



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

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

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

Tema:

REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA EMPRESA “ECUATINTEX”

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

ÁREA: Industrial y manufactura

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, manufactura y producción

AUTOR: Miguel Angel Guachi Curi

TUTOR: Ing. Israel Ernesto Naranjo Chiriboga, Mg

Ambato - Ecuador

marzo - 2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA EMPRESA “ECUATINTEX”, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Miguel Angel Guachi Curi, 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, marzo 2022.

Ing. Israel Ernesto Naranjo Chiriboga, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA EMPRESA "ECUATINTEX", 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, marzo 2022.



Miguel Angel Guachi Curi
C.C 1805188735
AUTOR

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Guachi Curi Miguel Angel, 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 REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA EMPRESA “ECUATINTEX”, 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, marzo 2022.

Ing. Pilar Urrutia, Mg.
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. Christian Ortiz, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Luis Morales, 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, marzo 2022.



Miguel Angel Guachi Curi
C.C 1805188735
AUTOR

DEDICATORÍA

Este logro lo dedico a mi madre María y mi hermano Luis por enseñarme a ser constante hasta alcanzar mis metas, aunque no estén presentes sus enseñanzas siempre vivirán.

A mis hermanas Blanca, Rosa, María y Adriana por darme las ganas de superarme a diario, por confiar y siempre estar junto a mí en todo momento.

A mis amigos que siempre me apoyaron en los momentos buenos y malos. Y las personas que me apoyaron en mi carrera estudiantil.

Miguel Angel Guachi Curi.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por guiar mi camino y hacia adelante a lograr todas mis metas.

A mi familia por apoyarme en todos los aspectos de mi vida y para alcanzar mis anhelos y metas.

Al Ing. Israel Naranjo por brindarme la guía necesaria para el desarrollo de este proyecto de investigación.

A todas las personas que estuvieron presentes en mi vida, brindándome consejos y palabras de aliento para llegar a cumplir con mis metas.

Miguel Angel Guachi Curi.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO.....	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORÍA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
MARCO TEÓRICO.....	2
1.1 Tema de investigación.....	2
1.2 Antecedentes investigativos	2
1.2.1 Contextualización del problema.....	4
1.2.2 Fundamentación teórica	6
1.3 Objetivos	24
1.3.1 Objetivo general	24
1.3.2 Objetivos específicos	24
CAPÍTULO II	26
METODOLOGÍA	26
2.1 Materiales	26
2.2 Metodología.....	26

2.2.1	Modalidad de investigación	26
2.2.2	Población y muestra	27
2.2.3	Recolección de Información	27
2.2.4	Procesamiento y Análisis de Datos	28
2.2.5	Desarrollo del Proyecto.....	32
CAPÍTULO III.....		33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		33
3.1	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	33
3.1.1	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA “ECUATINTEX”	33
3.1.2	Situación actual de la empresa	38
3.1.3	Proceso productivo.....	38
3.1.4	Descripción de las actividades que se involucran en el proceso productivo	40
3.1.5	Análisis ABC de los servicios fabricados	45
3.1.6	Diagrama de recorrido.....	49
3.1.7	Cursograma sinóptico.....	49
3.1.8	Cursograma analítico del proceso	49
3.1.9	Análisis del método actual de producción	50
3.1.10	Estudio de tiempos	57
3.1.11	Valoración del ritmo de trabajo.....	58
3.1.12	Cálculo de tiempo estándar	61
3.1.13	Capacidad de producción	64
3.1.14	Cuello de botella	65
3.1.15	Método de calificación de factores para la selección del tipo de distribución.....	66
3.1.16	Dimensionamiento de áreas mediante el método de Guerchet	73
3.1.17	Análisis SLP en las instalaciones.....	77

3.1.18	Diagrama de recorrido propuesto.....	85
3.1.19	Cursograma analítico propuesto.....	85
3.1.20	Simulación del proceso actual.....	91
3.1.21	Cálculo de máquinas necesarias para la propuesta	98
3.1.22	Simulación del proceso propuesto	99
3.1.23	Análisis Carga-Distancia.....	106
3.1.24	Cálculo de la productividad	108
	Discusión de resultados.....	109
CAPÍTULO IV.....		111
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		111
4.1	Conclusiones	111
4.2	Recomendaciones	112
ANEXOS		119
Anexo 1. Formato de entrevista a el propietario de la empresa.		119
Anexo 2. Diagrama de recorrido actual.		120
Anexo 3. Suplementos OIT.....		124
Anexo 4. Tablas de suplementos y tiempos estándar por tiempos.....		125
Anexo 5. Tabla de especificaciones de las máquinas.		132
Anexo 6. Diagrama de recorrido propuesto.		135
Anexo 7. Simulación del estado actual producción mensual.....		139
Anexo 8. Simulación de la propuesta de producción mensual.....		142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Simbología ASME para los diagramas de procedimiento .	7
Tabla 2. Los ritmos de trabajo según la escala de valoración británica .	12
Tabla 3. Tipo de distribución de planta .	15
Tabla 4. Cuadro comparativo de las distribuciones por factores .	16
Tabla 5. Planeación sistemática de la distribución de un piso de una tienda.....	19
Tabla 6. Valores de K sugeridos para el método de Guerchet .	21
Tabla 7. Materiales empleados en la investigación.....	26
Tabla 8. Actividades, métodos e instrumentos para el primer objetivo.....	29
Tabla 9. Actividades, métodos e instrumentos para el segundo objetivo.	30
Tabla 10. Actividades, métodos e instrumentos para el tercer objetivo.....	31
Tabla 11. Datos de la empresa “Ecuatintex”.....	35
Tabla 12. Servicios que ofrece “Ecuatintex” actualmente.	36
Tabla 13. Análisis ABC de los servicios ofertados.....	45
Tabla 14. Cursograma analítico actual de material del proceso de lavado de jeans.	54
Tabla 15. Resumen cursograma analítico actual.....	56
Tabla 16. General Electric Company para número de observaciones.....	57
Tabla 17. Cálculo el número de observaciones empresa "Ecuatintex".	58
Tabla 18. Codificación de los elementos del área de pesado.	59
Tabla 19. Codificación de los elementos del área de rasgado.....	59
Tabla 20. Codificación de los elementos del área de pintado.	60
Tabla 21. Codificación de los elementos del área de lavado.	60
Tabla 22. Codificación de los elementos del área de secado.	60
Tabla 23. Cálculo de suplementos para el área de pesado.	61
Tabla 24. Cálculo de tiempo estándar, operación de recepción.	62
Tabla 25. Cuadro de resumen del tiempo estándar (Ts) total de cada operación.....	63
Tabla 26. Capacidad de producción estándar y real. Situación actual.	65
Tabla 27. Criterios de distribución con relación al producto.....	66
Tabla 28. Criterios de distribución con relación al flujo de trabajo .	67
Tabla 29. Criterios de distribución con relación a la mano de obra .	67
Tabla 30. Criterios de distribución con relación al manejo de materiales .	68
Tabla 31. Criterios de distribución con relación a los inventarios .	68

Tabla 32. Criterios de distribución con relación al uso de espacio	69
Tabla 33. Criterios de distribución con relación al capital.....	69
Tabla 34. Criterios de distribución con relación al costo de producto.....	70
Tabla 35. Ponderación de los criterios.	70
Tabla 36. Codificación de los tipos de distribución.	71
Tabla 37. Puntuación a tipo de distribución.....	71
Tabla 38. Ponderación a cada tipo de distribución.....	72
Tabla 39. Puntuación total de cada tipo de distribución.	72
Tabla 40. Características técnicas de las máquinas.....	73
Tabla 41. Resumen de las superficies por cada área.	76
Tabla 42. Comparación de superficies.	77
Tabla 43: Áreas de la empresa.	78
Tabla 44. Razones para calificar.	78
Tabla 45. Código de líneas por cercanía.	79
Tabla 46. Matriz de importancia de cercanía.	79
Tabla 47. Pares de proximidad.....	80
Tabla 48. Representación de áreas.	81
Tabla 49. Cursograma analítico propuesto de material del proceso de lavado de jeans.	88
Tabla 50. Resumen cursograma analítico.	90
Tabla 51. Datos mensuales de los productos de categoría A.	98
Tabla 52. Demanda pronosticada del producto Ston.	99
Tabla 53. Resumen del cálculo de número de máquinas.	99
Tabla 54. Comparación de rendimiento de las distribuciones.	103
Tabla 55. Comparación de tiempo, costo, distancia de las distribuciones actual vs propuesto.	105
Tabla 56. Resumen de movimientos y distancias recorridas.	106
Tabla 57. Secuencia de fabricación de los servicios.	107
Tabla 58. Demanda para los productos categoría A.....	107
Tabla 59. Distancia mensual recorrida al elaborar el producto Ston.	107
Tabla 60. Costo de producción mensual de los 3 productos estrellas.	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de diagrama analítico	8
Figura 2. Número de ciclos a cronometrar según General Electric.	10
Figura 3. Tabla de suplementos por descanso OIT.....	11
Figura 4. Diagrama de relación de actividades	17
Figura 5: Diagrama de relaciones de espacio	17
Figura 6. Desarrollo de layout alternativo	18
Figura 7. Elemento de flujo (Flow Items).....	23
Figura 8. Recursos fijos (Fixed resources).....	24
Figura 9. Ejecutores de tareas (task executers).....	24
Figura 10. Instalaciones de la empresa "Ecuatintex".....	34
Figura 11. Localización geográfica fábrica “Ecuatintex”, imagen de Google maps.	34
Figura 12. Estructura organizacional de la empresa “Ecuatintex.	37
Figura 13. Diagrama de flujo del proceso de lavado de Jeans.....	39
Figura 14. Área de recepción de materia prima.....	41
Figura 15. Área de clasificación y organización.....	41
Figura 16. Área de manualidades.....	42
Figura 17. Área de pintado.....	42
Figura 18. Área de lavado.....	43
Figura 19. Área de centrifugado.	43
Figura 20. Área de sacado.....	44
Figura 21. Área de bodega de producto terminado y zona de despacho.....	44
Figura 22. Diagrama de Pareto.	45
Figura 23. Diagrama de recorrido actual de la empresa “ECUATINTEX”.....	51
Figura 24. Cursograma sinóptico del proceso.....	52
Figura 25. Gráfica de tiempo estándar.	64
Figura 26. Caras de operación de la balanza.....	74
Figura 27. Distribución actual.....	80
Figura 28. Distribución actual con líneas de codificación por cercanía.	82
Figura 29. Distribución propuesta empleando las superficies de cada área de producción.....	83
Figura 30. Distribución propuesta con indicación de cada área de producción.....	84

Figura 31. Diagrama de recorrido de la propuesta de la empresa “ECUATINTEX”.	86
.....	
Figura 32. Configuración de parámetros software Flexsim.	91
Figura 33. Modelo actual de la estructura de la planta.	93
Figura 34. Diseño de la planta.	94
Figura 35. Configuración de los elementos de la simulación.	94
Figura 36. Configuración de las trayectorias.	95
Figura 37. Indicador de transporte con carga y sin carga.	96
Figura 38. Indicador salidas vs tiempo.	96
Figura 39. Indicador barra de estado.	97
Figura 40. Indicador de rendimiento por hora.	97
Figura 41. Gráfica de la demanda Ston.	98
Figura 42. Distribución propuesta.	100
Figura 43. Configuración de los elementos de la simulación propuesta.	101
Figura 44. Indicador de transporte con carga y sin carga.	101
Figura 45. Indicador salidas vs tiempo.	102
Figura 46. Indicador barra de estado.	102
Figura 47. Indicador de rendimiento por hora.	103

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación trata del diseño y análisis de una nueva distribución de planta para la empresa “ECUATINTEX” en búsqueda de la mejora en la oferta de sus servicios de tinturado. En la investigación se aplicará varias etapas donde se resalta el levantamiento de información del proceso productivo, el estudio de tiempos, la aplicación de metodologías para la nueva distribución de las instalaciones y simulación.

La empresa cuenta con una gran variedad de servicios ofertados, para priorizar los servicios de tinturado según su importancia se optó por un análisis ABC, los lavados tipo Ston, Sucio y Reserva son identificados como los más importantes con un 73,54% de representación.

La selección del tipo de distribución de planta en el que se enfoca la propuesta se analizó mediante el método de Calificación de Factores Ponderados; el dimensionamiento de las áreas administrativas y productivas mediante el método de Guerchet, para posteriormente aplicar el método de Planeación Sistemática de la Distribución (SLP) y distribuir las áreas respectivas. El análisis carga distancia permitió comparar la distribución actual con la propuesta planteada en términos de distancias recorridas y costo de transporte al igual que la simulación en el Software Flexsim durante un mes.

Finalmente, el estudio tiene como resultado que la distribución propuesta reduce los transportes en un 26,33%, en costos representa una disminución del 33,27% equivalente a un ahorro de \$2114,79 mensual; además, la producción incrementa en un 46,94% del servicio Ston, pasando a fabricar 216 lotes mensuales en lugar de los 147 lotes actuales.

Palabras clave: calificación de factores, método de Guerchet, SLP, Software Flexsim, carga – distancia.

ABSTRACT

This research project deals with design and analysis of a new plant distribution for "ECUATINTEX" company in search of improvement in the offer of its dyeing services. In the investigation, several stages will be applied where the information gathering of the productive process, the study of times, the application of methodologies for the new distribution of the facilities and simulation are highlighted.

The company has a wide variety of services offered, to prioritize dyeing services according to their importance, an ABC analysis was chosen, the Ston, Dirty and Reserve washes are identified as the most important with 73.54% representation.

The selection of the type of plant layout on which the proposal focuses was analyzed using the Weighted Factors Rating method; the administrative and productive areas sizing through the Guerchet method, for a later applying of Systematic Distribution Planning (SLP) method and distribute respective areas. Distance load analysis allowed comparing the current distribution with the defined one in terms of distances traveled and transportation cost, as well as the simulation in Flexsim Software for a month.

