	4,56	2,53	3,75	3,83	3,05	3,54
4	Flechar tarjetas en las pantuflas	3,80	3,42	11,20	5,30	4,29	5,60
5	Poner ganchos en la pantufla	3,33	3,26	3,27	2,44	3,13	3,09
6	Sopletear pantuflas	5,60	13,89	8,90	3,90	4,71	7,40
7	Poner código final en la plantilla de la pantufla	6,19	4,35	4,56	5,55	4,23	4,98
8	Enfundar pantuflas	20,20	19,68	23,75	14,70	11,71	18,01
Total		141,99	154,90	169,66	142,75	128,59	147,58

Tabla 110.- Muestras proceso de terminado y etiquetado del embolsado.

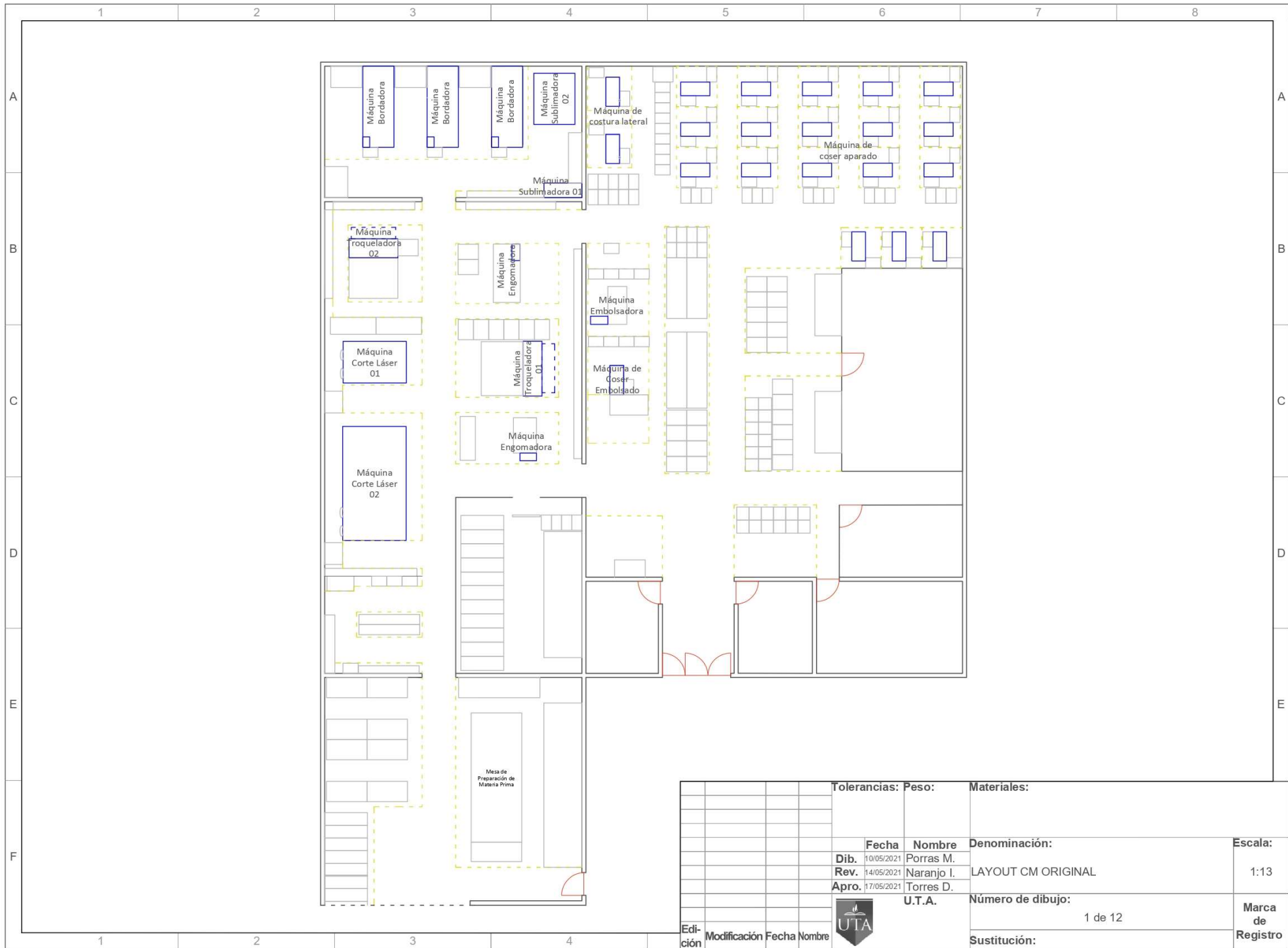
Tiempo Observado							
Compresor neumático		PROCESO: Terminado y Etiquetado Embolsado					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote (pares)		68	40	42	70	68	
Tiempo de Preparación							
1	Ver orden de producción	60,00	65,00	63,00	67,00	66,00	64,20
Tiempo de Preparación							
1	Controlar las etiquetas	2,29	3,36	2,17	3,73	2,02	2,72
2	Control de calidad	20,28	18,41	13,64	17,70	17,47	17,50
3	Flechar pantuflas	2,63	3,34	2,25	3,43	4,33	3,20
4	Flechar tarjetas en las pantuflas	2,75	3,64	2,59	3,01	2,80	2,96
5	Poner ganchos en la pantufla	2,44	2,76	2,02	2,40	3,06	2,53
6	Sopletear pantuflas	6,61	6,56	6,31	7,29	6,85	6,73
7	Poner código final en la plantilla de la pantufla	3,97	4,88	6,27	5,05	5,47	5,13
8	Enfundar pantuflas	13,17	12,25	13,86	14,75	10,16	12,84
TOTAL		114,13	120,21	112,11	124,35	118,16	117,79

Tabla 111.- Muestras proceso de empaquetado.

Tiempo Observado							
		PROCESO: Empacado					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
Tamaño del Lote (pares)		37	42	28	42	42	
Tiempo de Preparación							
1	Ver orden de producción	60,00	65,00	63,00	67,00	66,00	64,20
2	Armar una caja de cartón	2,03	1,74	2,61	2,71	2,26	2,27
Tiempo de producción							
1	Inspeccionar las pantuflas a empaclar	1,08	2,60	3,11	1,57	1,86	2,04
2	Almacenar las pantuflas en la caja de cartón	5,16	10,31	11,96	12,40	6,19	9,21

Tiempo Observado							
		PROCESO: Empacado					
N°	Actividad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio
3	Sellar el cartón con cinta adhesiva	1,14	1,88	2,29	2,21	1,86	1,87
4	Almacenar el cartón en el lugar correspondiente	0,78	0,88	0,71	0,88	0,76	0,80
Total		70,19	82,40	83,68	86,79	78,93	80,40

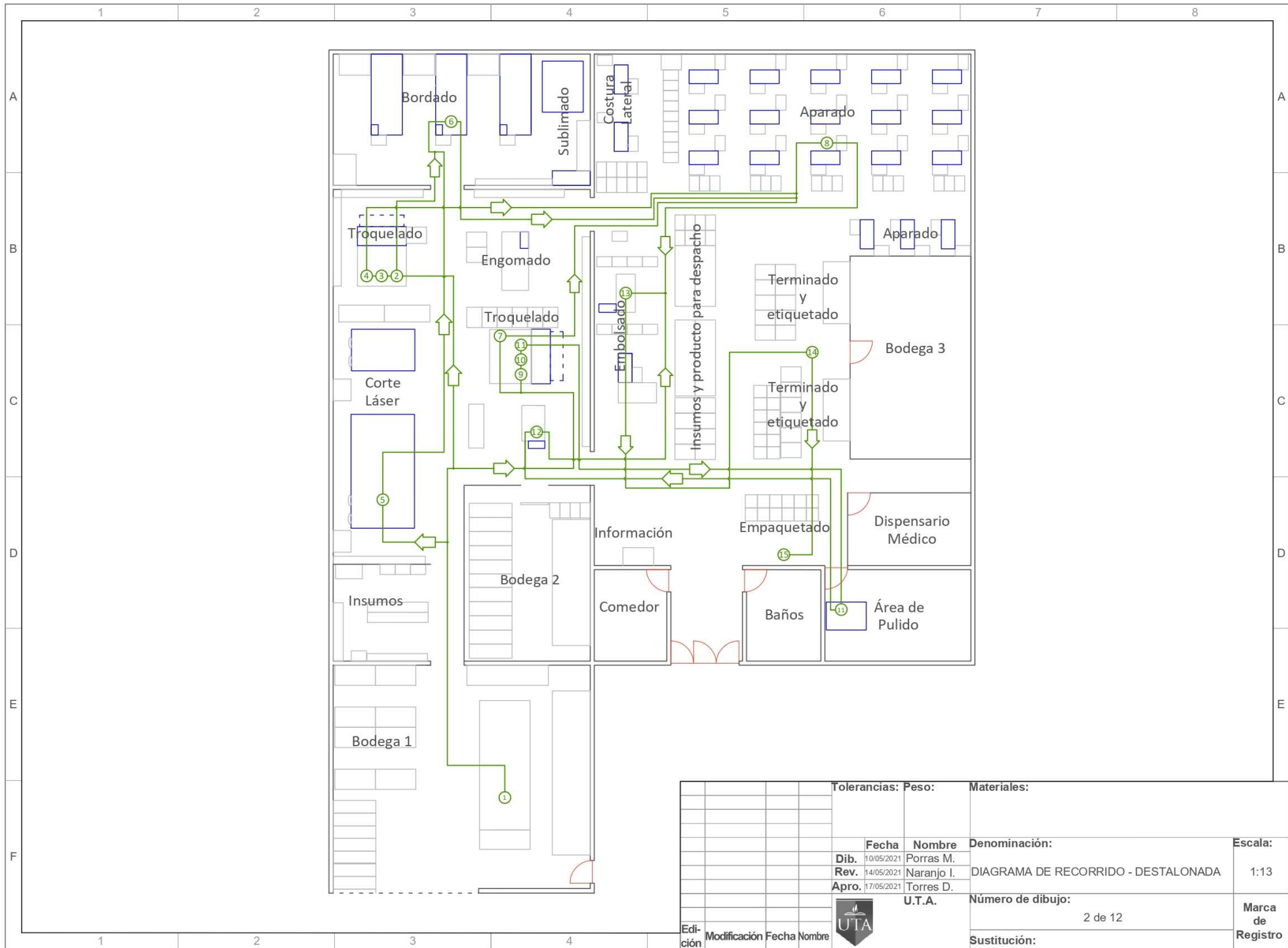
3.7 Anexo 2: Layout de la empresa



		Tolerancias:		Peso:	Materiales:	
		Fecha	Nombre	Denominación:		
		Dib. 10/05/2021	Porras M.	LAYOUT CM ORIGINAL		
		Rev. 14/05/2021	Naranjo I.	Escala: 1:13		
		Apro. 17/05/2021	Torres D.	Número de dibujo: 1 de 12		
		U.T.A.			Marca de Registro	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustitución:		

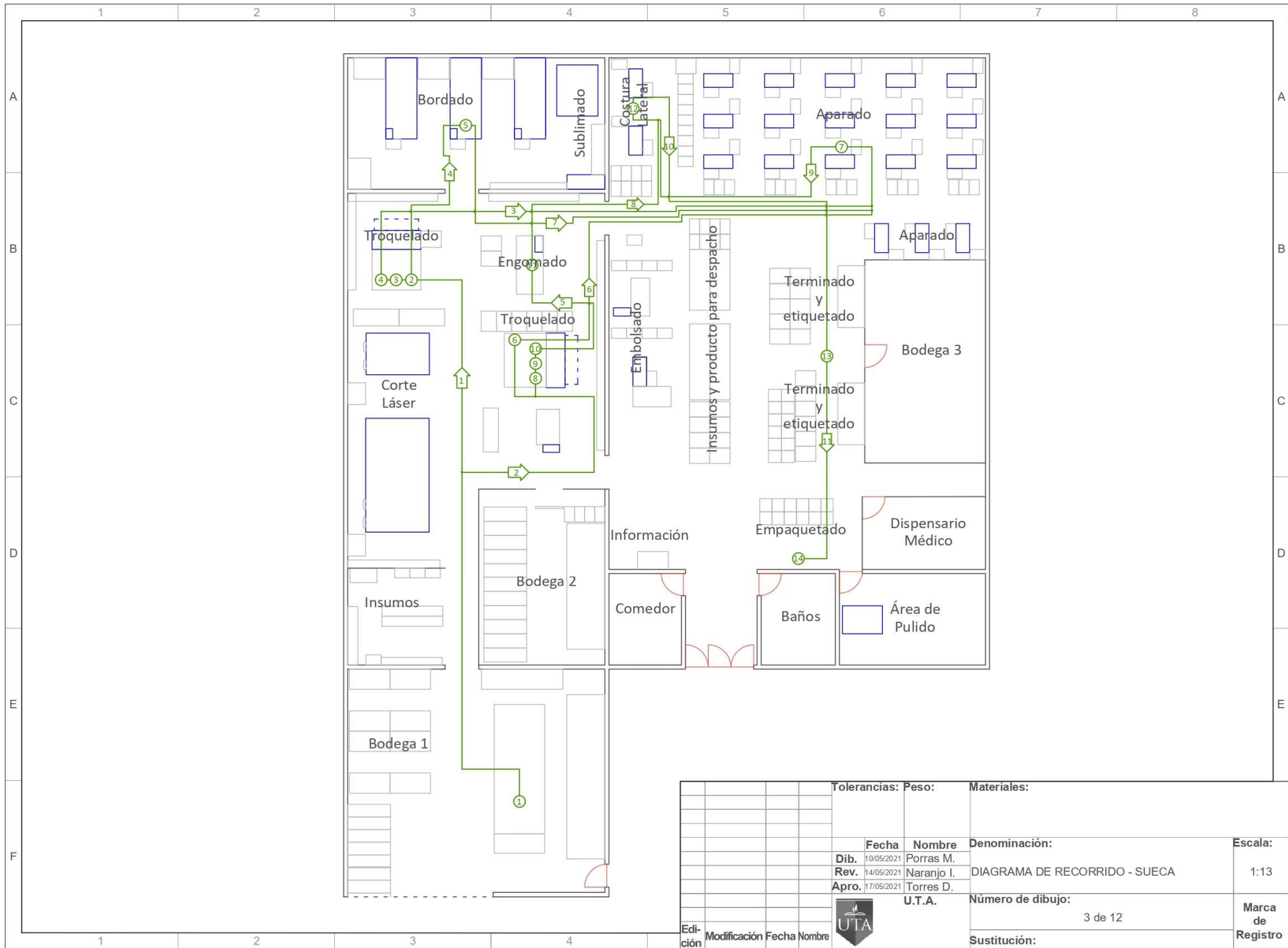


3.8 Anexo 3: Diagramas de recorrido de la situación actual



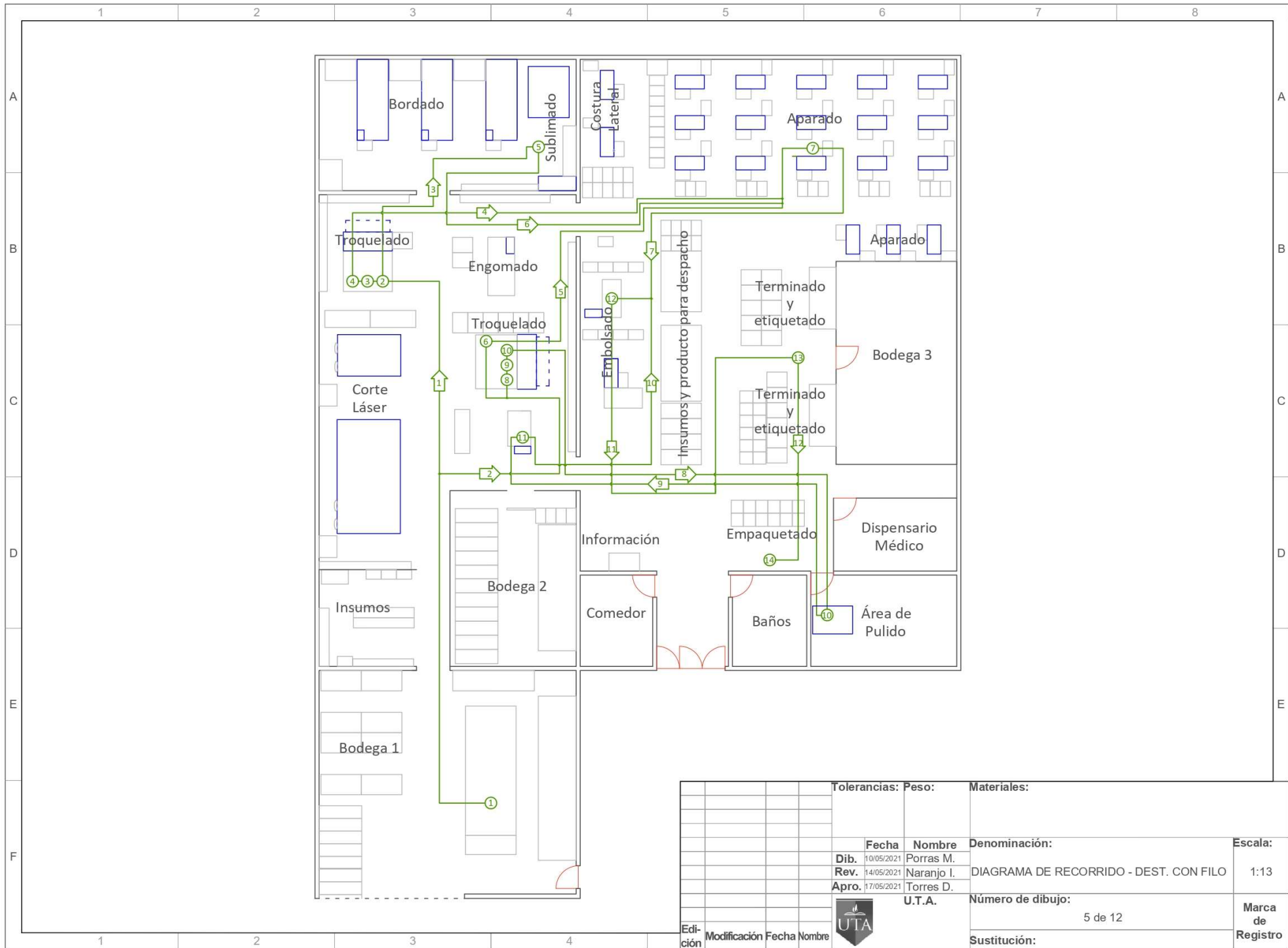
Tolerancias:		Peso:		Materiales:	
Fecha		Nombre		Denominación:	
Dib.	10/05/2021	Porras M.		DIAGRAMA DE RECORRIDO - DESTALONADA	
Rev.	14/05/2021	Naranjo I.		Escala:	
Apro.	17/05/2021	Torres D.		1:13	
U.T.A.				Número de dibujo:	
				2 de 12	
Escala:				Marca de Registro	
Sustitución:					
Edi-	Modificación	Fecha	Nombre		
ción					





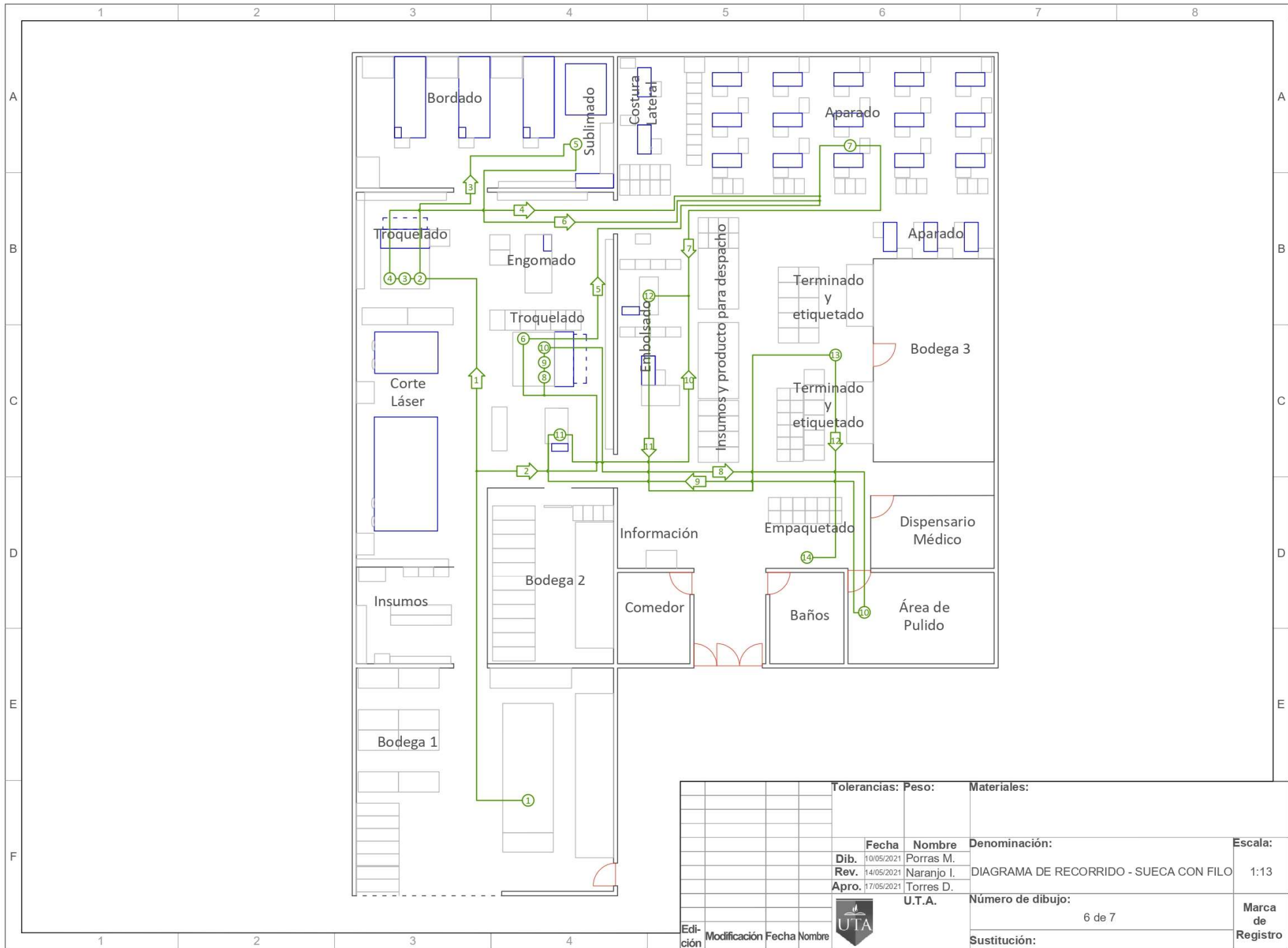
Tolerancias:		Peso:	Materiales:		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
		10/05/2021	Porras M.	DIAGRAMA DE RECORRIDO - SUECA	1:13
		14/05/2021	Naranjo I.		
		17/05/2021	Torres D.		
			U.T.A.	Número de dibujo:	Marca de Registro
				3 de 12	
				Sustitución:	





Tolerancias:		Peso:		Materiales:	
Fecha		Nombre		Denominación:	
Dib.	10/05/2021	Porras M.		DIAGRAMA DE RECORRIDO - DEST. CON FILO	
Rev.	14/05/2021	Naranjo I.		Escala:	
Apro.	17/05/2021	Torres D.		1:13	
U.T.A.				Número de dibujo:	
				5 de 12	
Edición				Sustitución:	
Modificación				Fecha	
Nombre				Marca de Registro	