Finally, the study has as a result that the proposed distribution reduces transportation by 26.33%, in costs it represents a decrease of 33.27% equivalent to savings of \$2114.79 per month; In addition, the production increased by 46.94% of the Ston service, going on to manufacture 216 batches per month instead of the current 147 batches.

Keywords: rating factor, Guerchet method, SLP, Flexsim Software, load - distance.

INTRODUCCIÓN

“**ECUATINTEX**” es una empresa dedicada a prestar el servicio de lavado de productos realizados a base de jeans, mediante el desarrollo de una propuesta de distribución de instalaciones se busca la optimización y el aprovechamiento de los recursos que posee la empresa.

El estudio se basara en la aplicación de metodologías, para la creación de una nueva distribución de planta; se usara la calificación de factores ponderados para la selección de la distribución de planta en base a criterios que afectan al sistema productivo, posteriormente se realizará el dimensionamiento adecuado de las áreas mediante el método de Guerchet, para la distribución de las áreas según la proximidad se usara el método Planeación Sistemática de la Distribución (SLP), su evaluación se realizará con el Análisis Carga-Distancia, mediante el software de simulación Flexsim se fundamentara la alternativa seleccionada, el proyecto busca la selección de la mejor alternativa con base a las condiciones actuales de la empresa.

El Capítulo I corresponde a el Marco Teórico, se describe los antecedentes investigativos en base a estudios similares al tema desarrollado, la fundamentación teórica de los métodos, conceptos, técnicas empleadas, por último, los objetivos planteados.

El Capítulo II hace mención a la metodología a usar, se detalla los materiales utilizados, la modalidad de investigación y el procesamiento, análisis de la información empleada en el proyecto.

El Capítulo III se centra en los resultados y la discusión, en el desarrollo de la propuesta en base al cumplimiento de los objetivos planteados.

El Capítulo IV se detallan las conclusiones y recomendaciones con respecto a los resultados que se obtuvieron durante el desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN LA EMPRESA “ECUATINTEX”

1.2 Antecedentes investigativos

A nivel mundial las empresas han ido incorporando el concepto de la Industria 4.0 que define una nueva era de desarrollo industrial ante la problemática de producir productos únicos y personalizados bajo los estrictos requerimientos de los clientes, es así como el diseño de distribución de instalaciones tiene una visión amplia de mejora continua basada en los principios de integración, adaptabilidad, flexibilidad y agrupamiento [1]; como caso de éxito, en Asia existen organizaciones que realizan construcciones de plantas de manufactura industriales que se basan en estudios especializados en materia de mejoras que llevaría una correcta distribución de instalaciones, las que se resumen en criterios como, mejor utilización de maquinaria, elevado aprendizaje de mano de obra, disminución del riesgo de inversión de capital, satisfacción laboral y supervisión especializada [2].

En el mercado actual exige gran competitividad, la administración de los negocios se enfrenta a decisiones y problemas que deben resolverse de manera estratégica para el mantenimiento y crecimiento exitoso de las compañías [3]. Entre esas decisiones la principal es la satisfacción de las necesidades de los clientes externos en cuanto a la calidad de los productos y servicios, siendo el cumplimiento en las entregas un aspecto de gran impacto dentro de las organizaciones de procesos de manufactura [4], que a su vez contribuye a la mejor utilización de recursos de una planta. Una de las herramientas para la mejora de los procesos es la distribución de planta o layout que es parte del proceso global de planificación de las actividades industriales, con la cual se pueden mejorar los tiempos de producción, la productividad y la eficiencia, pudiéndose además disminuir los costos de manejo de materiales [5].

La distribución en planta es el proceso de ordenamiento de los activos que conforman el sistema productivo en el espacio físico, de manera que se alcancen los objetivos de producción de forma adecuada y eficiente [6]. La distribución acompañado del modelado y simulación por medio de software de sistemas industriales en los procesos productivos, ha adquirido gran

importancia en los métodos de toma de decisiones [7]; la motivación radica en el interés de incrementar la productividad identificando los procesos que generan retrasos además permite validar datos de estudios de manera cuantitativa para mejorar, desarrollar y probar nuevos recursos, procesos o modernos sistemas de fabricación [8].

En Latinoamérica en pequeñas y grandes empresas la evolución industrial va en aumento en donde deben acoplarse a nuevas tecnologías y a nuevas formas de producción en un nuevo sistema basado en la flexibilidad y competitividad [9]. En mención a lo anterior es de gran importancia mantener una planta de producción manufacturera ordenada desde el punto de vista de la distribución y diseño de planta. Estudios realizados en Colombia demuestran que al aplicar las metodologías MCDM (toma de decisiones de atributos múltiples), la SLP (diseño sistemático de planificación) y la GBT (teoría basada en gráficos) se logra minimizar el trabajo en proceso, reducir la distancia del flujo de materiales, disminuir los tiempos de ciclo, mejorar la utilización de mano de obra y optimiza el área de producción [10].

En Ecuador, el campo de producción de textiles tiene una gran competencia debido al ingreso de estos productos de los países vecinos con un menor precio de venta y en ciertas ocasiones de igual calidad que el producto nacional, esto provoca que las empresas busquen la manera apropiada de mejorar sus productos y aumentar su productividad [11]. Las organizaciones se encuentran en una búsqueda constante de mejorar estos aspectos, realizando estudios para encontrar una propuesta que se ajuste a sus necesidades [12]. Uno de los problemas más notables en las empresas es que sus dueños no realizan un estudio previo para la ubicación de sus instalaciones y mucho menos la distribución dentro de la misma [13].

Las empresas de este sector han comenzado en su mayoría con un rol muy familiar pero con el paso del tiempo han ido creciendo con dependencia a la demanda de sus productos, y para satisfacer la misma es necesario que se realicen mejoras en sus instalaciones para lograr una mejora en la producción y de esta manera disminuir los desperdicios presentes [14]; por esto las empresa realizan una nueva distribución de planta de manera que se pueda utilizar más eficientemente las máquinas, materia prima y además reduciendo tiempo de producción aumentando significativamente su producción [15].

Dentro de la provincia el concepto de distribución de las instalaciones se encuentra en desarrollo, son pocas las empresas que emplean estas técnicas para la mejora de sus procesos, una de las principales industrias es Bioalimentar Cía. Ltda. ubicada en Pelileo que en los últimos 4 años hasta la actualidad es considerada una de las mejores plantas del pacifico sur, su costo de instalación fue aproximadamente de 30 millones de dólares, la aplicación de estos

conceptos ayudó a mejorar la capacidad productiva de todas sus líneas de productos [16]. También la industria del calzado es una de las beneficiadas obteniendo rentabilidad y gran utilidad pues al implementarse se optimizan recursos valiosos dentro de la industria como espacio físico, tiempo de producción y distancias de recorrido, además, los avances tecnológicos en el desarrollo de software, permiten ejecutar este tipo de tareas con mayor exactitud, dando valores reales para que el beneficiario pueda entenderlos e implementarlos sin mayores complicaciones [17].

La empresa ECUATINTEX inició su actividad productiva como un taller pequeño con maquinaria rudimentaria y con sus instalaciones inadecuadas; debido al incremento de la demanda, la empresa decidió aumentar el número de máquinas y el espacio disponible. Con este antecedente, en el año 2007 surgió la necesidad de cambiarse de ubicación, organizando nuevamente la distribución de su planta. Con el incremento de la demanda, la empresa se vio forzada a aumentar la maquinaria una vez más, con la diferencia que esta vez la empresa ya contó con más espacio físico. La distribución de la maquinaria se llevó a cabo de una manera desorganizada sin un previo estudio lo que ha conllevado a tener un sistema ineficiente, por tanto, se planteó como medida de solución llevar a cabo un estudio de sus instalaciones en miras de identificar la mejor alternativa de ubicación de máquinas y puestos de trabajo de manera que se reduzcan los desperdicios y su capacidad de producción instalada sea aprovechada.

1.2.1 Contextualización del problema

A través del tiempo, el tema de distribución de planta ha ido tomando gran importancia dentro de la industria, pues la misma permite encontrar una disposición óptima de las instalaciones considerando la organización que debe existir entre ellas de tal manera que la nueva distribución proporcione niveles más alto de eficiencia en la producción y mejore la seguridad de la planta [18].

En la actualidad, las empresas y organizaciones se encuentran en entornos muy cambiantes, por lo que lo constantemente los estudios de redistribución de planta se han vuelto más comunes, pues por medio de ella se pueden reorganizar departamentos, equipos y recursos de una planta, con la finalidad de mejorar el desempeño de los procesos productivos [19]. Por otra parte, las empresas necesariamente deben adaptarse a las condiciones que requiere el mercado para mejorar su capacidad productiva, en esta

dinámica se debe considerar que las nuevas distribuciones deben ser flexibles, pues de manera paulatina las necesidades del mercado van cambiando [20].

Existen dos maneras de solucionar los problemas de distribución de planta presentes en las empresas, por una parte están los métodos cuantitativos que se enfocan en la disminución de los costos de los transportes entre las distintas áreas o dependencias un ejemplo clásico de este método es conocido como Planificación Sistemática de Diseño o SLP (Systematic Layout Planning), por otra lado están los métodos cualitativos que consideran la cercanía entre áreas o departamentos y entre ellos destacan métodos como CRAFT y QAP [21].

En concordancia a lo antes mencionado una buena distribución de planta en las instalaciones industriales, tiene el propósito de aumentar la eficiencia de la productividad, reducir los costos de operación, dotar al sistema de métodos de trabajo más adecuados y sobre todo de garantizar la seguridad y salud de los operadores, así como la reducción de: los ciclos de producción, número de cuellos de botella y tiempos muertos [2], [5]. El principal problema de las distribuciones en instalaciones está estrechamente relacionado con hallar un diseño ideal que garantice el éxito de las actividades operativas y esto se ve ligado a que los costos del manejo de los materiales se comprenden desde un 30% a un 75% de los costos totales de manufactura [6], [22].

Un aspecto importante que debe ser considerado al momento de realizar una distribución de planta es la Seguridad y Salud de los trabajadores, con el objeto de que se reduzcan los riesgos de enfermedades profesionales y/o accidentes de trabajo; contemplando este criterio desde una perspectiva vital para la distribución de la planta con el propósito de eliminar: herramientas en los pasillos, pisos resbalosos, lugares insalubres, entre otros y otorgar a los espacios una buena ventilación e iluminación [23].

En mención a lo anterior es de mucha importancia que una planta de producción se mantenga debidamente ordenada desde una perspectiva de diseño y distribución de la planta [9]. Ciertos estudios demuestran que aplicar metodologías como MCDM (toma de decisiones de atributos múltiples), la SLP (diseño sistemático de planificación) y la GBT (teoría basada en gráficos) permiten minimizar los trabajos en proceso, así como

la reducción del flujo de los materiales, con el propósito de mejorar la utilidad de la mano de obra y alcanzar una correcta optimización de la producción [10], [21].

En este estudio se analizan propuestas de distribución de planta para obtener una organización de las áreas de trabajo, mejorando con aquello el flujo de los materiales y equipos, con el propósito de minimizar costos, al mismo tiempo que genere un entorno de trabajo más amigable y seguro para los operarios.

1.2.2 Fundamentación teórica

Manufactura

Una manufactura es el resultado de convertir materias primas en un producto elaborado por medio de un proceso industrial. De ese modo se obtienen los bienes terminados, listos para su venta en los distintos mercados.

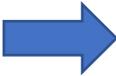
Por medio de la acción de la manufactura, las empresas tienen la capacidad de transformar distintos inputs de materia prima en aquellos productos u outputs que desean ofrecer al mercado, desempeñando de este modo su actividad económica. La manufactura por tanto es una de las piezas clave del sector secundario [24].

Diagrama de procedimientos

Son representaciones gráficas que detallan los pasos a seguir para desarrollar una actividad, también ayudan a establecer de forma cronológica información detallada y estandarizada del proceso productivo como las distancias recorridas, tiempo empleado y cantidad utilizada en la ejecución de las tareas que desarrollan los trabajadores.

El diagrama de procedimientos emplea varios símbolos que representan acciones dentro de un proceso como se indica en la tabla 1, se conectan por medio de flechas que representa su secuencia lógica ordenada, lo que permite identificar en qué parte del proceso está el problema y analizarlo de mejor manera.

Tabla 1. Simbología ASME para los diagramas de procedimiento [25].

Símbolo	Acción	Descripción
	Operación	Indica el principio del proceso.
	Inspección	Se verifica la calidad y/o cantidad.
	Desplazamiento o Transporte	Indica el movimiento del personal, materiales y equipos.
	Depósito provisional o espera	Indica demoras en el desarrollo de los procesos.
	Almacenamiento Permanente	Indica el depósito de un objeto cualquiera en un almacén.

Cursograma

Un cursograma permite representar gráficamente procedimientos administrativos. Constituyen instrumentos importantes para la visualización global y esquemática del conjunto de tareas administrativas.

A través del cursograma se puede determinar si la descripción del procedimiento es completa, detectar errores, omisiones, reiteraciones o superposiciones de tareas a fin de subsanarlos y lograr procedimientos más eficientes [26].

Diagrama analítico

El nombre es cursograma analítico, pero lo llamaremos diagrama analítico para diferenciarlo de los cursogramas como se visualiza en la figura 1. Muestra la trayectoria de un producto, persona o equipo por medio de símbolos, señalando todos los hechos sujetos a examinación.