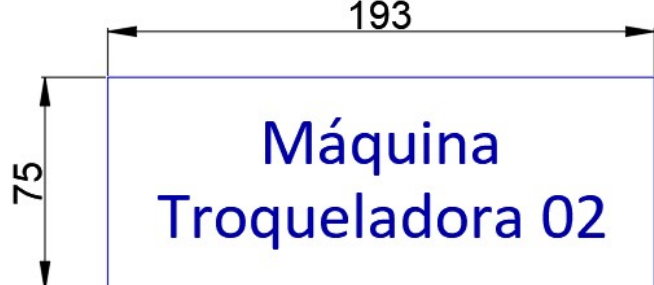
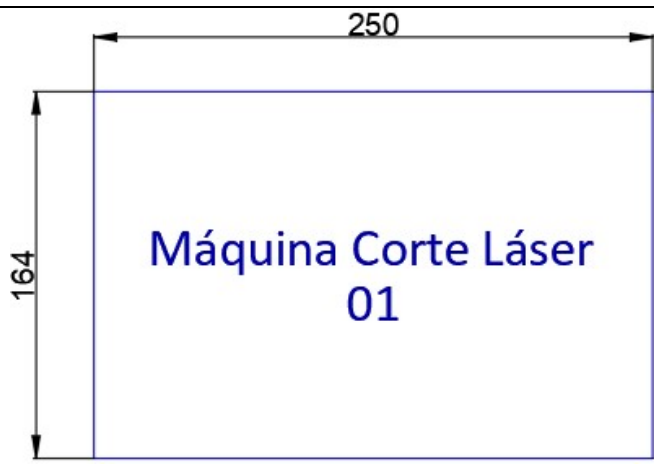


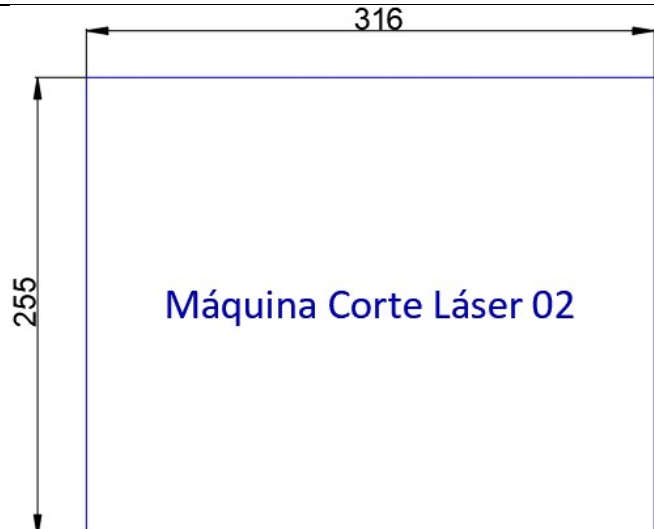

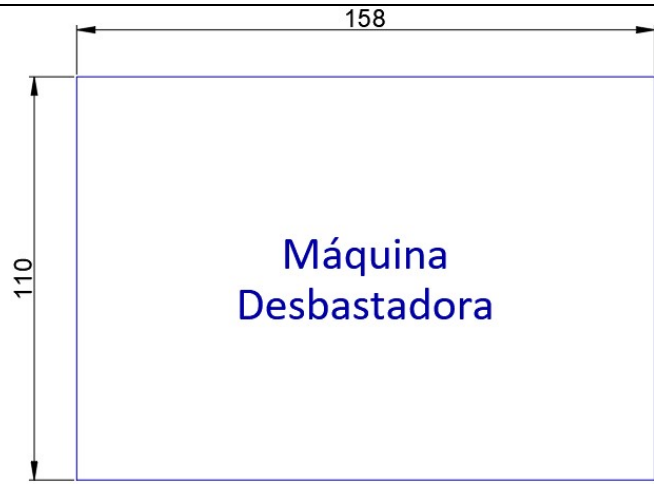
		Tolerancias: Peso:		Materiales:	
		Fecha	Nombre	Denominación:	
		Dib. 10/05/2021	Porras M.	DIAGRAMA DE RECORRIDO - SUECA CON FILO	
		Rev. 14/05/2021	Naranjo I.	Escala: 1:13	
		Apro. 17/05/2021	Torres D.	Número de dibujo: 6 de 7	
		U.T.A.		Marca de Registro	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustitución:	

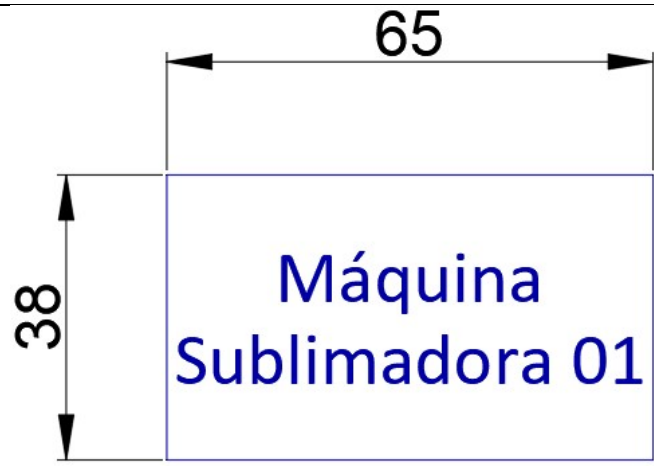
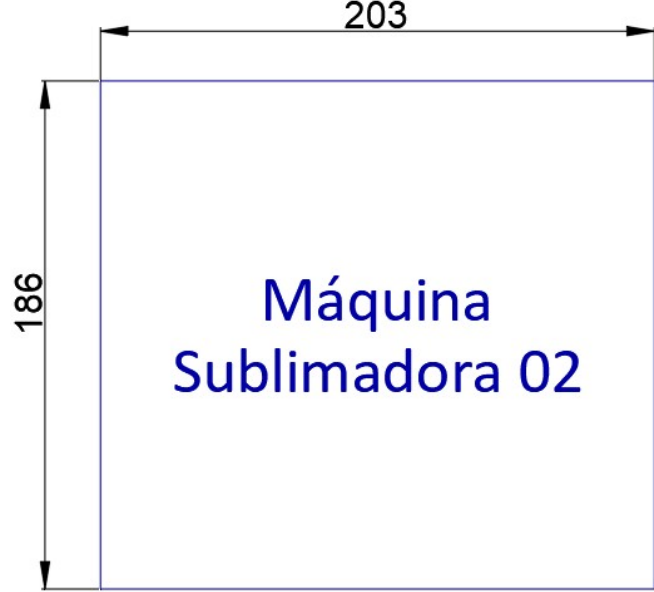
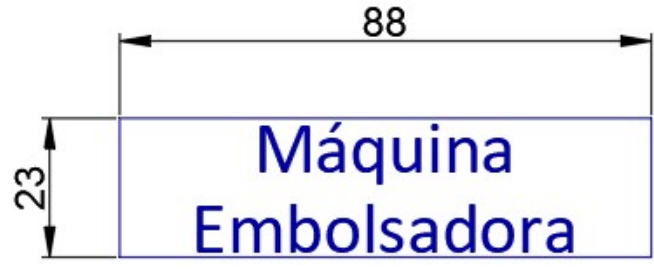


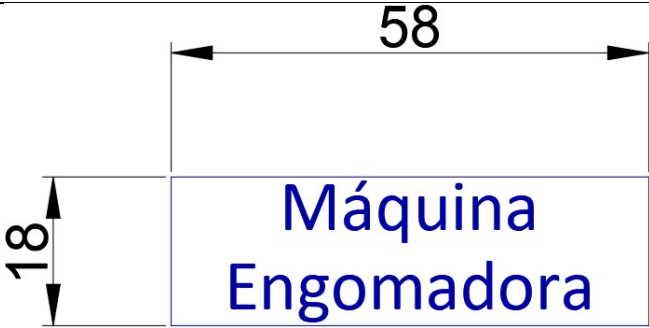
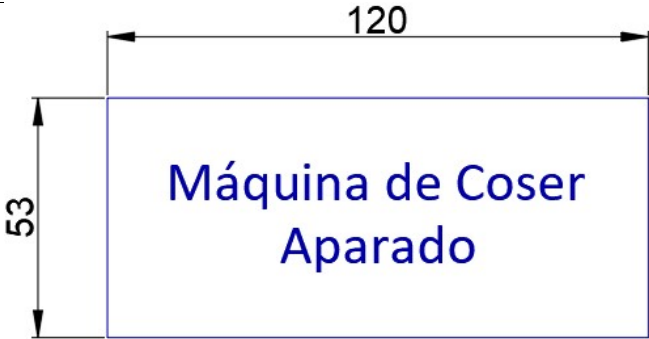
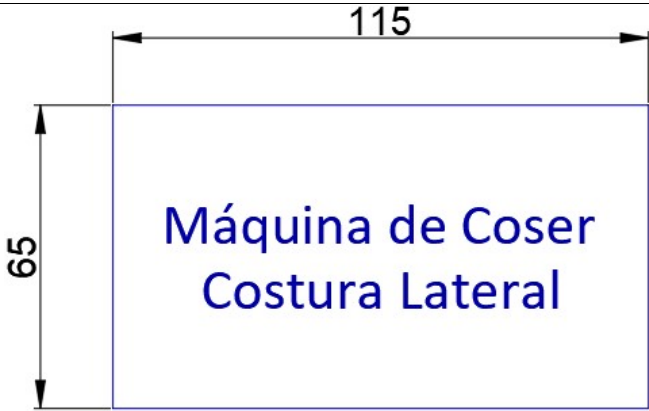
3.9 Anexo 3: Dimensiones de maquinaria

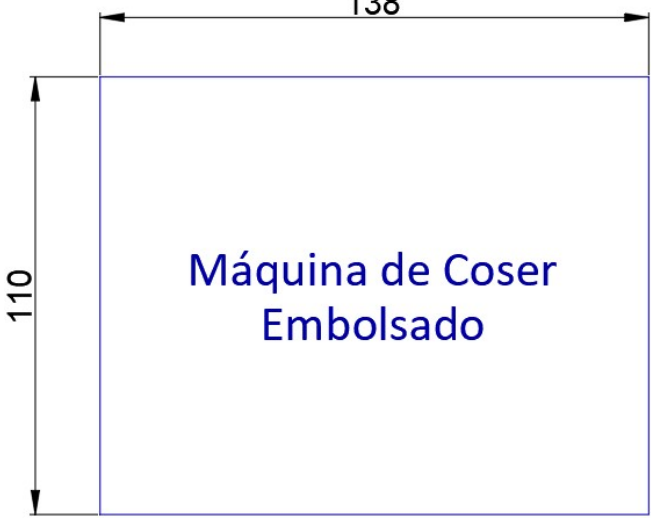
Tabla 112.- Dimensiones de maquinaria.

Má- quina	Can- tidad	Dimensiones (cm)	Área (m ²)
Troqueladora 01	1	 <p>Máquina Troqueladora 01</p>	1,62
Troqueladora 02	1	 <p>Máquina Troqueladora 02</p>	1,45
Cortadora Láser 01	1	 <p>Máquina Corte Láser 01</p>	4,10

Máquina	Cantidad	Dimensiones (cm)	Área (m ²)
Cortadora Láser 02	1	 <p>Máquina Corte Láser 02</p>	8,06
Bordadora de cuatro cabezales	3	 <p>Máquina Bordadora</p>	3,66
Desbastadora	1	 <p>Máquina Desbastadora</p>	1,74

Máquina	Cantidad	Dimensiones (cm)	Área (m ²)
Sublimadora 01	1	 <p>Máquina Sublimadora 01</p>	0,25
Sublimadora 02	1	 <p>Máquina Sublimadora 02</p>	3,79
Embolsadora	1	 <p>Máquina Embolsadora</p>	0,20

Máquina	Cantidad	Dimensiones (cm)	Área (m ²)
Engomadora	2		0,10
Máquina de Coser Aparado	17		0,64
Máquina de Coser Costura Lateral	2		0,75

Máquina	Cantidad	Dimensiones (cm)	Área (m ²)
Máquina de Coser de Embolsado	1	 <p style="text-align: center;">Máquina de Coser Embolsado</p>	1,52

3.10 Anexo 4: Programación del modelo 1

```
Lingo Model - Asignación de Celdas

MODEL:
SETS:
maquinas/1..11/:Ma; ! indice m;
productos/1..5/:; ! indice p;
celulas/1..2/:; ! indice c;
mc(maquinas,celulas):X;
pc(productos,celulas):Y;
mp(maquinas,productos):A;
mpc(maquinas,productos,celulas):E,H;
ENDSETS

DATA:
!maquinas=columnas, operaciones=filas;
A, Ma=@OLE("Modelo_propuesto_Ambato_V2.XLSX");
Mmin=0; !Máquinas mínimas y máximas;
Mmax=100;
ENDDATA

!***** FUNCIÓN OBJETIVO *****;
Max= ((1-(excepcionales/operaciones))/(1+(huecos/operaciones)))*100;

!***** RESTRICCIONES *****;

!Restriccion 1, Una máquina puede asignarse a a varias células dependiendo de la cantidad disponible;
@for(maquinas(m):@sum(celulas(c):X(m,c))<=Ma(m));

!Restriccion 2,Restringir que un producto no se asigne a mas de una célula;
@for(productos(p):@sum(celulas(c):Y(p,c))=1);

!Restriccion 3,Limitar el número mínimo y máximo de máquinas dentro de cada celda;
@for(celulas(c):@sum(maquinas(m):X(m,c))<=Mmax;
@sum(maquinas(m):X(m,c))>=Mmin);

!Restriccion 4. El número de veces que es requerido una máquina para producir una pieza determinada debe
```

```

Lingo Model - Asignación de Celdas

!Restriccion 4, El número de veces que es requerido una máquina para producir una pieza determinada debe
ser mayor o igual al número de operaciones que requieren dicha máquina en todos los programas asignados a la célula en cuestión;
@for(celulas(c):@for(maquinas(m):@size(productos)*X(m,c)-@sum(productos(p):A(m,p)*Y(p,c))>=0));

!Restriccion 5, El número de huecos debe ser mayor o igual al número de operaciones asignadas a
la célula que no utiliza ese tipo de máquina;
@for(celulas(c):@for(maquinas(m):@size(productos)*(1-X(m,c))-@sum(productos(p):(1-A(m,p))*Y(p,c))+@sum(productos(p)|A(m,p)#EQ#0:H(m,p,c))>=0));

!Restriccion 6, Cálculo de elementos vacíos, excepcionales y operaciones totales;
huecos=@sum(maquinas(m):@sum(productos(p)|A(m,p)#EQ#0:@sum(celulas(c):H(m,p,c))));
excepcionales=@sum(maquinas(m):@sum(productos(p)|A(m,p)#EQ#1:@sum(celulas(c):E(m,p,c))));
operaciones=@sum(maquinas(m):@sum(productos(p):A(m,p)));

!Ecuaciones de tipos de variables;
@for(mpc:@bin(H));
@for(mc:@bin(X));
@for(pc:@bin(Y));

CALC:
@SOLVE();
eficacia=((1-(excepcionales/operaciones))/(1+(huecos/operaciones)))*100;
!IMPRESIÓN DE DATOS;
@WRITE('***** ',@NEWLINE(1));
@WRITE('SOLUCIÓN DEL MODELO: ',@NEWLINE(1));
@WRITE('***** ',@NEWLINE(2));

@WRITE('***** ',@NEWLINE(1));
@WRITE('EFICACIA DE GRUPO: ',@format(Eficacia,'2.2f'),'%',@NEWLINE(1));
@WRITE('Total operaciones: ',operaciones,@NEWLINE(1));
@WRITE('Elementos excepcionales: ',excepcionales,@NEWLINE(1));
@WRITE('Elementos vacíos: ',huecos,@NEWLINE(1));
@WRITE('***** ',@NEWLINE(1));

@WRITE(@NEWLINE(1),'***** ',@NEWLINE(1));

```

```
Lingo Model - Asignación de Celdas
excepcionales=@sum(maquinas(m):@sum(productos(p)|A(m,p)#EQ#1:@sum(celulas(c):E(m,p,c))));
operaciones=@sum(maquinas(m):@sum(productos(p):A(m,p)));

!Ecuaciones de tipos de variables;
@for(mpc:@bin(H));
@for(mc:@bin(X));
@for(pc:@bin(Y));

CALC:
@SOLVE();
eficacia=((1-(excepcionales/operaciones))/(1+(huecos/operaciones)))*100;
!IMPRESIÓN DE DATOS;
@WRITE('***** ',@NEWLINE(1));
@WRITE('SOLUCIÓN DEL MODELO: ',@NEWLINE(1));
@WRITE('***** ',@NEWLINE(2));

@WRITE('***** ',@NEWLINE(1));
@WRITE('EFICACIA DE GRUPO: ',@format(Eficacia,'2.2f'),'%',@NEWLINE(1));
@WRITE('Total operaciones: ',operaciones,@NEWLINE(1));
@WRITE('Elementos excepcionales: ',excepcionales,@NEWLINE(1));
@WRITE('Elementos vacios: ',huecos,@NEWLINE(1));
@WRITE('***** ',@NEWLINE(1));

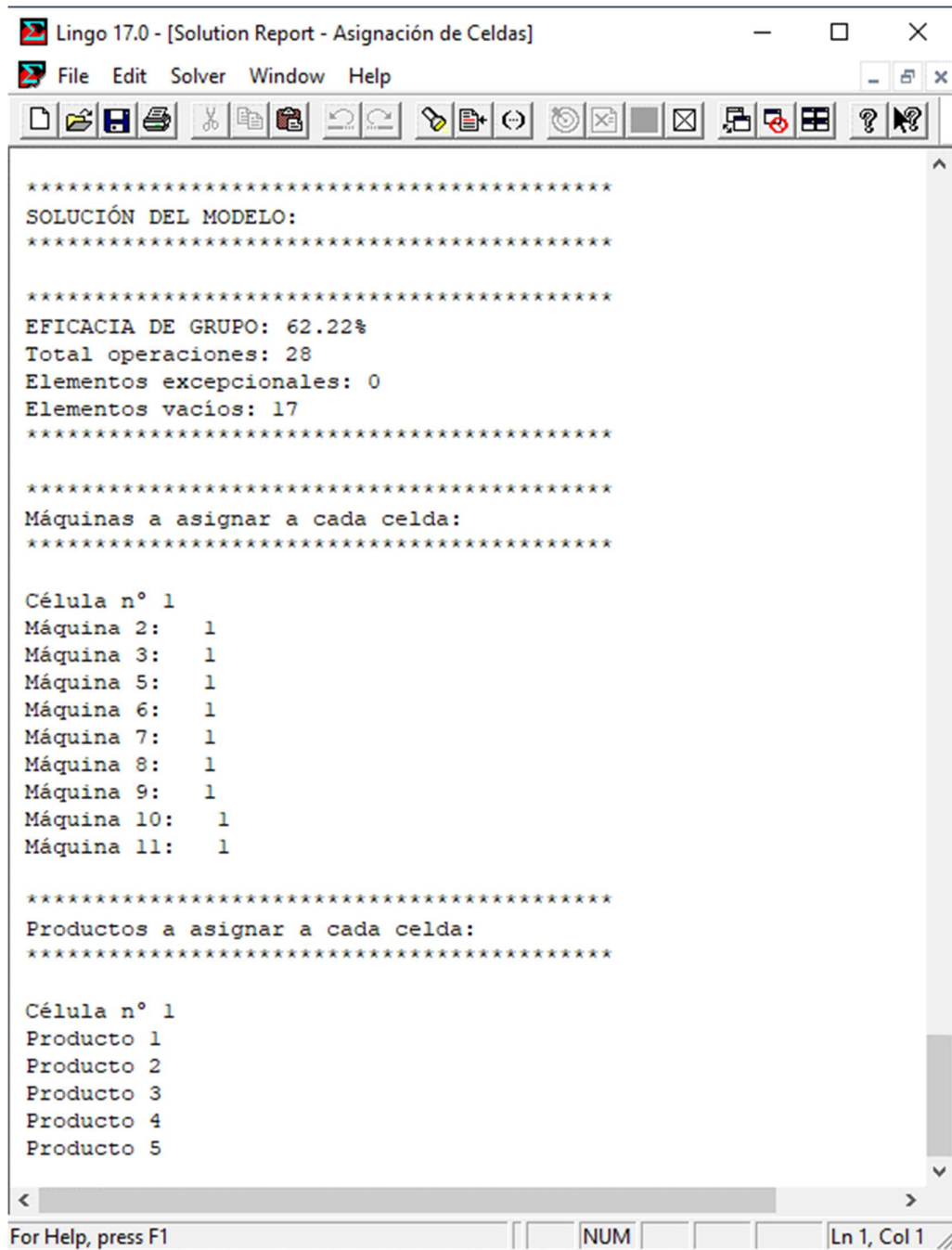
@WRITE(@NEWLINE(1),'***** ',@NEWLINE(1));
@WRITE('Máquinas a asignar a cada celda: ',@NEWLINE(1));
@WRITE('***** ',@NEWLINE(1));
@WRITEFOR(celulas(c):@NEWLINE(1),'Célula n°',1*' ',c,2*' ',@NEWLINE(1),@WRITEFOR(MAQUINAS(m)|X(m,c)#GE#1:'Máquina ',m,':',3*' ',X(m,c),@NEWLINE(1));

@WRITE(@NEWLINE(1),'***** ',@NEWLINE(1));
@WRITE('Productos a asignar a cada celda: ',@NEWLINE(1));
@WRITE('***** ',@NEWLINE(1));
@WRITEFOR(celulas(c):@NEWLINE(1),'Célula n°',1*' ',c,2*' ',@NEWLINE(1),@WRITEFOR(PRODUCTOS(p)|Y(p,c)#GE#1:'Producto ',p,3*' ',@NEWLINE(1)));

ENDCALC
END
```

3.11 Anexo 5: Solución del modelo 1

- Configuración 1: 1 célula.



The screenshot shows the Lingo 17.0 interface with a window titled "Lingo 17.0 - [Solution Report - Asignación de Celdas]". The menu bar includes "File", "Edit", "Solver", "Window", and "Help". The toolbar contains various icons for file operations and solving. The main text area displays the following report:

```
*****
SOLUCIÓN DEL MODELO:
*****

*****
EFICACIA DE GRUPO: 62.22%
Total operaciones: 28
Elementos excepcionales: 0
Elementos vacíos: 17
*****

*****
Máquinas a asignar a cada celda:
*****

Célula n° 1
Máquina 2: 1
Máquina 3: 1
Máquina 5: 1
Máquina 6: 1
Máquina 7: 1
Máquina 8: 1
Máquina 9: 1
Máquina 10: 1
Máquina 11: 1

*****
Productos a asignar a cada celda:
*****

Célula n° 1
Producto 1
Producto 2
Producto 3
Producto 4
Producto 5
```

At the bottom of the window, there is a status bar with the text "For Help, press F1", a "NUM" indicator, and "Ln 1, Col 1".