CURSOGRAMA ANALITICO		Fecha	30/09/2021	Hoja	1				
Empresa:	ECUATINTEX	Resumen							
Producto analizado:	Lavado de Jeans	Actividad	Actual	Propuesto					
Área:	Todas	Operación:	○	34					
Actividad:	Lavado de Jeans	Inspección:	□	2					
Operario (s):	23	Transporte:	⇨	12					
Método:	Actual	Espera:	D	3					
	Propuesto	Almacenamiento:	▽	2					
Elaborado por:	Miguel Guachi	Total:		53					
Revisado por:	Ing. Mg. Israel Naranjo	Distancia (m):		126,694					
Observaciones:		Tiempo (min)		220,43					
Descripción	Cantidad	Distancia (m):	Tiempo (min)	Símbolos de diagrama					
				○	⇨	□	D	▽	
Recepción de pantalones			3,12	●					
Inspeccionar la calidad los pantalones			15,58						
Trasladarlos al lugar de almacenamiento		4,00	0,24						
Almacenarlos en rumas			0,02						
Tomar los pantalones por rumas			0,15						
Llevarlos hasta el lugar de clasificación		6,81	0,25						
Colocar los pantalones en la mesa de clasificación			0,05						
Clasificar los pantalones de acuerdo al color que se va a pintar			34,07						
Tomar la ruma de pantalones			0,13						
Trasladarlos hacia la balanza donde se pesan los mismos		9,00	0,33						
Colocar los pantalones en la balanza			0,19						
Pesar			2,28						
Tomar los pantalones clasificados y pesados			0,12						
Trasladarlos al departamento de manualidades		31,83	0,57						
Colocar los pantalones en el piso			0,06						
Tomar los pantalones de acuerdo al diseño			1,35						
Llevarlos hacia la mesa de manualidades		4,18	0,13						

Figura 1. Ejemplo de diagrama analítico [27].

Muestreo del trabajo

Otra técnica común para medir una labor es el muestreo del trabajo. Como su nombre sugiere, el muestreo del trabajo implica observar una parte o muestra de la actividad

laboral. Después, con base en lo que se encuentre en la muestra, se establecen afirmaciones respecto de la actividad.

Las tres aplicaciones principales del muestreo del trabajo son:

1. Proporción de la demora para determinar el porcentaje de tiempo de la actividad correspondiente al personal o al equipamiento.
2. Medición del desempeño para elaborar el índice de desempeño de los trabajadores. Cuando el tiempo de la labor se relaciona con la cantidad de producto, se prepara una medida de desempeño, la cual resulta muy útil para evaluar un desempeño periódico.
3. Estándares de tiempo para obtener el propio de una labor. Cuando se aplica el muestreo del trabajo para este efecto, el observador debe ser experimentado porque debe adjudicar un índice de desempeño a sus observaciones [27].

Estudio de tiempo

En seguida se explican los detalles técnicos del estudio de tiempos. Por lo general, el tiempo se estudia con un cronómetro, en el lugar en cuestión o con un video de la labor. El trabajo o la tarea objeto del estudio se divide en partes o elementos medibles, y se cronometra el tiempo de cada uno en forma individual. Algunas reglas generales para la clasificación en elementos son:

1. Definir cada elemento del trabajo de modo que dure poco tiempo, pero lo bastante para cronometrarlo y anotarlo.
2. Si el operario trabaja con equipo que funciona por separado (es decir, si el operario desempeña una actividad y el equipo funciona de modo independiente), dividir las acciones del operario y las del equipo en elementos diferentes.
3. Definir las demoras del operador o del equipo en elementos separados [27].

Número de observaciones

El criterio de la General Electric estableció el número de ciclos a cronometrar basado en el tiempo de ciclo expresado en minutos, estableciendo el tiempo promedio de cada operación, entre más ciclos observados mayor precisión se obtiene en los resultados, se fijó el número de observaciones a realizar en el presente estudio según la figura 2.

General Electric											
Parámetro	Hasta										Más de
Minutos por ciclo	0.1	0.25	0.50	0.75	1	2	5	10	20	40	40
Número de ciclos recomendado	200	100	60	40	30	20	15	10	8	5	3

Figura 2. Número de ciclos a cronometrar según General Electric [28].

Tiempo normal

Se suman los promedios de los tiempos de cada elemento y así se obtiene el tiempo del desempeño del operario. No obstante, para que el tiempo de este operario sea aplicable a todos los trabajadores, se debe incluir una medida de la velocidad, o índice de desempeño [27].

Suplementos (S)

Son tolerancias u holguras al tiempo para compensar la fatiga que implica realizar una actividad por parte de todo el personal, se debe tener en cuenta los diversos tipos de suplementos: por descanso, contingencia, por razones de política de la empresa y especiales los cuales solo se aplican bajo ciertas condiciones, en la figura 3 se observa los suplementos por descanso de la OIT [29].

Escalas de valorización del ritmo de trabajo

Se utiliza un factor de desempeño de acuerdo como un trabajador realiza sus actividades, consiste en una comparación entre en ritmo real y el ritmo tipo. A un empleado calificado, que se desenvuelve correctamente en su labor se le asigna el valor de 100%, sin embargo, es frecuente tener personal nuevo o poco capacitado en ciertos procesos que no generan la productividad planificada, por lo cual el criterio será en

valores inferiores al 100%, en la tabla 2 los ritmos de trabajo según la escala de valoración británica.

Sistema de suplementos por descanso					
Suplementos Constantes					
				H	M
Suplemento por necesidades personales				5	7
Suplemento base por fatiga				4	4
Suplementos Variables					
	H	M		H	M
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4	F. Concentración intensa		
B. Suplemento por postura anormal			Trabajos de cierta precisión	0	0
Ligeramente incómoda	0	1	Trabajos precisos o fatigosos	2	2
incómoda (inclinado)	2	3	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	G. Ruido		
C. Uso de fuerza/energía muscular			Continuo	0	0
Peso levantado [kg]					
2.5	0	1	Intermitente y fuerte	2	2
5	1	2	Intermitente y muy fuerte	5	5
7.5	2	3	Estridente y fuerte		
10	3	4	H. Tensión mental		
12.5	4	6	Proceso bastante complejo	1	1
15	5	8	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
17.5	7	10	Muy complejo	8	8
20	9	13	I. Monotonía		
22.5	11	16	Trabajo algo monótono	0	0
25	13	20 (máx)	Trabajo bastante monótono	1	1
30	17	-	Trabajo muy monótono	4	4
33.5	22	-	J. Tedio		
D. Mala iluminación			Trabajo algo aburrido	0	0
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Trabajo bastante aburrido	2	1
Bastante por debajo	2	2	Trabajo muy aburrido	5	2
Absolutamente insuficiente	5	5			
E. Condiciones atmosféricas					
Índice de enfriamiento Kata				H	M
16				0	
8				10	
4				45	
2				100	

Figura 3.Tabla de suplementos por descanso OIT [29].

Tabla 2. Los ritmos de trabajo según la escala de valoración británica [29].

0-100	Descripción del desempeño	Velocidad de marcha (km/h)
0	Actividad nula	
50	Es un obrero muy lento, realiza movimientos torpes e inseguros, el operador parece estar medio dormido.	3.2
75	Constante, resuelto y sin prisa, como un operador no pagado a destajo, pero es vigilado y dirigido	4.8
100 (Ritmo tipo)	Obrero calificado promedio; es activo y capaz, pagado a destajo.	6.4
125	Muy rápido; el operador realiza las actividades con mucha seguridad, coordinación y destreza, está en gran porcentaje arriba de un operador calificado promedio	8.0
150	Extremadamente rápido; esfuerzo y concentración intensos, probabilidad de durar periodos largos casi nula. Actuación que es alcanzada por muy pocos trabajadores.	9.6

Tiempo estándar

Se encuentra mediante la suma del tiempo normal más ciertas permisibilidades para necesidades personales (descansos para ir al baño o tomar café), demoras inevitables (descomposturas del equipo o falta de materiales) y fatiga del trabajador (física o mental) [27], se calcula de acuerdo con la ecuación 3.

$$Tm = \frac{\sum Xi}{n} \quad (1)$$

$$Tn = Tm(Fd) \quad (2)$$

$$Ts = Tn * (1 + S) \quad (3)$$

Donde:

Tm: tiempo promedio

Xi: lectura del tiempo i

n: número de lecturas

Tn: tiempo normal

Fd: valorización de ritmo de trabajo en porcentaje

Ts: tiempo estándar

S: ponderación de suplementos en porcentaje

Sistemas de manufactura

El sistema de manufactura implica la fabricación de productos que satisfagan a los clientes, en las fechas y términos estipulados con la calidad requerida y bajo principios de racionalización, de minimización de costos y maximización de utilidades.

En la administración de manufactura debemos prever la demanda de productos y factores de producción, ajustar la programación del trabajo, determinar los mecanismos de control, llevar a cabo el análisis y administración de las adquisiciones y del control de inventarios, determinar la localización de la planta, llevar a cabo métodos de trabajo y determinar los medios de medición, así como llevar a cabo el análisis y el control de costo. De esta forma, las áreas de responsabilidad que ayudan en la administración de manufactura son:

Planeación y control de producción.

- Investigación, diseño y desarrollo del producto.
- Localización y distribución de la planta.
- Administración de adquisiciones y control de inventarios.
- Análisis de métodos de trabajo, su medición y remuneración.
- Sistemas de calidad.
- Toma de decisiones.
- Recursos Humanos [30].

Distribución de planta

La distribución en planta se define como la ordenación física de los elementos que constituyen una instalación sea industrial o de servicios. Esta ordenación comprende los espacios necesarios para los movimientos, el almacenamiento, los colaboradores directos o indirectos y todas las actividades que tengan lugar en dicha instalación. Una distribución en planta puede aplicarse en una instalación ya existente o en una en proyección [31].

Principios básicos de la distribución en planta.

1. Principio de la satisfacción y de la seguridad. A igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los trabajadores.
2. Principio de la integración de conjunto. La mejor distribución es la que integra a los hombres, materiales, maquinaria, actividades auxiliares y cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.
3. Principio de la mínima distancia recorrida. A igualdad de condiciones, es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material sea la menor posible.

4. Principio de la circulación o flujo de materiales. En igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transformen, tratan o montan los materiales.
5. Principio del espacio cúbico. La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en horizontal como en vertical.
6. Principio de la flexibilidad. A igualdad de condiciones será siempre más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes [31].

Tipos de distribución de planta

Los tipos de distribución son cuatro y se enlistan en la tabla 3 además se indica los principales factores en la tabla 4 [33].

Tabla 3. Tipo de distribución de planta [32].

Tipo	Definición
Por producto	Llamada también distribución de Taller de Flujo. Es aquella donde se disponen el equipo o los procesos de trabajo de acuerdo con los pasos progresivos necesarios para la fabricación de un producto. Si el equipo se dedica a la producción continua de una pequeña línea de productos, por lo general se le llama Línea de Producción o Línea de Montaje.
Por proceso	Llamada también Distribución de Taller de Trabajo o Distribución por Función. Se agrupan el equipo o las funciones similares, como sería un área para tomos, máquinas de estampado. De acuerdo con la secuencia de operaciones establecida, una parte pasa de un área a otra, donde se ubican las máquinas adecuadas para cada operación.

Continuación: Tabla 3. Tipo de distribución de planta [32].

Tipo	Definición
Tecnología de grupos o celular	Agrupa máquinas diferentes en centros de trabajo (o celdas), para trabajar sobre productos que tienen formas y necesidades de procesamiento similares. La T.G, se parece a la distribución por proceso, ya que se diseñan las celdas para realizar un conjunto de procesos específicos. También es semejante a la distribución por producto, pues las celdas se dedican a una gama limitada de productos.
Por posición fija.	El producto, por cuestiones de tamaño o peso, permanece en un lugar, mientras que se mueve el equipo de manufactura a donde está el producto.

Tabla 4. Cuadro comparativo de las distribuciones por factores [33].

	<i>Por Producto</i>	<i>Por Proceso</i>	<i>Por Posición Fija</i>
<i>Producto</i>	Estandarizado Alto volumen	Diversificados Volúmenes Variables	A Pedido Bajo volumen
<i>Flujo de Trabajo</i>	Línea continua Misma Secuencia	Flujo Variable Secuencia Variable	Mínimo
<i>Mano de Obra</i>	Especializada Ritmo constante	Calificada Adaptable	Alta Flexibilidad
<i>Personal</i>	Gran Cantidad Auxiliar (Mantenimiento, etc.)	Programación Manejo de Materiales	Programación Coord. de activid.
<i>Manejo de Materiales</i>	Previsible Sistematizado	Variable, Con duplicaciones, esperas	Escaso
<i>Inventarios</i>	Alto de Producto Terminado	Altos de Producción en Proceso	Escaso
<i>Uso de Espacio</i>	Eficiente	Ineficiente	Dependiente
<i>Capital</i>	Alta Inversión Equipo Especializado	Baja Inversión Equipos Grales.	Equipos y Procesos Grales.
<i>Costo de Producto</i>	Altos Costos Fijos Bajos directos	Costos Fijos Bajos Altos costos directos	Costos Fijos bajos Costos directos altos

Diagrama de actividades

El Diagrama de actividades es un gráfico en el que podemos plasmar una layout inicial; además de presentar mediante distintos tipos de líneas las relaciones existentes entre los departamentos de la empresa [34].

Análisis de las relaciones entre actividades

Conocido el recorrido de los productos, debe plantearse el tipo y la intensidad de las interacciones existentes entre las diferentes actividades productivas, los medios auxiliares, los sistemas de manipulación y los diferentes servicios de la planta en la figura 4 se muestra el diagrama de relación de actividades.

Áreas	2	3	4	5	6
1	A	I	O	U	U
	1,5,6	1,5,6	1,4,6	-	-
2		A	U	X	X
		1,5,6	1,5,6	-	-
3			A	U	U
			1,2,4,5,6	-	-
4				A	U
				1,2,4,5,6	-
5					A
					1,5,6
6					

Figura 4. Diagrama de relación de actividades [35].

Diagrama de relaciones de espacio

Es similar al diagrama de relaciones, la única diferencia es que plasma las áreas requeridas para cada departamento. Sin embargo, en el punto anterior se calcularon los requerimientos de espacio para cada área; por lo cual este punto ya no se llevará a cabo, un ejemplo clásico de este tipo de diagrama, el diagrama de relaciones de espacio se muestra en la figura 5.

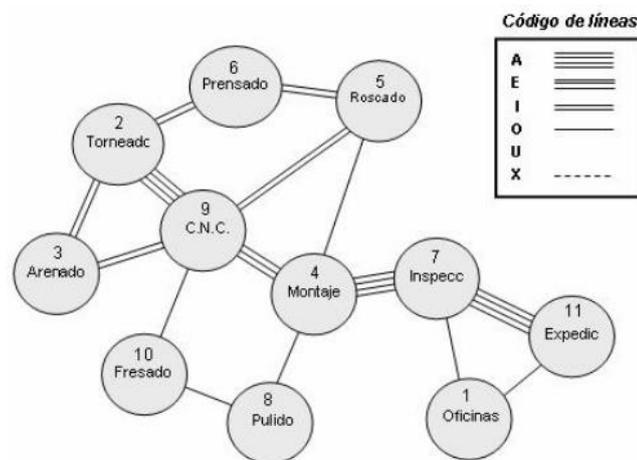


Figura 5: Diagrama de relaciones de espacio [34].

Desarrollo de layout alternativo

Basado en el orden de departamentos proporcionado por el diagrama de actividades, los departamentos, considerando su espacio requerido, se acomodaron en un layout del terreno para así formar una distribución nueva. Esta distribución tiene cambios en tomo al tamaño requerido para los departamentos planeados, pues al acomodarlos en el layout no siempre se les pudo dar el área requerida. Un esquema representativo de este caso se presenta en la figura 6.

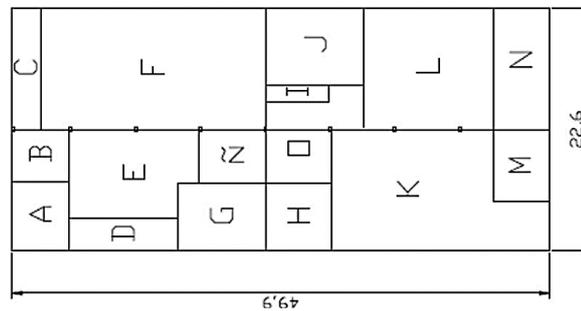


Figura 6. Desarrollo de layout alternativo [34].

Planeación sistemática de la distribución

En ciertos tipos de problemas de distribución no tiene sentido conocer el flujo numérico de los bienes entre los centros de trabajo, y este tampoco revela factores cualitativos que pudiesen ser cruciales para decidir dónde ubicarlos. En tales casos se aplica la venerable técnica llamada planeación sistemática de la distribución (SLP), la cual implica crear una gráfica de relaciones que muestre el grado de importancia de que cada uno de los centros de trabajo se ubique junto a cada uno de los demás. Con base en esta gráfica se prepara un diagrama de relaciones de las actividades, similar a la gráfica de flujo para ilustrar el manejo de materiales entre los centros de trabajo.

El diagrama de relaciones de las actividades se ajusta por prueba y error hasta encontrar un patrón satisfactorio de adyacencia. A su vez, este patrón se modifica, centro de trabajo por centro de trabajo, para ajustarse a las limitaciones del espacio del edificio. La tabla 5 presenta la técnica mediante un sencillo problema de cinco centros de trabajo en la distribución del piso de una tienda de departamentos.

Tabla 5. Planeación sistemática de la distribución de un piso de una tienda [27].

A. Gráfica de relaciones (basada en las tablas B y C)

De	A				Superficie (metros cuadrados)	Letra Clasificación de cercanía
	2	3	4	5		
1. Departamento de crédito	I 6	U —	E 4	U —	100	Número Explicación de la calificación
2. Departamento de juguetes		U —	I 1	A 1,6	400	
3. Departamento de vinos			U —	X 1	300	
4. Departamento de cámaras				X 1	100	
5. Departamento de chocolates					100	

B.

Código	Razón*
1	Tipo de cliente
2	Facilidad de supervisión
3	Personal común
4	Contacto necesario
5	Compartir el mismo espacio
6	Psicología

*Pueden ser otras.

C.

Valor	Cercanía	Código de línea*	Ponderaciones numéricas
A	Absolutamente necesaria	≡≡≡	16
E	Especialmente importante	≡≡	8
I	Importante	≡	4
O	Cercanía común y corriente OK	—	2
U	Sin importancia		0
X	No deseable	∩∩∩	-80

*Solo para ejemplificar.

Método de Guerchet.

Para trabajar y saber qué área requiere cada máquina que vamos a comprar y poder disponer de esta área en la planta cuando estamos analizando los factores, utilizamos el método de Guerchet, que plantea tres superficies a considerar para las maquinarias.

Superficie estática (S_s): es la superficie, en unidades cuadráticas, correspondiente a las dimensiones de la máquina; generalmente está dada en la tabla de especificaciones elaborada por el fabricante (si no, se usan las figuras geométricas con un plano desde la parte superior, y resolviendo el área de la figura que se obtenga hallamos S_g) [36].

$$S_s = Largo_{máquina} * Ancho_{máquina} \quad (4)$$

Donde:

S_s: Superficie estática

Largo_{máquina}: Largo correspondiente a las especificaciones técnicas del equipo, también se puede considerar al largo de un área de trabajo en el caso de no existir máquinas.

Ancho_{máquina}: Ancho correspondiente a las especificaciones técnicas del equipo, también se puede considerar al ancho de un área de trabajo en el caso de no existir máquinas.

Superficie de gravitación (S_g): corresponde a la superficie alrededor de la máquina que es utilizada por el operario y el material acoplado para las diferentes operaciones [36]. Esta superficie se obtiene, para cada maquinaria, multiplicando la superficie estática por N, siendo N el número de lados a partir de los cuales puede ser utilizado el mueble u operada la máquina:

$$S_g = S_s * N \quad (5)$$

Donde:

S_g: Superficie de gravitación

S_s: Superficie estática

N: Número de caras desde las cuales se puede manipular la maquinaria

Superficie de evolución (S_e): es la superficie que se debe reservar entre los diferentes puestos de trabajo para los desplazamientos del personal y para la mantenimiento. Se mide mediante la fórmula:

$$S_e = (S_s + S_g) * K \quad (6)$$

Donde:

S_e: Superficie de evolución

S_s: Superficie de estática

S_g: Superficie gravitación

K: constante, donde K es una constante que puede variar entre [0,05 y 3].

También se puede obtener a K como:

$$K = \frac{APO}{2 * CME} \quad (7)$$

Donde:

K: Constante.

APO: es la altura promedio de los operarios que han de trabajar con la(s) máquina(s).

CME: es la altura media de maquinarias o elementos.

Algunos sectores han tratado de homogenizar el valor de K y han definido algunos valores para ella, los cuales se pueden apreciar en la tabla 6, donde se muestran algunos valores de K utilizados en casos particulares.

Tabla 6. Valores de K sugeridos para el método de Guerchet [36].

Sector / industria	Coficiente K
Gran industria, alimentos y evacuación con grúa y puentes	0,05 a 0,15
Trabajo en cadena con transportadores mecánicos	0,10 a 0,25
Textil-hilado	0,05 a 0,25
Textil-tejido	0,5 a 1
Relojería, joyería	0,75 a 1
Pequeña industria mecánica	1,5 a 2

Cualquiera de los métodos anteriores es válido para definir la constante K

La superficie total (St) está constituida por la suma de las superficies anteriores:

$$S_T = S_S + S_g + S_e \quad (8)$$

Método de calificación de factores

Existen muchos factores cuantitativos y cualitativos que se deben considerar al elegir una localización. Algunos de estos factores son más importantes que otros, por eso los administradores pueden usar ponderaciones con el fin de que la toma de decisiones sea más objetiva. El método de calificación de factores es popular porque puede incluir de manera objetiva un gran número de factores, que van desde la educación hasta la recreación y las habilidades laborales.

El método de calificación de factores consta de seis pasos:

1. Desarrollar una lista de los factores relevantes denominados factores críticos de éxito.
2. Asignar un peso a cada factor que refleje su importancia relativa en cuanto a los objetivos de la compañía.
3. Desarrollar una escala para cada factor (por ejemplo, de 1 a 10 o de 1 a 100 puntos).
4. Hacer que la administración califique cada factor para cada localización, usando la escala del paso 3.
5. Multiplicar la calificación por los pesos de cada factor y sumar los puntos de cada localización.
6. Hacer una recomendación basada en la calificación de mayor puntaje, considerando también los resultados de los enfoques cuantitativos [27].

Software FlexSim

FlexSim es un software de simulación de procesos industriales que permite el modelado dinámico, visualización en entornos 3D, con el cual se puede comprender, analizar y realizar mejoras a cualquier tipo de sistema de producción de manufactura o de servicios, además ayuda a realizar predicciones precisas basadas en los datos históricos probando en cada simulación [37].

Elementos de un modelo de simulación

Los objetos son los componentes más básicos de un modelo de simulación, los más comunes se enlistan a continuación:

- **Entidad:** representación de los flujos de entrada y salida.
- **Estado del Sistema:** condición que guarda el sistema en un momento determinado.
- **Evento:** es un cambio en el estado actual del sistema.

- **Localizaciones:** lugares donde las entidades se detienen para ser transformada o esperar para serlo.
- **Recursos:** son los elementos diferentes a las localizaciones que son necesarios para llevar a cabo una operación.
- **Atributos:** es una característica de una entidad.
- **Reloj de la simulación:** es el contador de tiempo de simulación [38].

Objetos de un modelo de simulación

- **Elementos de flujo (Flow Items):** Muestran los elementos de flujo de una estación (recurso fijo) a otra y estos pueden representar productos, materiales clientes, o cualquier elemento que se traslade entre dos o más estaciones de trabajo en una empresa. En la Figura 7 se puede ver un ejemplo de flujo de cajas en donde también se puede cambiar las apariencias de cada elemento si así lo requiera la simulación.

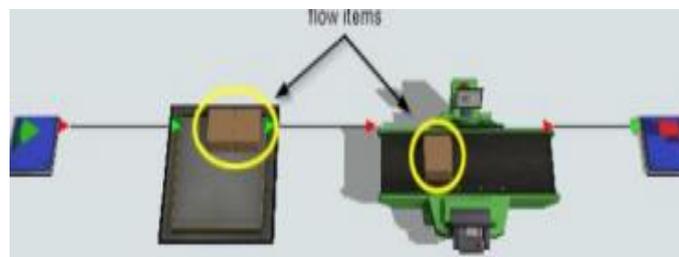


Figura 7. Elemento de flujo (Flow Items) [39].

- **Recursos fijos (Fixed resources):** Son objetos que no se mueven en el modelado es decir permanecen fijos pero cada uno realiza una actividad específica y estos pueden ser estaciones de procesamiento o áreas de almacenamiento. En la figura 8 se indica los recursos fijos usados en la simulación, es necesario señalar que los elementos de flujo interactúan con los elementos fijos.

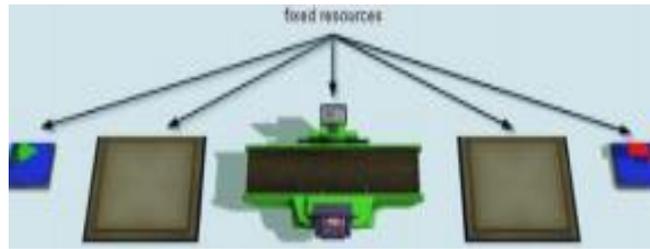


Figura 8. Recursos fijos (Fixed resources) [39].

- **Ejecutores de tareas (task executers):** Son los operarios que realizan las tareas dentro de los procesos, en la figura 9 se menciona los ejecutores de tareas empleados en la simulación.

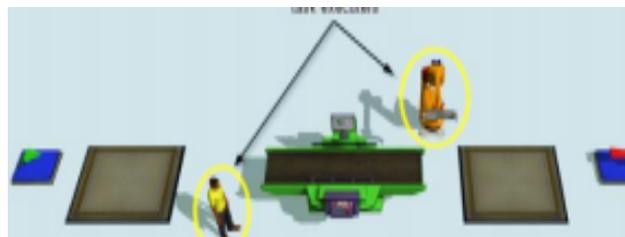


Figura 9. Ejecutores de tareas (task executers) [39].

Herramienta ExperFit

Brinda la capacidad de determinar de manera automática la distribución de probabilidad que representa un conjunto de datos numéricos del proceso, cuenta con 40 tipos de distribuciones, 30 diagramas de alta calidad y 4 pruebas de ajuste de bondad, es muy utilizado en el campo de la simulación debido a que se puede obtener fácilmente los parámetros de una distribución de probabilidad en el formato del software de simulación que se desee obtener [39].

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Diseñar una redistribución de planta para la empresa “ECUATINTEX”

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar la situación actual del flujo de materiales y los niveles de productividad de la empresa.

- Plantear una propuesta de redistribución de instalaciones que mejor se ajuste a la empresa para mejorar sus niveles de productividad.
- Evaluar la propuesta de redistribución de planta mediante el Software de simulación FlexSim.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Los materiales utilizados en el desarrollo de la propuesta se detallan en la Tabla 7, se muestran a continuación.

Tabla 7. Materiales empleados en la investigación.