- Configuración 2: 2 y 3 células.

```

Lingo 17.0 - [Solution Report - Asignación de Celdas]
File Edit Solver Window Help

*****
EFICACIA DE GRUPO: 70.00%
Total operaciones: 28
Elementos excepcionales: 0
Elementos vacíos: 12
*****

*****
Máquinas a asignar a cada celda:
*****

Célula n° 1
Máquina 3: 1
Máquina 7: 1
Máquina 8: 1
Máquina 9: 1

Célula n° 2
Máquina 2: 1
Máquina 3: 1
Máquina 5: 1
Máquina 6: 1
Máquina 7: 1
Máquina 8: 1
Máquina 9: 1
Máquina 10: 1
Máquina 11: 1

*****
Productos a asignar a cada celda:
*****

Célula n° 1
Producto 2

Célula n° 2
Producto 1
Producto 3
Producto 4
Producto 5

For Help, press F1
NUM
Ln 1, Col 1

```

- Configuración 3: 2 y 3 células habilitando M1.

```

Lingo 17.0 - [Solution Report - Asignación de Celdas]
File Edit Solver Window Help
*****
EFICACIA DE GRUPO: 82.35%
Total operaciones: 28
Elementos excepcionales: 0
Elementos vacíos: 6
*****

*****
Máquinas a asignar a cada celda:
*****

Célula n° 1
Máquina 1: 1
Máquina 3: 1
Máquina 7: 1
Máquina 8: 1
Máquina 9: 1

Célula n° 2
Máquina 2: 1
Máquina 3: 1
Máquina 5: 1
Máquina 6: 1
Máquina 7: 1
Máquina 8: 1
Máquina 10: 1
Máquina 11: 1

*****
Productos a asignar a cada celda:
*****

Célula n° 1
Producto 2
Producto 3

Célula n° 2
Producto 1
Producto 4
Producto 5

For Help, press F1
NUM
Ln 1, Col 1

```

3.12 Anexo 6: Programación del modelo 2


```

Lingo Model - Evaluación de Celdas con Planeación Agregada_V2

MODEL:

SETS:
  CELDAS/1..2/:!INDICE c;
  MAQUINAS/1..11/:Ma;!INDICE m;
  PRODUCTOS/1..5/:Tn,CS,CSO,CIN,t,DR,te,CDR,CDRTES,CDRTEE,CTES,CTEE;!INDICE p;
  PERIODO/1..12/:CAPS,TND,TESD,TEED;!INDICE i;

  pci (PRODUCTOS,CELDAS,PERIODO):N,ES,EE;
  pi (PRODUCTOS,PERIODO):S,In,D;
  pc (PRODUCTOS,CELDAS):X;
  mci (MAQUINAS,CELDAS,PERIODO):KMa,tdm;
  ci (CELDAS,PERIODO):CAPMa,KMO,tdmo;
  mp (MAQUINAS,PRODUCTOS):A,tm;

ENDSETS

DATA:
  Tn,CS,CSO,CIN,t,X,D,Ma,A,DR,tm,CDR,CDRTES,CDRTEE,TL,TMO,CTES,CTEE,TND,TESD,TEED,HRTN,HRTES,HRTEE=@OLE("Modelo_propuesto_Ambato_V2.XLSX");

  CAPS=12000;!Capacidad subcontratación;
  CAPP=7200000;
  td=72000000;!tiempo disponible;

ENDDATA

!FO;
MIN=
  @SUM(PERIODO(i):@SUM(CELDAS(c):@SUM(PRODUCTOS(p):Tn(p)^N(p,c,i)))+
  @SUM(PERIODO(i):@SUM(CELDAS(c):@SUM(PRODUCTOS(p):CTES(p)^ES(p,c,i)))+
  @SUM(PERIODO(i):@SUM(CELDAS(c):@SUM(PRODUCTOS(p):CTEE(p)^EE(p,c,i)))+
  @SUM(PERIODO(i):@SUM(PRODUCTOS(p):CS(p)^S(p,i))+
  @SUM(PERIODO(i):@SUM(PRODUCTOS(p):CIN(p)^In(p,i))+
  @SUM(PERIODO(i):@SUM(CELDAS(c):@SUM(PRODUCTOS(p):CSO(p)^N(p,c,i)))+
  @SUM(PERIODO(i):@SUM(CELDAS(c):@SUM(PRODUCTOS(p):DR(p)^N(p,c,i)^CDR(p)))/TL+
  @SUM(PERIODO(i):@SUM(CELDAS(c):@SUM(PRODUCTOS(p):DR(p)^ES(p,c,i)^CDRTES(p)))/TL+
  @SUM(PERIODO(i):@SUM(CELDAS(c):@SUM(PRODUCTOS(p):DR(p)^EE(p,c,i)^CDRTEE(p)))/TL;

```

```

Lingo Model - Evaluación de Celdas con Planeación Agregada_V2

!ECUACIÓN 2, BALANCE DE INVENTARIOS;
@FOR(PERIODO(i):@FOR(CELDAS(c):@FOR(PRODUCTOS(p):
X(p,c)^In(p,i)=X(p,c)^(IF(i#EQ#1,0,In(p,i-1))+N(p,c,i)+ES(p,c,i)+EE(p,c,i)+S(p,i)-D(p,i)))));

!ECUACIÓN 3, Restricción de cumplimiento de demanda;
@FOR(PERIODO(i):@FOR(CELDAS(c):@FOR(PRODUCTOS(p):
X(p,c)^(IF(i#EQ#1,0,In(p,i-1))+N(p,c,i)+ES(p,c,i)+EE(p,c,i)+S(p,i))>=X(p,c)^D(p,i)));

!ECUACIÓN 4, Capacidad Subcontratación;
@FOR(PERIODO(i):@SUM(PRODUCTOS(p):S(p,i))<=CAPS(i));

!ECUACIÓN 5, Cantidad de máquinas requeridas;
@FOR(PERIODO(i):@FOR(CELDAS(c):@FOR(MAQUINAS(m):
@SUM(PRODUCTOS(p):N(p,c,i)^tm(m,p)^X(p,c))=KMa(m,c,i)^TND(i)));

!ECUACIÓN 6, Control de la cantidad de máquinas requeridas;
@FOR(MAQUINAS(m):@FOR(PERIODO(i):
@SUM(CELDAS(c):KMa(m,c,i))<=Ma(m));

!ECUACIÓN 7, Cantidad de personas requeridas;
@FOR(PERIODO(i):@FOR(CELDAS(c):
@SUM(PRODUCTOS(p):(N(p,c,i)^t(p)^X(p,c))=KMO(c,i)^TND(i));

!ECUACIÓN 8, Control de la cantidad trabajadores;
@FOR(PERIODO(i):
@SUM(CELDAS(c):KMO(c,i))<=TMO);

!ECUACIÓN 9, Restricciones de políticas de horas extras suplementarias MO y Maquinaria;
@FOR(PERIODO(i):@FOR(CELDAS(c):
@SUM(PRODUCTOS(p):(ES(p,c,i)^t(p)^X(p,c))<=KMO(c,i)^TESD(i));

@FOR(PERIODO(i):@FOR(CELDAS(c):@FOR(MAQUINAS(m):
@SUM(PRODUCTOS(p):ES(p,c,i)^tm(m,p)^X(p,c))<=KMa(m,c,i)^TESD(i));

!ECUACIÓN 10, Restricciones de políticas de horas extras extraordinarias MO y Maquinaria;
@FOR(PERIODO(i):@FOR(CELDAS(c):
@SUM(PRODUCTOS(p):(EE(p,c,i)^t(p)^X(p,c))<=KMO(c,i)^TEED(i));

```

```

Lingo Model - Evaluación de Celdas con Planeación Agregada_V2
@FOR (PERIODO (i) : @FOR (CELDAS (c) : @FOR (MAQUINAS (m) :
@SUM (PRODUCTOS (p) : EE (p, c, i) * tm (m, p) * X (p, c) <= RMa (m, c, i) * TEED (i) ) ) ) ) ;

!NO NEGATIVIDAD;
@FOR (PERIODO (i) : @FOR (CELDAS (c) : @FOR (PRODUCTOS (p) : N (p, c, i) >= 0) ) ) ;
@FOR (PERIODO (i) : @FOR (CELDAS (c) : @FOR (PRODUCTOS (p) : ES (p, c, i) >= 0) ) ) ;
@FOR (PERIODO (i) : @FOR (CELDAS (c) : @FOR (PRODUCTOS (p) : EE (p, c, i) >= 0) ) ) ;
@FOR (MAQUINAS (m) : @FOR (CELDAS (c) : @FOR (PERIODO (i) : RMa (m, c, i) >= 0) ) ) ;
@FOR (CELDAS (c) : @FOR (PERIODO (i) : RMO (c, i) >= 0) ) ;
@FOR (PERIODO (i) : @FOR (PRODUCTOS (p) : S (p, i) >= 0) ) ;
@FOR (PERIODO (i) : @FOR (PRODUCTOS (p) : In (p, i) = 0) ) ;

! @FOR (PERIODO (i) : @FOR (CELDAS (c) : @FOR (PRODUCTOS (p) : @GIN (N (p, c, i) ) ) ) ) ;
! @FOR (MAQUINAS (m) : @FOR (CELDAS (c) : @FOR (PERIODO (i) : @GIN (RMa (m, c, i) ) ) ) ) ;
! @FOR (PERIODO (i) : @FOR (PRODUCTOS (p) : @GIN (S (p, i) ) ) ) ;
! @FOR (PERIODO (i) : @FOR (PRODUCTOS (p) : @GIN (In (p, i) ) ) ) ;

CALC:
@SOLVE ();

!IMPRESIÓN DE DATOS;
@WRITE (@NEWLINE (2), '***** ', @NEWLINE (1));
@WRITE ('SOLUCIÓN DEL MODELO: ', @NEWLINE (1));
@WRITE ('***** ', @NEWLINE (2));
@WRITE ('COSTO ANUAL DE PRODUCCION EN TIEMPO NORMAL: ', '$', @format (@SUM (PERIODO (i) : @SUM (CELDAS (c) : @SUM (PRODUCTOS (p) : Tn (p) * N (p, c, i) ) ) ) , '2.2f' ) , @NEWLINE (1));
@WRITE ('COSTO ANUAL DE PRODUCCION EN TIEMPO EXTRA S: ', '$', @format (@SUM (PERIODO (i) : @SUM (CELDAS (c) : @SUM (PRODUCTOS (p) : CTES (p) * ES (p, c, i) ) ) ) , '2.2f' ) , @NEWLINE (1));
@WRITE ('COSTO ANUAL DE PRODUCCION EN TIEMPO EXTRA E: ', '$', @format (@SUM (PERIODO (i) : @SUM (CELDAS (c) : @SUM (PRODUCTOS (p) : CTEE (p) * EE (p, c, i) ) ) ) , '2.2f' ) , @NEWLINE (1));
@WRITE ('COSTO ANUAL DE SUBCONTRATACIÓN: ', '$', @format (@SUM (PERIODO (i) : @SUM (PRODUCTOS (p) : CS (p) * S (p, i) ) ) ) , '2.2f' ) , @NEWLINE (1));
@WRITE ('COSTO ANUAL DE SUBCONTRATACIÓN DE OPERACIONES: ', '$', @format (@SUM (PERIODO (i) : @SUM (CELDAS (c) : @SUM (PRODUCTOS (p) : CSO (p) * N (p, c, i) ) ) ) , '2.2f' ) , @NEWLINE (1));
@WRITE ('COSTO ANUAL DE MANTENER INVENTARIO: ', '$', @format (@SUM (PERIODO (i) : @SUM (PRODUCTOS (p) : CIN (p) * In (p, i) ) ) ) , '2.2f' ) , @NEWLINE (1));
@WRITE ('COSTO ANUAL DE MOVIMIENTO DE LOTES: ', '$', @format (@SUM (PERIODO (i) : @SUM (CELDAS (c) : @SUM (PRODUCTOS (p) : DR (p) * (N (p, c, i) * CDR (p) + ES (p, c, i) * CDRTES (p) + EE (p, c, i) * CDRTEE (p) ) ) ) ) / TL , '2.2f' ) , @NE

@WRITE ('***** ', @NEWLINE (1));
@WRITE ('Producción por periodo', @NEWLINE (1));
@WRITE ('***** ', @NEWLINE (0));
@WRITEFOR (PERIODO (i) : @NEWLINE (2), '***** PERIODO N', 1, '1, ' *****',
@WRITEFOR (CELDAS (c) : @NEWLINE (2), '***** CELDA ', c, ':', 3, ' ', @NEWLINE (1), 'TIEMPO NORMAL',

```

```

Lingo Model - Evaluación de Celdas con Planeación Agregada_V2

@NEWLINE(1), 'Costo producción TN: ', ' $', @format(@SUM(CELDAS(c):@SUM(PRODUCTOS(p):Tn(p)^N(p,c,i)^X(p,c))), '2.2f'), @NEWLINE(1),
'Costo por manejo de materiales ($-lote/periodo): $', @format(@SUM(PRODUCTOS(p):DR(p)^N(p,c,i)^CDR(p)/TL), '2.2f'), @NEWLINE(1),
'Distancia recorrida por lote: ', @format(@SUM(PRODUCTOS(p):DR(p)^N(p,c,i)/TL), '2.2f'), 'm', @NEWLINE(1), 'Productos:', @NEWLINE(1),
@WRITEFOR(PRODUCTOS(p)|N(p,c,i)#NE#0: ' Producto ', p, ':', 3^' ', @format(N(p,c,i), '0.0f'), ' unidades', @NEWLINE(1)),

@NEWLINE(1), 'TIEMPO SUPLEMENTARIO',
@NEWLINE(1), 'Costo producción TES: ', ' $', @format(@SUM(CELDAS(c):@SUM(PRODUCTOS(p):CTES(p)^ES(p,c,i)^X(p,c))), '2.2f'), @NEWLINE(1),
'Costo por manejo de materiales ($-lote/periodo): $', @format(@SUM(PRODUCTOS(p):DR(p)^ES(p,c,i)^CDR(p)/TL), '2.2f'), @NEWLINE(1),
'Distancia recorrida por lote: ', @format(@SUM(PRODUCTOS(p):DR(p)^ES(p,c,i)/TL), '2.2f'), 'm', @NEWLINE(1),
'Horas suplementarias requeridas: ', @format(@SUM(PRODUCTOS(p):ES(p,c,i)^t(p)^X(p,c)/(HRTES*3600)), '2.2f'), @NEWLINE(1),
'Días requeridos: ', @format((@SUM(PRODUCTOS(p):ES(p,c,i)^t(p)^X(p,c)/(HRTES*3600)))/KMO(c,i), '2.2f'), @NEWLINE(1),
'Productos:', @NEWLINE(1),
@WRITEFOR(PRODUCTOS(p)|ES(p,c,i)#NE#0: ' Producto ', p, ':', 3^' ', @format(ES(p,c,i), '0.0f'), ' unidades', @NEWLINE(1)),

@NEWLINE(1), 'TIEMPO EXTRAORDINARIO',
@NEWLINE(1), 'Costo producción TEE: ', ' $', @format(@SUM(CELDAS(c):@SUM(PRODUCTOS(p):CTEE(p)^EE(p,c,i)^X(p,c))), '2.2f'), @NEWLINE(1),
'Costo por manejo de materiales ($-lote/periodo): $', @format(@SUM(PRODUCTOS(p):DR(p)^EE(p,c,i)^CDR(p)/TL), '2.2f'), @NEWLINE(1),
'Distancia recorrida por lote: ', @format(@SUM(PRODUCTOS(p):DR(p)^EE(p,c,i)/TL), '2.2f'), 'm', @NEWLINE(1),
'Horas extraordinarias requeridas: ', @format(@SUM(PRODUCTOS(p):EE(p,c,i)^t(p)^X(p,c)/(HRTES*3600)), '2.2f'), @NEWLINE(1),
'Días requeridos: ', @format((@SUM(PRODUCTOS(p):EE(p,c,i)^t(p)^X(p,c)/(HRTES*3600)))/KMO(c,i), '2.2f'), @NEWLINE(1),
'Productos:', @NEWLINE(1),
@WRITEFOR(PRODUCTOS(p)|EE(p,c,i)#NE#0: ' Producto ', p, ':', 3^' ', @format(EE(p,c,i), '0.0f'), ' unidades', @NEWLINE(1)),

@NEWLINE(1), 'RECURSOS REQUERIDOS',
@NEWLINE(1), 'Mano de obra requerida: ', @format(KMO(c,i), '2.2f'), @NEWLINE(1), 'Maquinaria requerida:',
@NEWLINE(1), 17^' ', 'Cantidad',
@WRITEFOR(MAQUINAS(m)|KMa(m,c,i)#NE#0:@NEWLINE(1), ' Máquina ', m, ':', 3^' ', @format(KMa(m,c,i), '2.2f'), 9^' ', @NEWLINE(0)));

@WRITE(@NEWLINE(1), '***** ', @NEWLINE(1));
@WRITE('Cantidad a subcontratar por periodo', @NEWLINE(1));
@WRITE('***** ', @NEWLINE(1));
@WRITEFOR(PERIODO(i):@NEWLINE(1), '***** Periodo n^', i^' ', i, '*****', @NEWLINE(1), 'Costo por periodo: ', ' $', @format(@SUM(PRODUCTOS(p):CS(p)^S(p,i)), '2.2f'), @NEWLINE(1),
@WRITEFOR(PRODUCTOS(p)|S(p,i)#NE#0: 'Producto ', p, ':', 3^' ', @format(S(p,i), '0.0f'), ' unidades', @NEWLINE(1)));

!@WRITE(@NEWLINE(1), '***** ', @NEWLINE(1));
!@WRITE('Cantidad a inventario por periodo', @NEWLINE(1));