MATERIALES	DESCRIPCIÓN
Computador	Utilizado para la transcripción de datos e información relevante. Permite la visualización de la información en una interfaz interactiva.
Paquete de Microsoft Office	Permite elaborar el informe del proyecto. Utilizado para el procesamiento de información en diagramas y organigramas.
Cámara fotográfica	Para la obtención de información de vía digital, fotografías y cortometrajes.
Software AUTOCAD	Para la elaboración de LAYOUT de los procesos productivos
Flexsim 2019	Usado para el modelamiento y simulación de las distribuciones.
Decámetro	Realización de medición del establecimiento, principalmente en las áreas de producción.
Formatos de recolección de datos	Formato de registro de variables de las operaciones del proceso productivo

2.2 Metodología

2.2.1 Modalidad de investigación

Para el desarrollo del proyecto se utilizó una investigación aplicada, donde se emplearon conocimientos adquiridos durante la formación académica en la carrera de

Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, para dar solución a la problemática de la distribución de las instalaciones en la empresa “ECUANTEX.

Investigación Bibliográfica – Documental

El presente proyecto se rige bajo esta modalidad pues se consideró necesaria la recopilación de información confiable y/o verificable, proporcionada bajo criterios de distintos autores a través de libros, revistas, páginas de internet, artículos científicos y demás, las que permitirán un enfoque más claro y profundo para el desarrollo de la investigación.

Investigación de campo

En esta fase el ejecutor del proyecto acudió a las instalaciones de la empresa y mediante técnicas como la observación directa, encuestas, entrevistas, etc., y a través de la relación directa con el ambiente laboral se obtuvo información necesaria como base para la solución de la problemática planteada.

Investigación aplicada

Se empleó esta modalidad pues se propuso una solución a los problemas encontrados en los procesos de producción en la empresa “ECUATINTEX” relacionados con la distribución de instalaciones, mediante la aplicación de las metodologías anteriormente mencionadas y los conocimientos adquiridos durante los años de estudio universitarios.

2.2.2 Población y muestra

En el presente estudio como población se analizó de forma directa el área de producción de la empresa “ECUATINTEX” que cuenta con ocho procesos, en los que se encuentran involucrados veinte y tres operarios.

2.2.3 Recolección de Información

Para la recolección de la información relacionada al proceso productivo de la empresa ECUATINTEX, se ejecutaron las siguientes actividades con sus respectivas técnicas

(cuestionarios, entrevistas, hojas de recolección de datos, fichas de observación) e instrumentos para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos planteados en la investigación como se presenta a continuación en la tabla 8, 9 y 10.

La adquisición de las mediciones de distancias se usará un decámetro como se menciona en la tabla 9, realizando una medición basada en las distancias rectilíneas entre áreas de producción.

En lo que concierne a las mediciones de tiempo se realizará mediante el cronometraje vuelta a cero, donde cada una de las mediciones tomas se realizaran durante el tiempo establecido por la empresa.

2.2.4 Procesamiento y Análisis de Datos

La información obtenida para el desarrollo de la investigación se analizó y procesó de la siguiente forma:

- Revisión de la información y datos recopilados, con el objetivo de completar la información necesaria o descartar datos fuera del contexto del estudio.
- Registro de la información cualitativa del proceso productivo de la empresa ECUATINTEX, por medio del software de procesamiento Microsoft Word con el propósito de conocer las condiciones de la empresa.
- Tabulación de los datos numéricos (cuantitativos) y su respectiva representación gráfica, mediante el software Microsoft Excel.
- Interpretación de los resultados obtenidos, mediante la comparación de datos entre la producción actual y la propuesta.

Tabla 8. Actividades, métodos e instrumentos para el primer objetivo.

Objetivo	Actividades	Técnica/Método	Instrumentos o Herramientas	Software
Analizar la situación actual del flujo de materiales y los niveles de productividad de la empresa.	Recopilar la información relevante de la empresa y su proceso productivo e identificar el flujo de materiales dentro el proceso.	Observación directa del proceso y de la forma en la que se transportan y se mueven los materiales dentro del mismo.	Fichas de observación, lapicero, cuaderno de apuntes, cámara, grabadora.	Microsoft Word
	Entrevistar al jefe de producción para conocer más a detalle las condiciones del proceso.	Entrevista para conocer más a detalle el proceso.	Cuestionario, esferográfico, grabadora.	Microsoft Word
	Realizar diagramas de proceso.	Cursogramas analíticos, diagramas de recorrido diagramas de flujo.	Computador.	Microsoft Visio
	Realizar un estudio de tiempos.	Investigación bibliográfica para determinar la estrategia de medición de tiempos del proceso. Estudio de tiempos para establecer tiempos que se emplean en las operaciones.	Computador, internet, fichas de recolección de tiempos, cronómetro, calculadora, cuaderno de apuntes, lapicero.	-Microsoft Word -Microsoft Excel
	Calcular la productividad del proceso.	Investigación bibliográfica para determinar los cálculos de productividad en base al estudio de tiempos.	Computador, internet, calculadora, cuaderno de apuntes, lapicero	-Microsoft Word

Tabla 9. Actividades, métodos e instrumentos para el segundo objetivo.

Objetivo	Actividades	Técnica/Método	Instrumentos o Herramientas	Software
Plantear una propuesta de redistribución de instalaciones que mejor se ajuste a la empresa para mejorar sus niveles de productividad.	Realizar una investigación bibliográfica para identificar los tipos de distribución de planta.	Revisión documental.	Computador, internet.	Microsoft Word
	Determinar el tipo de distribución que amerita el proceso productivo.	Observación directa del área de producción.	Información bibliográfica, lapicero, cuaderno de apuntes.	Microsoft Word
	Identificar las restricciones para la distribución.	Observación directa para identificar las especificaciones que se deben considerar para realizar la nueva distribución.	Cámara, grabadora, cuaderno de apuntes, lapicero.	Microsoft Word
	Realizar el análisis de la nueva distribución de acuerdo con las técnicas de distribución de planta.	-Cálculo de la superficie de producción -Método SLP -Análisis Carga-Distancia	Flexómetro, computador, cuaderno de apuntes, lapicero.	-Microsoft Word -Expert Choice -AutoCad

Tabla 10. Actividades, métodos e instrumentos para el tercer objetivo.

Objetivo	Actividades	Técnica/Método	Instrumentos o Herramientas	Software
Evaluar la propuesta de redistribución de planta mediante el Software de simulación FlexSim.	Diseñar el modelo de distribución.	Planos de las distribuciones.	Computador, cuaderno de apuntes, lapicero	-AutoCAD -Sketch Up
	Construir el modelo.	Especificación de variables aleatorias, conexión entre localizaciones, jornadas de trabajo, etc.	Computador	-Microsoft Excel -Flexsim
	Experimentación.	Análisis de distancias totales recorridas, análisis de tiempos de trasportación y capacidad de producción y porcentaje de utilización de la maquinaria en la simulación.	Computador	-Microsoft Excel -Flexsim
	Selección y validación de la propuesta de distribución.	Elegir la propuesta de distribución que brinde mejores beneficios a la producción en base a los datos obtenidos en la experimentación.		-Microsoft Word -Microsoft Excel -Flexsim

2.2.5 Desarrollo del Proyecto

Se describe el desarrollo del proyecto tomando las siguientes actividades:

- Recopilar la información de la empresa “ECUATINTEX” mediante la aplicación de diversas técnicas.
- Describir las actividades involucradas en el proceso productivo.
- Realizar un diagrama de flujo de los procesos ejecutados en la línea de producción.
- Evaluar mediante un estudio de tiempos y movimientos los procesos de producción.
- Observar de manera exhaustiva el desarrollo de todas y cada una de las actividades para la identificación de problemas presentes.
- Identificar la distribución actual de la planta.
- Realizar un análisis de redistribución de planta que se ajuste a las necesidades y recursos actuales de la empresa.
- Definir la propuesta de solución.
- Simular la nueva distribución en FlexSim.
- Elaboración de un informe final con los resultados obtenidos.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA “ECUATINTEX”

La empresa Ecuatintex fue creada en diciembre de 1999, como una empresa establecida para el lavado y tinturado de Jeans, considerando la falta de empresas que oferten este tipo de servicio. Para crear la empresa Ecuatintex los Sres. Luis Miranda y Adán Miranda, usaron un capital prestado para la adquisición de maquinaria usada con poca tecnología.

En base al conocimiento del Sr Luis Miranda sobre el proceso, se consideró las actividades que se debían tomar en el proceso productivo. La empresa inicio en la parte céntrica del cantón Ambato, en la parroquia de Huachi Loreto en las calles Isla Seymour y Tortuga. En el año 2007 se vio en la necesidad de reubicar la empresa, en la parroquia de Totoras en la vía a Santa Rosa, donde la empresa tuvo crecimiento, adquiriendo maquinaria nueva y contratando a personal con experiencia sobre los procesos que se realizan en la empresa.

En la actualidad la empresa ha conseguido situarse como una de las pioneras dentro de esta actividad económica a nivel del cantón y de la provincia, por tanto, ha mejorado no solo sus instalaciones, maquinarias, sino además su personal.

Descripción de la producción de la empresa

La empresa tiene una producción basada en pedidos que realizan sus clientes, donde un inconveniente presente es que, el número de máquinas restringe la producción esto se debe a que muchas de ellas se encuentran en su ciclo de trabajo cuando ingresa un nuevo pedido. Para mejorar la producción se dispone de un turno de 8 horas. El número de prendas que se procesan al mes se puede estimar en 65000 entre prendas de vestir para hombres, mujeres y niños, en la figura 10 se observa la fachada de las instalaciones.



Figura 10. Instalaciones de la empresa "Ecuatintex".

Localización

La empresa de lavado de jeans “Ecuatintex” se encuentra situada en la vía a Santa Rosa, en el barrio Huachi Totoras de la parroquia Totoras del en el cantón Ambato, se aprecia en la figura 11 la localización mediante el uso de Google maps:



Figura 11. Localización geográfica fábrica “Ecuatintex”, imagen de Google maps.

Filosofía empresarial

Misión

Ser una empresa líder en el servicio de LAVADO DE JEANS, mediante el mejoramiento continuo de nuestros procesos, productos y servicios, siguiendo estrictas normas de higiene de acuerdo el requerimiento de cada prenda y necesidad del cliente.

Visión

Ofrecer a la ciudadanía servicio completo y de alta calidad en todo lo relacionado el diseño y lavado de prendas de jeans.

Valores

- Transparencia
- Trabajo en equipo
- Responsabilidad
- Competitividad

Estructura organizacional

Su estructura funcional se organiza de manera que garantice que todas las áreas tengan el soporte necesario al realizar las actividades de su proceso productivo, de manera que se pueda cumplir con la producción establecida, en la tabla 11 se muestra los datos de la empresa.

Datos de la empresa

Tabla 11. Datos de la empresa “Ecuatintex”.

“ECUATINTEX”			
Actividad	Lavado y tinturado de Jeans	Gerente	Sr. Luis Miranda
Ubicación	Parroquia Totoras, barrio Huachi Totoras, vía a Santa Rosa	Cantón	Ambato
Provincia	Tungurahua	Teléfonos	03 27485354
Correo	luisalbertomiranda75@hotmail.com		

Productos ofertados

La empresa de lavado y tinturado “ECUATINTEX” se destaca por la realización de diferentes tipos de diseños (rasgados) en las prendas jeans, ofrecimiento a sus clientes los mejores acabados y elaborados mediante un proceso productivo adecuado para cada prenda.

De esta manera, la empresa “ECUATINTEX” tiene una línea de producción ya establecida para cada uno de los servicios, de igual forma con personal capacitado en cada área garantizando que todos los procesos son ejecutados de manera eficiente. En la tabla 12 se dan a conocer los servicios que ofrecen la empresa, mientras que en la figura 12 su estructura organizacional.

Tabla 12. Servicios que ofrece “Ecuatintex” actualmente.

Servicios	
Lavado Industrial	Lavado Ston
Lavado Negro	Lavado Sucio
Lavado Prelavado	Lavado Sulfuroso
Lavado Reserva	Lavado Tinturado

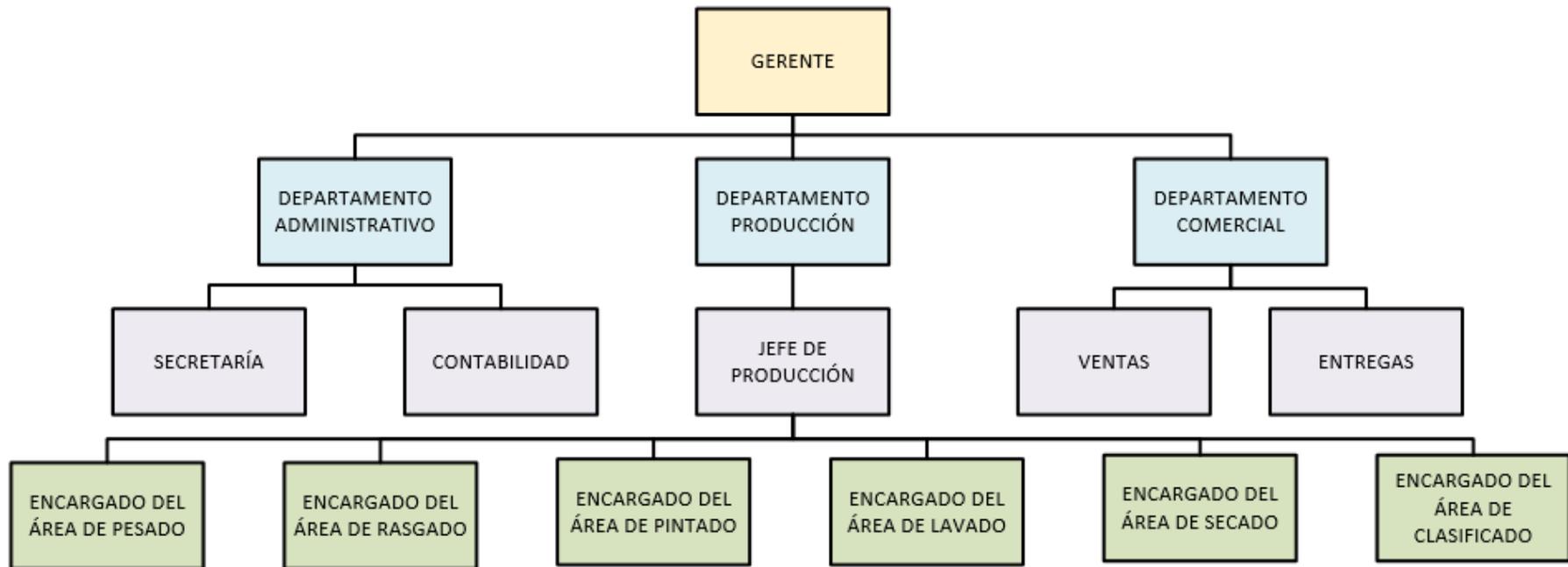


Figura 12. Estructura organizacional de la empresa “Ecuatintex.”