```

```

Lingo Model - Evaluación de Celdas con Planeación Agregada_V2
@NEWLINE (1), 'Costo producción TES: ', ' $', @format (@SUM (CELDAS (c) : @SUM (PRODUCTOS (p) : CTES (p) * ES (p, c, i) * X (p, c))), '2.2f'), @NEWLINE (1),
'Costo por manejo de materiales ($-lote/periodo): $', @format (@SUM (PRODUCTOS (p) : DR (p) * ES (p, c, i) * CDR (p) / TL), '2.2f'), @NEWLINE (1),
'Distancia recorrida por lote: ', @format (@SUM (PRODUCTOS (p) : DR (p) * ES (p, c, i) / TL), '2.2f'), 'm', @NEWLINE (1),
'Horas suplementarias requeridas: ', @format (@SUM (PRODUCTOS (p) : ES (p, c, i) * t (p) * X (p, c) / (HRTES * 3600)), '2.2f'), @NEWLINE (1),
'Dias requeridos: ', @format ((@SUM (PRODUCTOS (p) : ES (p, c, i) * t (p) * X (p, c) / (HRTES * 3600))) / KMO (c, i), '2.2f'), @NEWLINE (1),
'Productos:', @NEWLINE (1),
@WRITEFOR (PRODUCTOS (p) | ES (p, c, i) #NE#0: ' Producto ', p, ': ', 3^ ' ', @format (ES (p, c, i), '0.0f'), ' unidades', @NEWLINE (1)),

@NEWLINE (1), 'TIEMPO EXTRAORDINARIO',
@NEWLINE (1), 'Costo producción TEE: ', ' $', @format (@SUM (CELDAS (c) : @SUM (PRODUCTOS (p) : CTEE (p) * EE (p, c, i) * X (p, c))), '2.2f'), @NEWLINE (1),
'Costo por manejo de materiales ($-lote/periodo): $', @format (@SUM (PRODUCTOS (p) : DR (p) * EE (p, c, i) * CDR (p) / TL), '2.2f'), @NEWLINE (1),
'Distancia recorrida por lote: ', @format (@SUM (PRODUCTOS (p) : DR (p) * EE (p, c, i) / TL), '2.2f'), 'm', @NEWLINE (1),
'Horas extraordinarias requeridas: ', @format (@SUM (PRODUCTOS (p) : EE (p, c, i) * t (p) * X (p, c) / (HRTES * 3600)), '2.2f'), @NEWLINE (1),
'Dias requeridos: ', @format ((@SUM (PRODUCTOS (p) : EE (p, c, i) * t (p) * X (p, c) / (HRTES * 3600))) / KMO (c, i), '2.2f'), @NEWLINE (1),
'Productos:', @NEWLINE (1),
@WRITEFOR (PRODUCTOS (p) | EE (p, c, i) #NE#0: ' Producto ', p, ': ', 3^ ' ', @format (EE (p, c, i), '0.0f'), ' unidades', @NEWLINE (1)),

@NEWLINE (1), 'RECURSOS REQUERIDOS',
@NEWLINE (1), 'Mano de obra requerida: ', @format (KMO (c, i), '2.2f'), @NEWLINE (1), 'Maquinaria requerida:',
@NEWLINE (1), 17^ ' ', 'Cantidad',
@WRITEFOR (MAQUINAS (m) | KMa (m, c, i) #NE#0: @NEWLINE (1), ' Máquina ', m, ': ', 3^ ' ', @format (KMa (m, c, i), '2.2f'), 9^ ' ', @NEWLINE (0))),

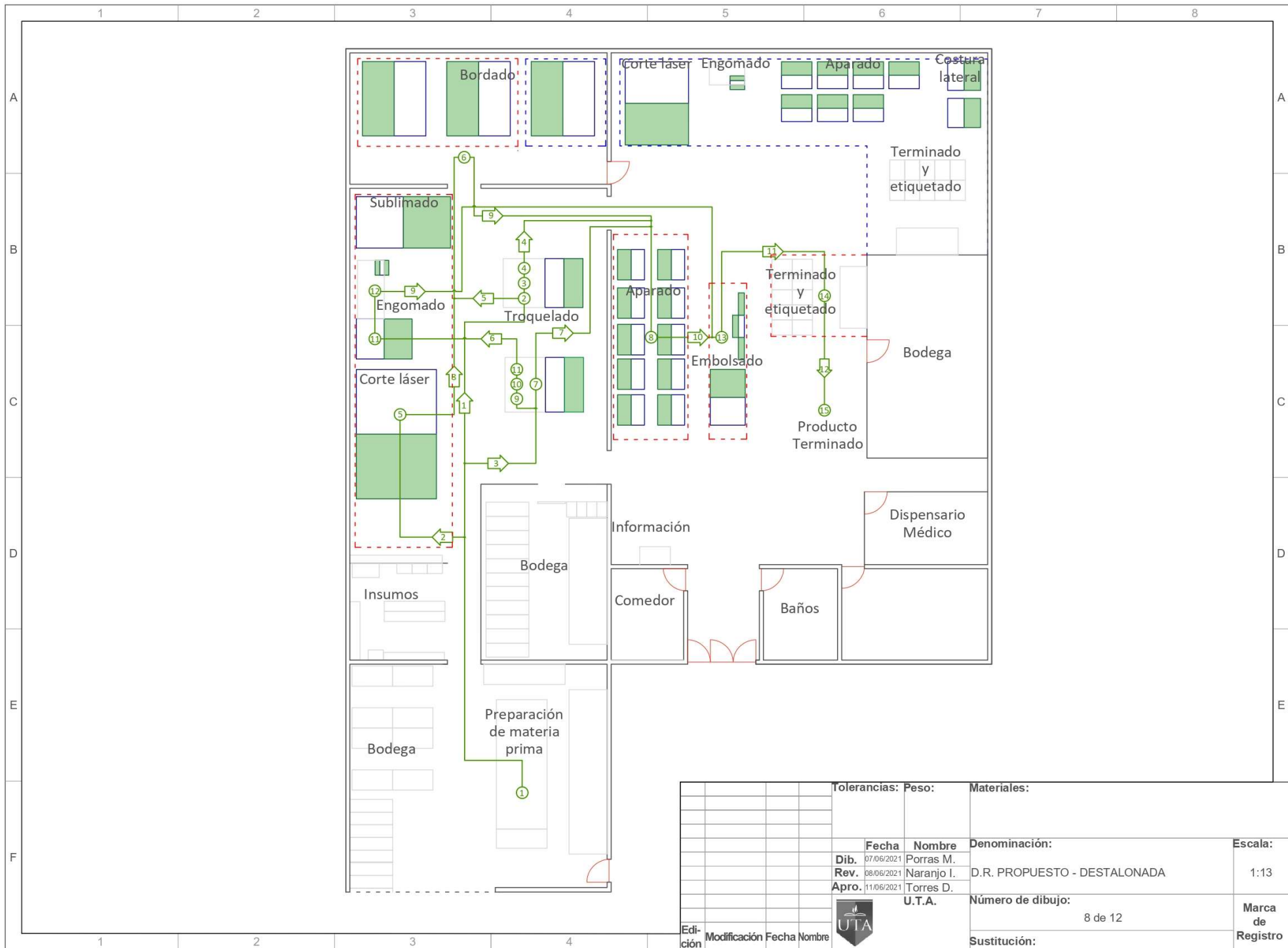
@WRITE (@NEWLINE (1), '***** ', @NEWLINE (1));
@WRITE ('Cantidad a subcontratar por periodo', @NEWLINE (1));
@WRITE ('***** ', @NEWLINE (1));
@WRITEFOR (PERIODO (i) : @NEWLINE (1), '***** Periodo n', 1^ ' ', i, ' *****', @NEWLINE (1), 'Costo por periodo: ', ' $', @format (@SUM (PRODUCTOS (p) : CS (p) * S (p, i)), '2.2f'), @NEWLINE (1),
@WRITEFOR (PRODUCTOS (p) | S (p, i) #NE#0: 'Producto ', p, ': ', 3^ ' ', @format (S (p, i), '0.0f'), ' unidades', @NEWLINE (1));

!@WRITE (@NEWLINE (1), '***** ', @NEWLINE (1));
!@WRITE ('Cantidad a inventario por periodo', @NEWLINE (1));
!@WRITE ('***** ', @NEWLINE (1));
!@WRITEFOR (PERIODO (i) : @NEWLINE (1), '***** Periodo n', 1^ ' ', i, ' *****', @NEWLINE (1), 'Costo por periodo: ', ' $', @format (@SUM (PRODUCTOS (p) : CIN (p) * In (p, i)), '2.2f'), @NEWLINE (1),
@WRITEFOR (PRODUCTOS (p) | In (p, i) #NE#0: 'Producto ', p, ': ', 3^ ' ', @format (In (p, i), '0.0f'), ' unidades', @NEWLINE (1));

ENDCALC
END

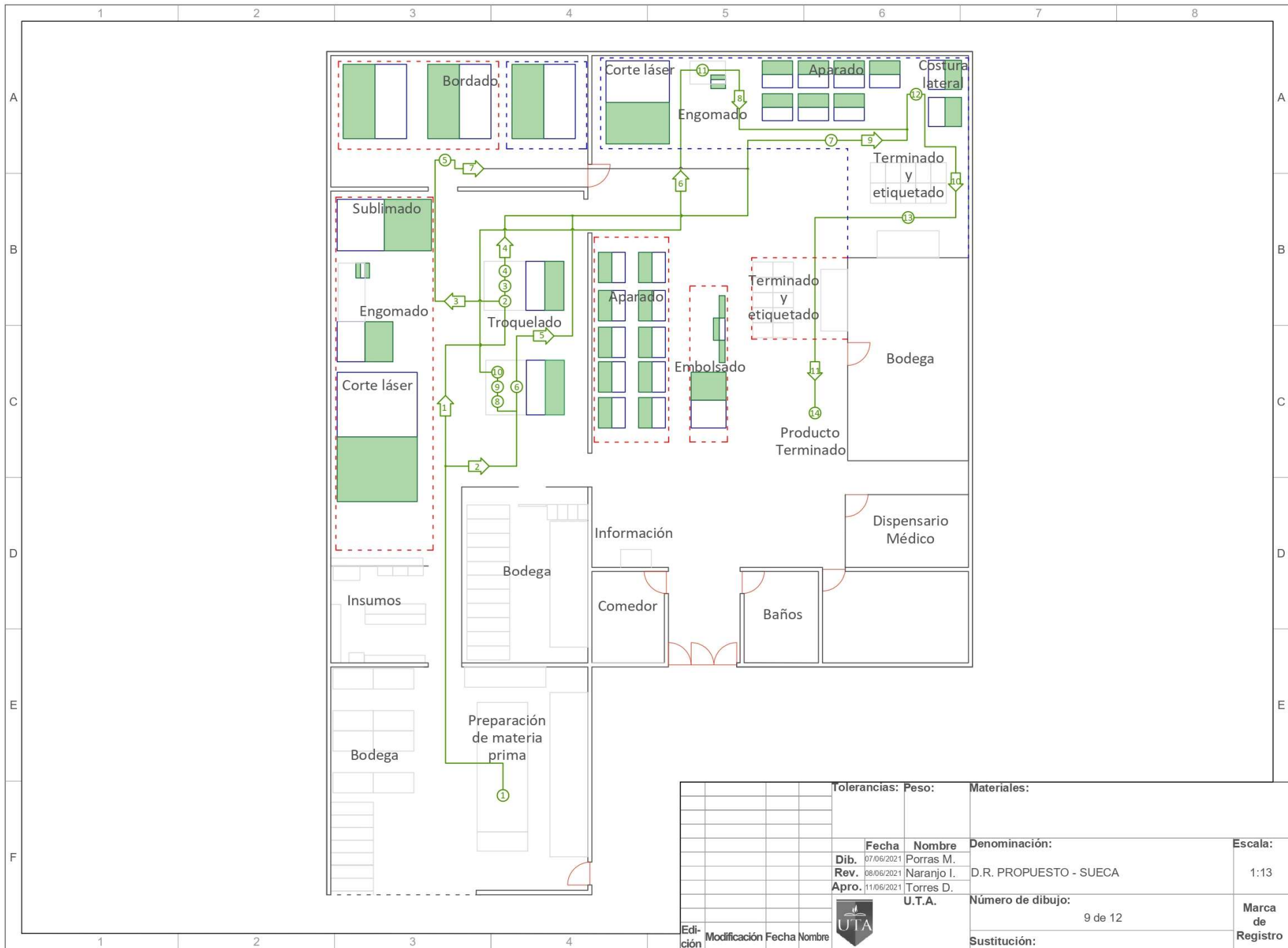
```

3.13 Anexo 7: Diagramas de recorrido de la propuesta



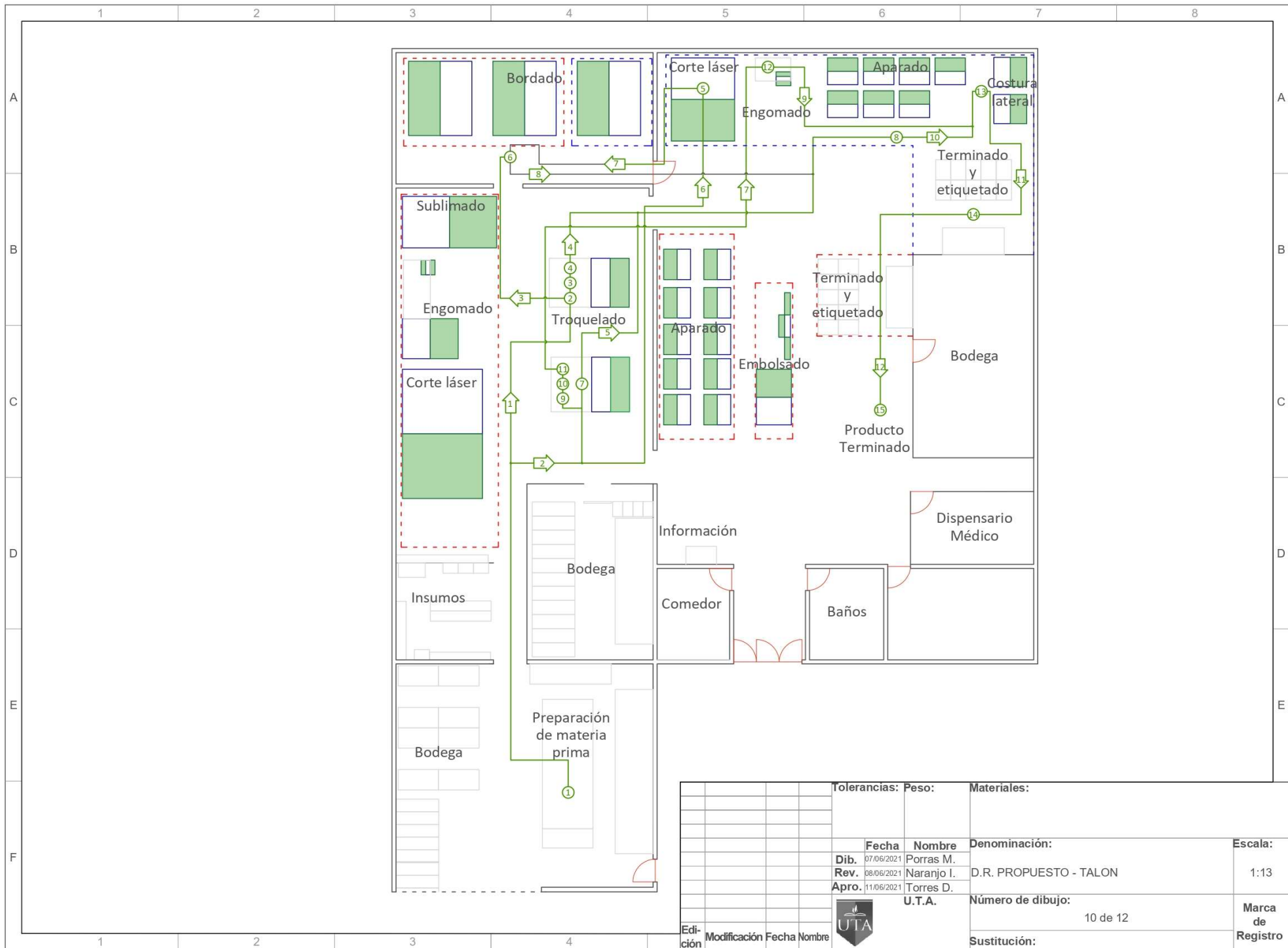
Tolerancias:		Peso:		Materiales:	
Fecha		Nombre		Denominación:	
Dib.	07/06/2021	Porras M.		Escala:	
Rev.	08/06/2021	Naranjo I.		1:13	
Apro.	11/06/2021	Torres D.		Número de dibujo:	
U.T.A.		8 de 12		Marca de Registro	
Edición		Sustitución:			



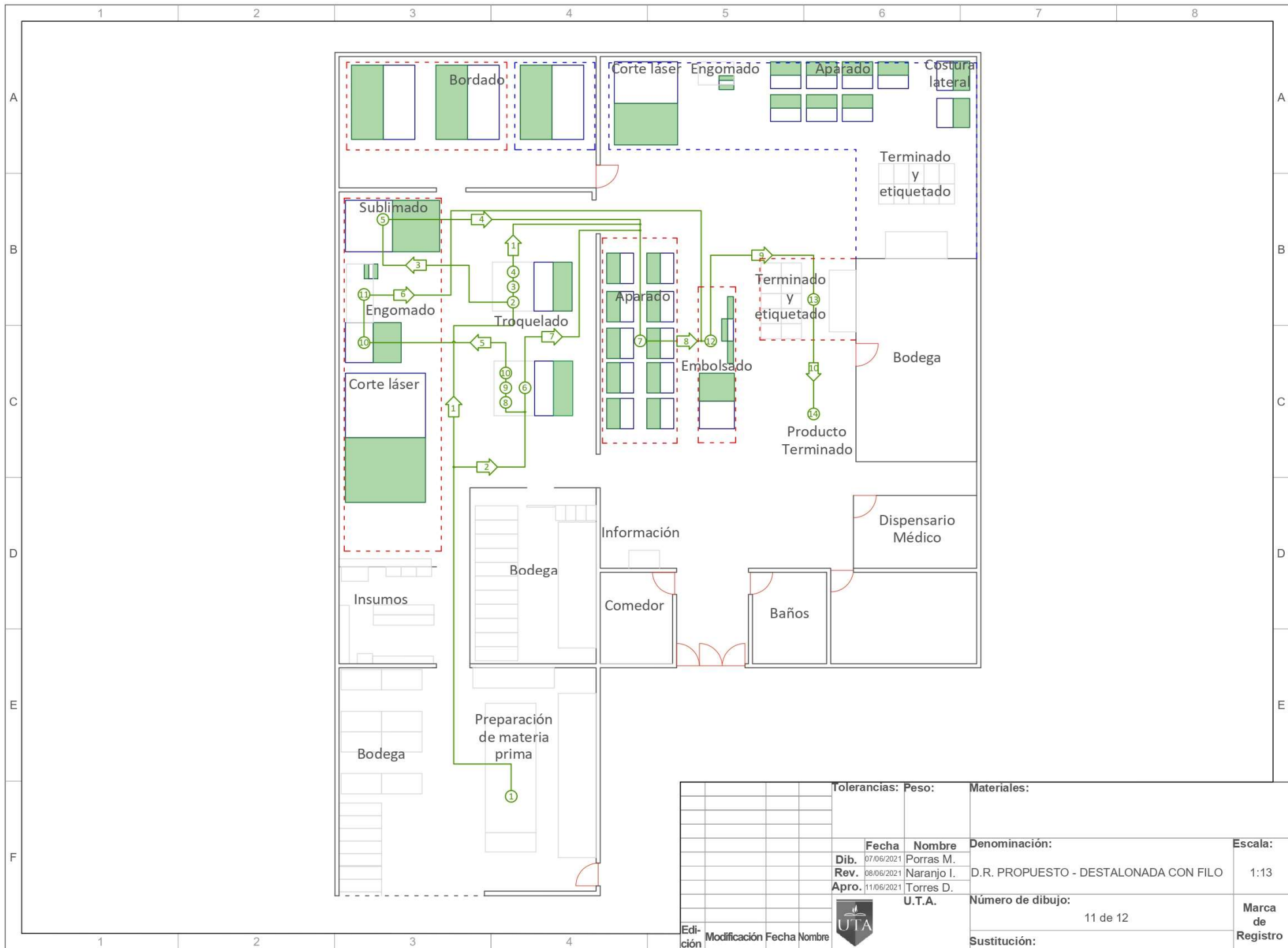


		Tolerancias: Peso:		Materiales:	
		Fecha	Nombre	Denominación:	
		Dib. 07/06/2021	Porras M.	D.R. PROPUESTO - SUECA	
		Rev. 08/06/2021	Naranjo I.		
		Apro. 11/06/2021	Torres D.	Escala: 1:13	
		U.T.A.		Número de dibujo: 9 de 12	
				Marca de Registro	
Edición		Modificación	Fecha	Sustitución:	





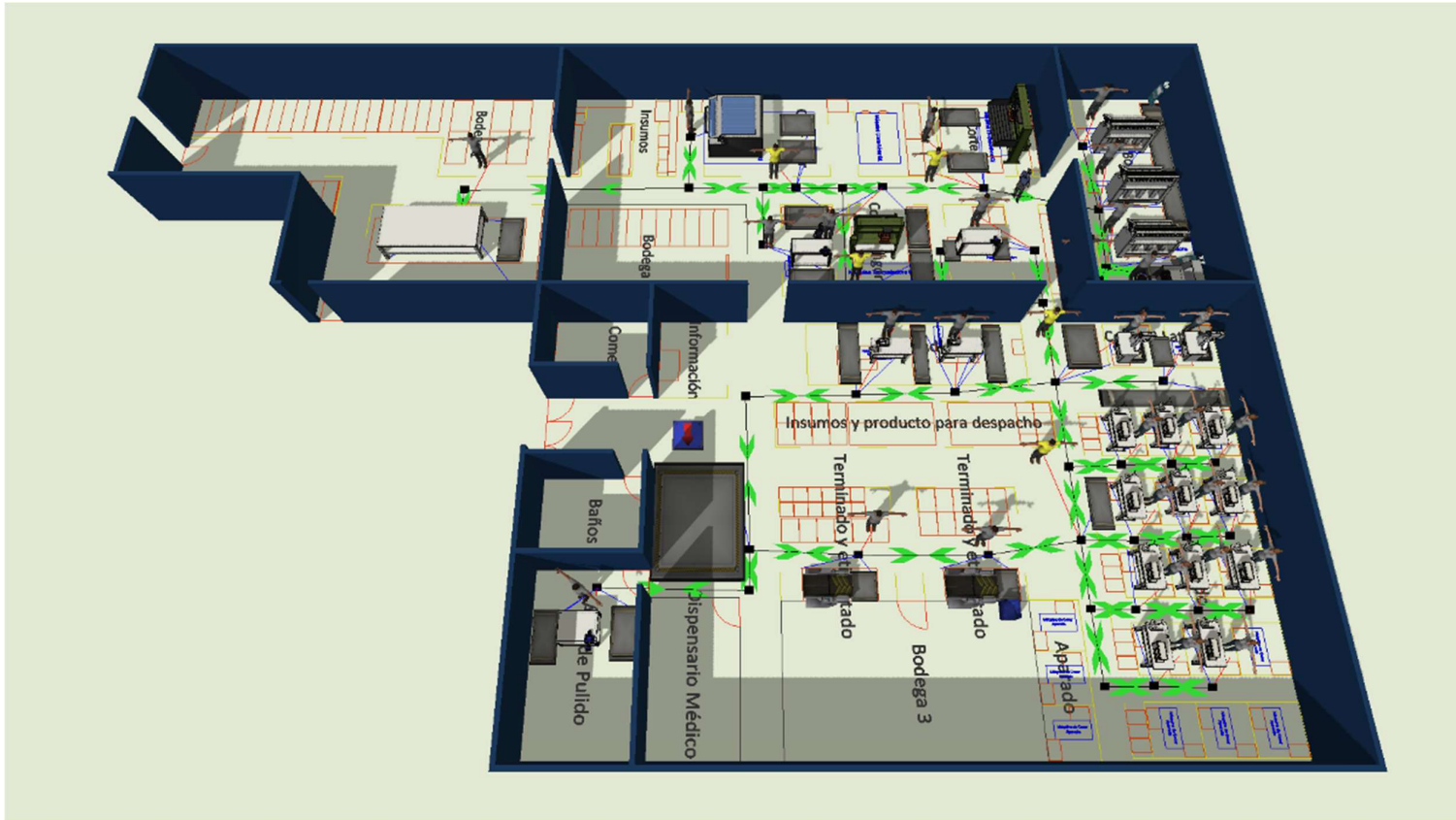
Tolerancias:		Peso:	Materiales:	
Fecha		Nombre	Denominación:	
Dib.	07/06/2021	Porras M.	D.R. PROPUESTO - TALON	
Rev.	08/06/2021	Naranjo I.	Escala:	
Apro.	11/06/2021	Torres D.	1:13	
Edición		U.T.A.	Número de dibujo:	
Modificación	Fecha	Nombre	10 de 12	
Sustitución:			Marca de Registro	

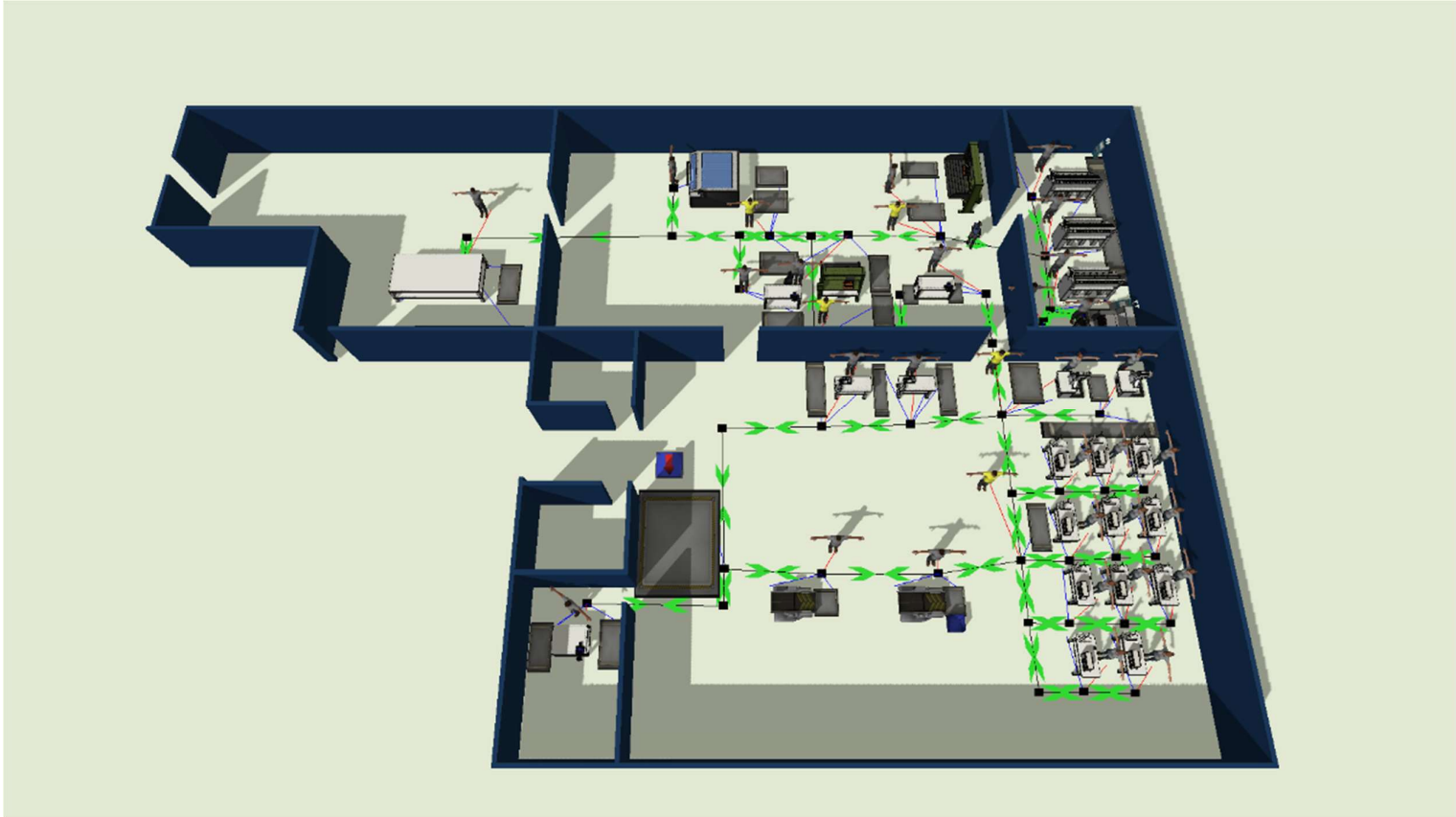


Tolerancias:		Peso:		Materiales:	
Fecha		Nombre		Denominación:	
Dib.	07/06/2021	Porras M.		D.R. PROPUESTO - DESTALONADA CON FILO	
Rev.	08/06/2021	Naranjo I.		Escala: 1:13	
Apro.	11/06/2021	Torres D.		Número de dibujo: 11 de 12	
Edición		U.T.A.		Marca de Registro	
Modificación	Fecha	Nombre		Sustitución:	

3.14 Anexo 8: Simulación en FlexSim

- **Distribución actual**





- **Distribución propuesta**