3.1.2 Situación actual de la empresa

Entrevista realizada al gerente de la empresa “ECUATINTEX”

Para la ejecución del estudio, se realizó de la primera visita técnica a las instalaciones de la empresa para la identificación de las necesidades existentes, basándose en el criterio de su gerente, ya que él está involucrado al 100% en el proceso productivo, los resultados de la entrevista se encuentran en el anexo 1.

3.1.3 Proceso productivo

El proceso de lavado de jeans depende de las actividades consideradas como esenciales para la obtención de un producto de calidad, en estas actividades podemos encontrar subactividades que dan valor y que se encuentran en áreas específicas donde se desempeñan, como se aprecian en la figura 13 donde se indica las actividades realizadas:

Distribución de planta de producción

La distribución que posee la línea de producción de lavado y tinturado de jeans en la empresa “ECUATINTEX”, consta de cobertizo el mismo que se divide en estaciones de trabajo que permiten la realización de actividades de una manera más fluida tanto trabajadores como materia prima.

- **Área de Pesado**

Esta área esta designada para las actividades de recepción, clasificación y pesaje del producto, además se tiene un lugar destinado a la materia prima (jeans cosidos), donde es sometida a un tiempo de cuarentena hasta que dicho producto sea revisado y clasificado. Para continuar con el siguiente proceso que es el pesado.

- **Área de Rasgado**

El área consta de maniquís para realizar el rasgado en los jeans, su funcionamiento es en base a un sistema neumático, en esta área se encuentra una gran cantidad de máquinas usadas para realizar diferentes rasgados.

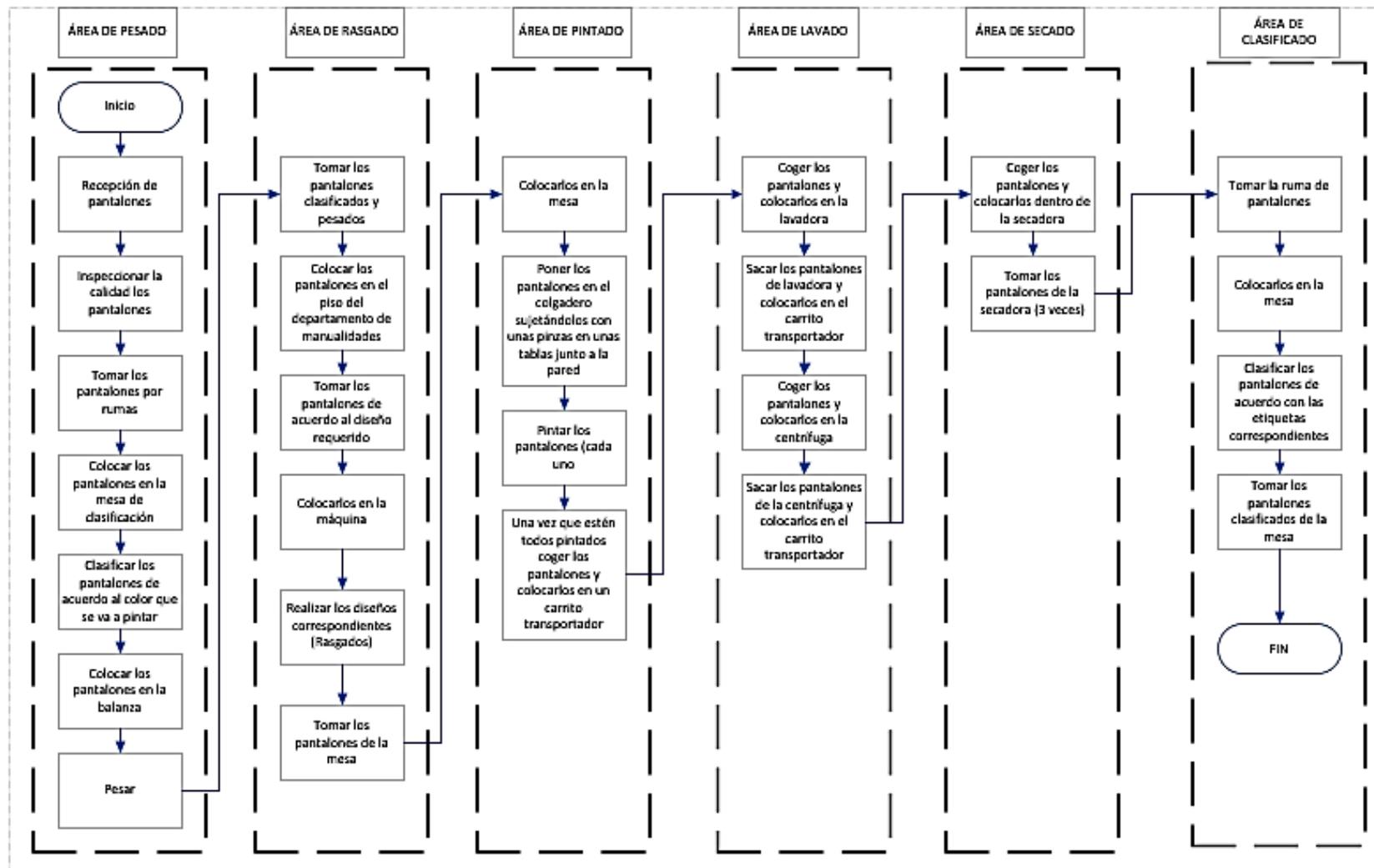


Figura 13. Diagrama de flujo del proceso de lavado de Jeans.

- **Área de pintado**

El área consta de una pistola de pintura accionada mediante un sistema neumático, dos mesas donde se coloca las prendas previamente rasgadas para realizar el correspondiente pintado con el color específico seleccionado por el cliente.

- **Área de lavado**

Dentro del área se encuentran las lavadoras industriales y su uso depende de la capacidad y pedido que se está realizando. En medio de esta área se encuentra una máquina centrífuga que permite realizar la extracción de los líquidos y de la humedad existente en los jeans después del proceso de lavado.

- **Área de secado**

Aquí se encuentran las máquinas de secado, representan el cuello de botella en el proceso productivo, a pesar de que se cuenta con un total de cuatro máquinas, pero su capacidad es reducida.

- **Área de clasificado**

En el área se encuentra una mesa para la revisión de los productos terminados, se realiza un control minucioso de cada uno de los jeans terminados, para evitar la salida de productos defectuosos. En el caso de que no se presente ningún daño son empacados según tallas, modelos, diseños etc.

3.1.4 Descripción de las actividades que se involucran en el proceso productivo

Se describe a continuación cada una de las operaciones a realizarse en cada una de las áreas que forman parte del proceso productivo del lavado de jeans en las instalaciones de la empresa de lavado y tinturado “ECUATINTEX”.

Recepción de materia prima (Jeans)

En este proceso se adquiere la materia prima como tal para ser procesada y a su vez notar todos los detalles que se deben realizar en las prendas de ropa, es decir, detalles

como: manualidades; un roto, desgastado, envejecido y pigmentado entre otros, tipo de color a implementarse, plazo de entrega, costo total por el servicio brindado.



Figura 14. Área de recepción de materia prima.

Clasificación y organización

Aquí se clasifica las prendas por lotes según el tipo de manualidades a utilizarse o según el tipo de color a implementarse. Por otro lado, se organiza los jeans por tamaño o peso que estas poseen ya que en procesos posteriores como el lavado, secado o tinturado influye mucho el peso.

En este proceso se realiza el pesaje de la materia prima, de esto dependerá la cantidad de tinte que se va utilizar para dar el color a los jeans.



Figura 15. Área de clasificación y organización.

Proceso de manualidades

En esta sección se realizan las diferentes modificaciones a las prendas de acuerdo a especificaciones requeridas por los clientes, en una prenda dentro de este proceso se le puede hacer manualidades de sandblast; estas son manchas y/o modificaciones en las prendas que dan colores a ciertas partes, se logran rociando permanganato de potasio a las partes indicadas previamente en el modelo.



Figura 16. Área de manualidades.

Proceso de pintado

En este proceso la materia prima es pintada se lo realiza a continuación de las manualidades correspondientes, es aplicada tintes previamente fabricados, los jeans son colocados en unos moldes, en otros casos cuando la prenda no tiene un molde (short, chaquetas) son colocados sobre mesas de madera.



Figura 17. Área de pintado.

Proceso de lavado

En esta sección se eliminan en su totalidad las impurezas adquiridas en los procesos anteriores, se colocan químicos que permite que las prendas perdieran el color excesivo, esto se logra colocando encimas, anti quiebres que son compuestos químicos que eliminan los pliegues de las prendas



Figura 18. Área de lavado.

Este proceso puede durar de 30 minutos a 40 minutos. Después de realizar los procesos con los productos químicos se realiza un enjabonado y enjuagado.

Proceso de centrifugado

Posteriormente a este enjuagado las prendas son colocadas en la centrifuga para exprimir o eliminar un porcentaje de humedad presente en cada prenda jeans.



Figura 19. Área de centrifugado.

Proceso de secado final

Una vez realizados todos los procesos anteriores se procede al último y definitivo secado en el que la humedad restante se elimina al 100% de cada prenda.



Figura 20. Área de sacado.

Proceso de clasificado

El último paso de la producción se realiza una inspección de cada uno de los productos para asegurar la calidad, a continuación, son clasificados por tallas, colores etc. Para ser colocados en una mesa donde se almacenará hasta que el cliente lo retire.

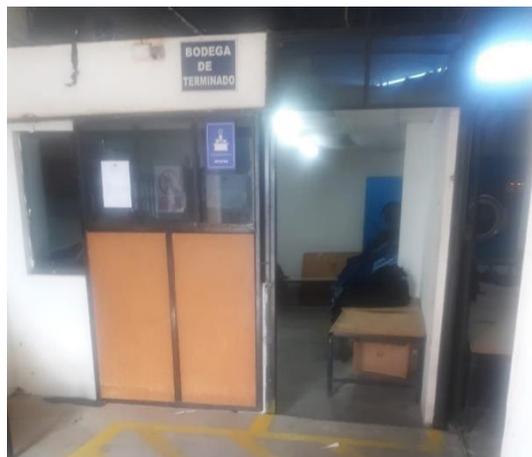


Figura 21. Área de bodega de producto terminado y zona de despacho.

3.1.5 Análisis ABC de los servicios fabricados

En la tabla 12, constan los tipos de servicios que ofrece la empresa, basándonos en la producción del año 2019 se determina los servicios que tienen una mayor demanda, con la ayuda de un análisis ABC. En la tabla 13 se indica el análisis ABC de los servicios que ofrece la empresa.

Tabla 13. Análisis ABC de los servicios ofertados.

SERVICIOS	UNIDADES PRODUCIDAS AL AÑO	% FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	% FRECUENCIA ACUMULADA
Ston	170310	27,93%	170310	27,93%
Sucio	149095	24,45%	319405	52,39%
Reserva	128959	21,15%	448364	73,54%
Tinturado	88633	14,54%	536997	88,08%
Negro	33486	5,49%	570483	93,57%
Industrial	27539	4,52%	598022	98,09%
Prelavado	10995	1,80%	609017	99,89%
Sulfuroso	657	0,11%	609674	100,00%
TOTAL	609674			

Para el análisis de los servicios más frecuentes en la empresa se realizó el diagrama de Pareto, se valora en la figura 22 los valores de unidades producidas por servicio.

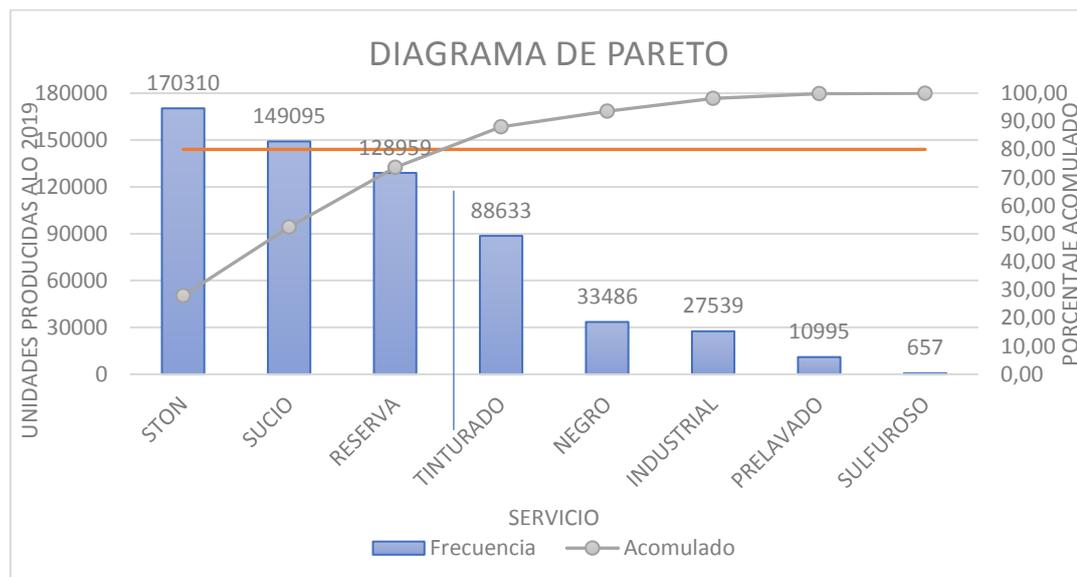


Figura 22. Diagrama de Pareto.

El diagrama de Pareto nos indica que los servicios que representan el 80% son Ston, Sucio, Reserva. Se identifica que el servicio estrella es el Ston en que cual se enfocara el presente estudio.

Área de pesado

- **Operación 1:** Recepción de pantalones.
- **Inspección 1:** Inspeccionar la calidad de los pantalones (revisión de cada uno de las costuras de los pantalones).
- **Traslado 1:** Traslado al lugar de almacenamiento (se encuentra en la misma área de producción).
- **Almacenaje 1:** Almacenado en rumas (hasta pasar por un proceso de cuarentana, donde además debe esperar a su turno de ser procesado).
- **Operación 2:** Tomar los pantalones por rumas.
- **Traslado 2:** Llevarlos hasta el lugar de clasificación (se encuentra en la misma área, pero en las afueras de la misma).
- **Operación 3:** Colocar los pantalones sobre la mesa de clasificación (donde se los calificara dependiendo los tipos de pantalones).
- **Operación 4:** Clasificar los pantalones de acuerdo al color que se va a pintar (se los coloca de acuerdo a la tonalidad).
- **Operación 5:** Tomar la ruma de pantalones.
- **Traslado 3:** Traslados hacia la balanza donde se pesan los mismos.
- **Operación 6:** Colocar los pantalones en la balanza (se coloca en rumas).
- **Operación 7:** Pesar (se realiza el pesado exacto ya que de esto va depender el color que se debe prepara).
- **Operación 8:** Tomar los pantalones clasificados y pesados.

Área de Rasgado

- **Traslado 4:** Traslados al departamento de manualidades.
- **Operación 9:** Colocar los pantalones en el piso.
- **Operación 10:** Tomar los pantalones de acuerdo al diseño requerido (previamente se explica a los trabajadores que modelo es el que se va a realizar en cada uno de los pantalones).
- **Traslado 5:** Llevarlos hacia la mesa de manualidades.
- **Operación 11:** Colocarlos en la máquina (donde se inflan automáticamente simulando una pierna para facilitar la siguiente actividad).
- **Operación 12:** Realizar los diseños correspondientes (rasgados).
- **Operación 13:** Retirar de la máquina (una vez que se ha realizado los diseños).
- **Operación 14:** Se coloca en una mesa hasta tener una ruma.
- **Operación 15:** Tomar los pantalones de la mesa.

Área de pintado

- **Traslado 6:** Traslados al área de sandblast.
- **Operación 16:** Colocarlos en la mesa.
- **Operación 17:** Poner los pantalones en el colgadero sujetándolos con unas pinzas en unas tablas junto a la pared.
- **Operación 18:** Pintar los pantalones (cada uno).
- **Operación 19:** Colocarlos en la mesa.
- **Operación 20:** Una vez que estén todos pintados coger los pantalones y colocarlos en un carrito transportador.

- **Traslado 7:** Trasladarlos a una de las lavadoras.

Área de lavado

- **Operación 21:** Coger los pantalones.
- **Operación 22:** Colocarlos en la lavadora.
- **Espera 1:** Esperar a que se laven y enjuaguen se realizan en la misma máquina (se debe programar el tiempo de lavado y de enjuagado).
- **Operación 23:** Sacar los pantalones de lavadora.
- **Operación 24:** Colocarlos en el carrito transportador.
- **Traslado 8:** Trasladarlos hacia la centrífuga.
- **Operación 25:** Coger los pantalones.
- **Operación 26:** Colocarlos en la centrífuga.
- **Espera 2:** Esperar mientras los mismos se sequen por un momento.
- **Operación 27:** Sacar los pantalones de la centrífuga y colocarlos en el carrito transportador.
- **Traslado 9:** Llevarlos hacia las secadoras.

Área de secado

- **Operación 28:** Coger los pantalones.
- **Operación 29:** Colocarlos dentro de la secadora.
- **Espera 3:** Esperar a que los pantalones estén listos.
- **Operación 30:** Tomar los pantalones de la secadora (3 veces).
- **Traslado 10:** Llevarlos a una mesa (3 viajes).

- **Operación 31:** Tomar la ruma de pantalones.
- **Traslado 11:** Transportarlos hacia la mesa de clasificación.

Área de clasificado

- **Operación 32:** Colocarlos en la mesa.
- **Inspección 2:** Inspeccionar el resultado final y la calidad del producto.
- **Operación 33:** Clasificar los pantalones de acuerdo a las etiquetas correspondientes.
- **Operación 34:** Tomar los pantalones clasificados de la mesa.
- **Traslado 12:** Llevarlos a la bodega de almacenamiento de producto terminado.
- **Almacenaje 2:** Almacenarlos en rumas grandes.

3.1.6 Diagrama de recorrido

Para el análisis del proceso productivo se realizó el cursograma analítico y sinóptico mostrado en la figura 23, donde se muestra el recorrido que tiene la materia prima por cada una de las áreas donde se elaboran las operaciones, para así obtener el producto terminado, en el anexo 2 se muestra el recorrido por áreas.

3.1.7 Cursograma sinóptico

Este cursograma describe cada una de las actividades del proceso de producción, desde que llega la materia prima (pantalones en bruto) hasta que el producto es etiquetado y almacenado. En la figura 23 se describe cada una de las actividades desarrolladas por áreas.

3.1.8 Cursograma analítico del proceso

En el diagrama o cursograma analítico se analizó detalladamente cada una de las actividades realizada en el proceso, tomando en cuenta los correspondientes tiempos

cronometrados en la planta y sus respectivas distancias recorridas en el proceso. Esta información se representa en la tabla 14.

3.1.9 Análisis del método actual de producción

Por medio del uso de técnicas y herramientas propias de ingeniería como los diagramas de actividades, cursogramas de analíticos, diagramas de recorridos de operarios y de materiales, se determinó la situación actual de la empresa y de su sistema de producción.

Con el uso de las técnicas de estudios de trabajo, se determinaron los tiempos que los operarios tardan en ejecutar cada una de las actividades, de forma que se puedan establecer las holguras y tiempos de suplementos en cada una de las áreas. Además de conocer que operación rige la producción (cuello de botella).

Con la aplicación de las herramientas antes mencionadas se determinó la capacidad de producción de la planta, de igual manera el proceso que restringe la producción. Primero se visualizaron en campo cada una de las actividades, identificando los elementos como operaciones, inspecciones, transportes en cada una de las áreas y esperas que se desarrollan en el proceso de producción.

Con las actividades encontradas se realizará el diagrama de actividades y su respectivo cursograma de la figura 24 se identifica cada una de las actividades realizadas en las áreas productivas.

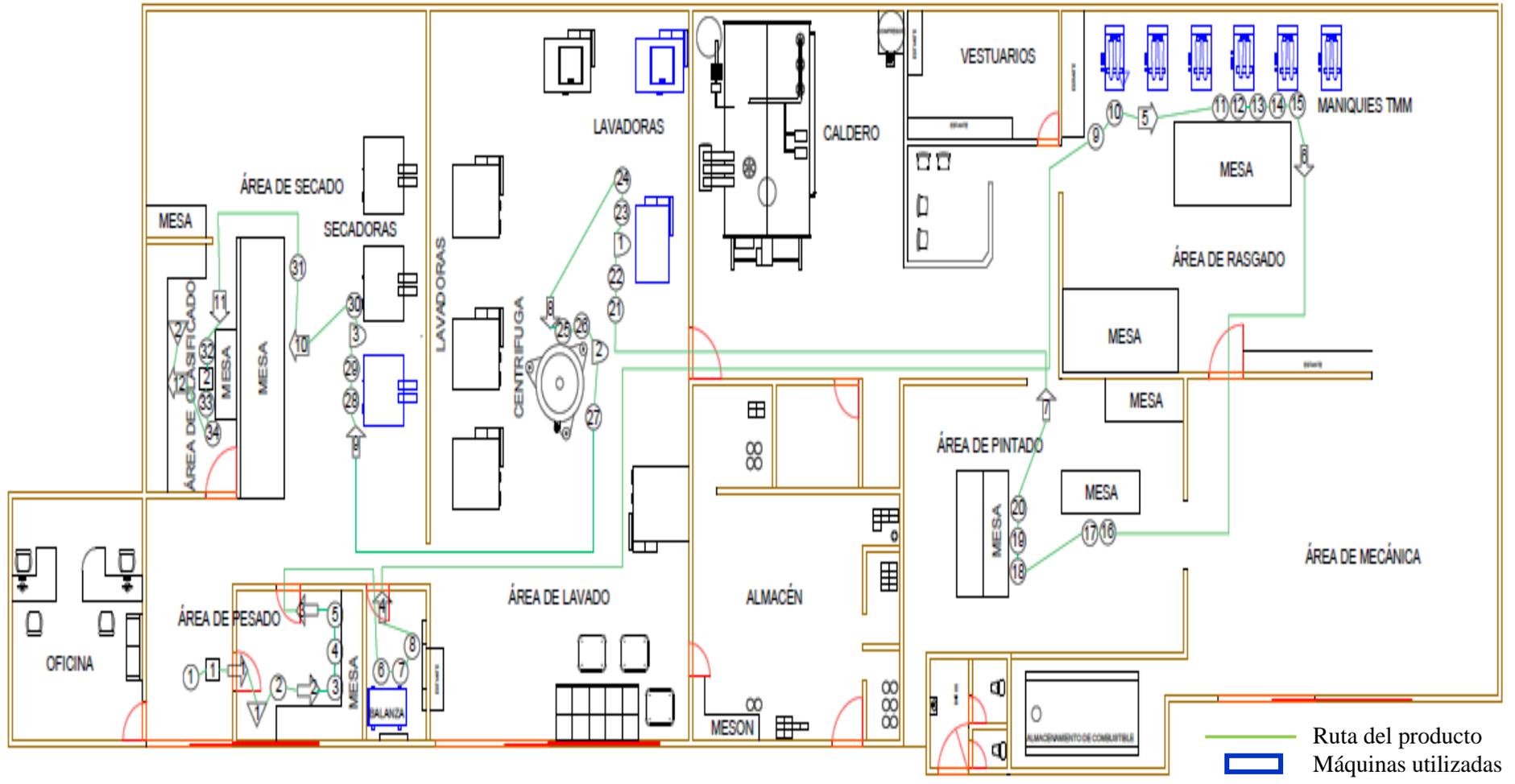


Figura 23. Diagrama de recorrido actual de la empresa “ECUATINTEX”.

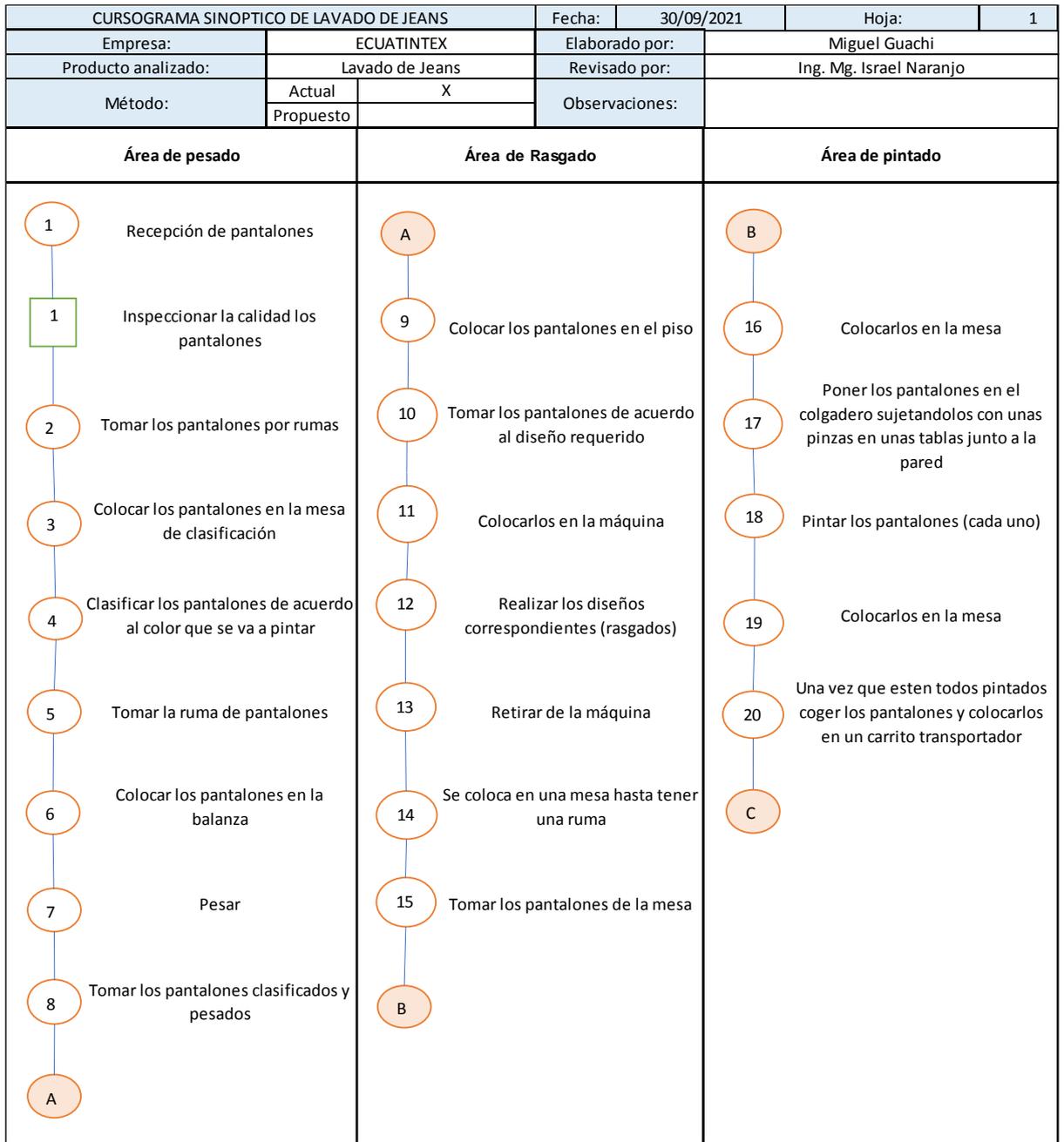


Figura 24. Cursograma sinóptico del proceso.

CURSOGRAMA SINOPTICO DE LAVADO DE JEANS		Fecha:	30/09/2021	Hoja:	2
Empresa:	ECUATINTEX		Elaborado por:	Miguel Guachi	
Producto analizado:	Lavado de Jeans		Revisado por:	Ing. Mg. Israel Naranjo	
Método:	Actual	X	Observaciones:		
	Propuesto				
Área de lavado			Área de secado		Área de clasificado
<p>C</p> <p>21 Cogér los pantalones</p> <p>22 Colocarlos en la lavadora</p> <p>23 Sacar los pantalones de lavadora</p> <p>24 Colocarlos en el carrito transportador.</p> <p>25 Cogér los pantalones</p> <p>26 Colocarlos en la centrífuga</p> <p>27 Sacar los pantalones de la centrífuga y colocarlos en el carrito transportador.</p> <p>D</p>			<p>D</p> <p>28 Cogér los pantalones</p> <p>29 Colocarlos dentro de la secadora</p> <p>30 Tomar los pantalones de la secadora (3 veces)</p> <p>31 Tomar la ruma de pantalones</p> <p>E</p>		<p>E</p> <p>32 Colocarlos en la mesa</p> <p>2 Inspeccionar el resultado final y la calidad del producto</p> <p>33 Clasificar los pantalones de acuerdo a las etiquetas correspondientes</p> <p>34 Tomar los pantalones clasificados de la mesa</p>

Figura 24. Cursograma sinóptico del proceso. Continuación.

Tabla 14. Cursograma analítico actual de material del proceso de lavado de jeans.

CURSOGRAMA ANALÍTICO		Fecha	30/09/2021	Hoja	1				
Empresa:	ECUATINTEX	Resumen							
Producto analizado:	Lavado de Jeans	Actividad		Actual	Propuesto				
Área:	Todas	Operación:	○	34					
Actividad:	Lavado de Jeans	Inspección:	□	2					
Operario (s):	23	Transporte:	⇨	12					
Método:	Actual	Espera:	D	3					
	Propuesto	Almacenamiento:	▽	2					
Elaborado por:	Miguel Guachi	Total:		53					
Revisado por:	Ing. Mg. Israel Naranjo	Distancia (m):		126,694					
Observaciones:		Tiempo (min)		220,43					
Descripción	Cantidad	Distancia (m):	Tiempo (min)	Símbolos de diagrama					
				○	⇨	□	D	▽	
Recepción de pantalones			3,12	●					
Inspeccionar la calidad los pantalones			15,58						●
Trasladarlos al lugar de almacenamiento		4,00	0,24						●
Almacenarlos en rumas			0,02						●
Tomar los pantalones por rumas			0,15	●					
Llevarlos hasta el lugar de clasificación		6,81	0,25						●
Colocar los pantalones en la mesa de clasificación			0,05	●					
Clasificar los pantalones de acuerdo al color que se va a pintar			34,07	●					
Tomar la ruma de pantalones			0,13	●					
Trasladarlos hacia la balanza donde se pesan los mismos		9,00	0,33						●
Colocar los pantalones en la balanza			0,19	●					
Pesar			2,28	●					
Tomar los pantalones clasificados y pesados			0,12	●					
Trasladarlos al departamento de manualidades		31,83	0,57						●
Colocar los pantalones en el piso			0,06	●					
Tomar los pantalones de acuerdo al diseño			1,35	●					
Llevarlos hacia la mesa de manualidades		4,18	0,13						●

Continuación: Tabla 14. Cursograma analítico actual de material del proceso de lavado de jeans.

CURSOGRAMA ANALÍTICO		Fecha	30/09/2021	Hoja	2			
Descripción	Cantidad	Distancia (m):	Tiempo (min)	Símbolos de diagrama				
				○	⇨	□	D	▽
Colocarlos en la máquina			1,27	●				
Realizar los diseños correspondientes (rasgados)			30,52	●				
Retirar de la máquina			0,24	●				
Se coloca en una mesa hasta tener una ruma			0,24	●				
Tomar los pantalones de la mesa			0,10	●				
Trasladarlos al Área de san Blas		16,572	0,35	●	⇨			
Colocarlos en la mesa			0,04	●				
Poner los pantalones en el colgadero sujetándolos con unas pinzas en unas tablas junto a la pared			1,27	●				
Pintar los pantalones (cada uno)			7,26	●				
Colocarlos en la mesa			0,07	●				
Una vez que estén todos pintados coger los pantalones y colocarlos en un carrito transportador			0,19	●				
Trasladarlos a una de las lavadoras		22,67	0,38	●	⇨			
Coger los pantalones			1,24	●				
Colocarlos en la lavadora			1,30	●				
Esperar a que se laven y enjuaguen			45,02	●				
Sacar los pantalones de lavadora			0,54	●				
Colocarlos en el carrito transportador			0,26	●				
Trasladarlos hacia la centrífuga		1,34	0,23	●	⇨			
Coger los pantalones			0,33	●				
Colocarlos en la centrífuga			1,13	●				
Esperar mientras los mismos se sequen por un momento			10,36	●				
Sacar los pantalones de la centrífuga y colocarlos en el carrito transportador			1,06	●				
Llevarlos hacia las secadoras		18,76	0,43	●	⇨			
Coger los pantalones			0,38	●				
Colocarlos dentro de la secadora			1,30	●				
Esperar a que los pantalones estén listos			48,00	●				

Continuación: Tabla 14. Cursograma analítico actual de material del proceso de lavado de jeans.

CURSOGRAMA ANALÍTICO		Fecha	30/09/2021	Hoja	3				
Descripción	Cantidad	Distancia (m):	Tiempo (min)	Símbolos de diagrama					
				○	→	□	D	▽	
Tomar los pantalones de la secadora (3 veces)			0,58	●					
Llevarlos a una mesa (3 viajes)		2,82	0,40		●				
Tomar la ruma de pantalones			0,16	●					
Transportarlos hacia la mesa de clasificación		3,22	0,12		●				
Colocarlos en la mesa			0,02	●					
Inspeccionar el resultado final y la calidad del producto			2,59				●		
Clasificar los pantalones de acuerdo a las etiquetas correspondientes			3,55	●					
Tomar los pantalones clasificados de la mesa			0,17	●					
Llevarlos a la bodega de almacenamiento de producto terminado		5,49	0,16		●				
Almacenarlos en rumas grandes			0,54					●	
Distancia recorrida (m)		126,69		34	12	2	3	2	
Tiempo del proceso (min)			220,43						

En base al cursograma analítico se conoce la secuencia de actividades del proceso de lavado de jeans, donde consta la distancia recorrida y el tiempo que los operarios tardan en completar cada una de las actividades. Los resultados del cursograma analítico del proceso se resumen en la tabla 15 donde se indica los resultados primordiales.

Tabla 15. Resumen cursograma analítico actual.

ACTIVIDAD		NUMERO	DISTANCIA (m)	TIEMPO (min)
Operación	●	34		94,73
Transporte	→	12	126,69	3,59
Inspección	■	2		18,17
Demora	D	3		103,38
Almacenaje	▽	2		0,5
TOTAL		53	126,69	220,43

Resultado:

En el método actual de producción se han identificado 34 actividades repartidas en todo el sistema productivo, contabilizando 12 transportes, 2 inspecciones, 3 demoras o esperas que debe hacer el producto. Consta de un tiempo de procesamiento de 220,43 minutos y un recorrido de 126,69 metros entre las áreas.

En base a la tabla 15 se determina que el servicio tiene un exceso de transportes, además el tiempo implementado en operaciones que generan valor al servicio es menor al que representa las demoras en el proceso productivo.

3.1.10 Estudio de tiempos

En el proceso productivo se aplicó el método de cronometraje denominado vuelta a cero, donde para cada una de las muestras se la toma reiniciando a cero, de igual manera se consideró el criterio General Electric Company para establecer el número de veces que se debe realizar el cronometraje.

Número de observaciones

Se aplicó el criterio de General Electric Company que se aprecia en la tabla 16, para el muestreo de trabajo, donde es fundamental una observación previa para determinar el tiempo de cada una de las actividades y el tiempo de ciclo.

Tabla 16. General Electric Company para número de observaciones.

Tiempo de ciclo (min)	Observaciones a efectuar
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
4,00 a 5,00	15
5,00 a 10,00	10
10,00 a 20,00	8
20,00 a 40,00	5
más de 40,00	3

El número de observaciones a realizar se muestra a en la tabla 17 donde se realizó por medio del análisis a cada una de las operaciones.

Tabla 17. Cálculo el número de observaciones empresa "Ecuatintex".

Área	Operación	Tiempo(min)	# Observaciones
Pesado	Recepción	19,35	8
	Clasificación	34,52	5
	Pesado	3,06	15
Rasgado	Realización de diseños	34,26	5
Pintado	Pintado	9, 21	10
Lavado	Lavado	48,34	3
	Pre secado	13,54	8
Secado	Secado	50,66	3
Clasificado	Clasificado de pantalones	7,30	10

Descripción y codificación de las actividades o elementos

Cada una de las actividades mencionadas en la tabla 17, cuenta con subactividades que se deben codificar para identificarlas de una mejor manera. Estas codificaciones se han representado en la tabla 18 con dependencia de cada una de las áreas donde se desarrollan.

3.1.11 Valoración del ritmo de trabajo

La valoración del ritmo de trabajo es considerada como un método que depende mucho del análisis y el criterio de la persona que analiza los procesos.

Suplementos

Para el cálculo de suplementos se considera de gran importancia el criterio de la persona que analiza el proceso, que se encuentra en la tabla Organización Internacional de Trabajo (OIT) como se visualiza en el anexo 3.

Tabla 18. Codificación de los elementos del área de pesado.

Área de pesado	
Recepción	Código
Recepción de pantalones	PR1
Inspeccionar la calidad los pantalones	PR2
Trasladarlos al lugar de almacenamiento	PR3
Almacenarlos en rumas	PR4
Tomar los pantalones por rumas	PR5
Llevarlos hasta el lugar de clasificación	PR6
Clasificado	Código
Colocar los pantalones en la mesa de clasificación	PC1
Clasificar los pantalones de acuerdo al color que se va a pintar	PC2
Tomar la ruma de pantalones	PC3
Trasladarlos hacia la balanza donde se pesan los mismos	PC4
Pesado	Código
Colocar los pantalones en la balanza	PP1
Pesar	PP2
Tomar los pantalones clasificados y pesados	PP3
Trasladarlos al departamento de manualidades	PP4

Tabla 19. Codificación de los elementos del área de rasgado.

Área de rasgado	
Realización de diseño	Código
Colocar los pantalones en el piso	RD1
Tomar los pantalones de acuerdo al diseño requerido	RD2
Llevarlos hacia la mesa de manualidades	RD3
Colocarlos en la máquina	RD4
Realizar los diseños correspondientes (rasgados)	RD5
Retirar de la máquina	RD6
Se coloca en una mesa hasta tener una ruma	RD7
Tomar los pantalones de la mesa	RD8
Trasladarlos al Área de san Blas	RD9

Tabla 20. Codificación de los elementos del área de pintado.

Área de pintado	
Pintado	Código
Colocarlos en la mesa	PI1
Poner los pantalones en el colgador sujetándolos con unas pinzas en unas tablas junto a la pared	PI2
Pintar los pantalones (cada uno)	PI3
Colocarlos en la mesa	PI4
Una vez que estén todos pintados coger los pantalones y colocarlos en un carrito transportador	PI5
Trasladarlos a una de las lavadoras	PI6

Tabla 21. Codificación de los elementos del área de lavado.

Área de lavado	
Lavado	Código
Coger los pantalones	LL1
Colocarlos en la lavadora	LL2
Esperar a que se laven y enjuaguen	LL3
Sacar los pantalones de lavadora	LL4
Colocarlos en el carrito transportador	LL5
Trasladarlos hacia la centrífuga	LL6
Pro secado	Código
Coger los pantalones	LP1
Colocarlos en la centrífuga	LP1
Esperar mientras los mismos se sequen por un momento	LP3
Sacar los pantalones de la centrífuga y colocarlos en el carrito transportador	LP4
Llevarlos hacia las secadoras	LP5

Tabla 22. Codificación de los elementos del área de secado.

Área de secado	
Secado	Código
Coger los pantalones	SS1
Colocarlos dentro de la secadora	SS2
Esperar a que los pantalones estén listos	SS3
Tomar los pantalones de la secadora (3 veces)	SS4
Llevarlos a una mesa (3 viajes)	SS5
Tomar la ruma de pantalones	SS6
Transportarlos hacia la mesa de clasificación	SS7

3.1.12 Cálculo de tiempo estándar

Para el cálculo de tiempo estándar es necesario el cálculo del tiempo normal, la asignación de valores de suplementos con relación a las condiciones del medio donde el trabajador desempeña su actividad y sus condiciones físicas, además de su cálculo total como se aprecia en la tabla 23, para ello se usa la ecuación para el tiempo estándar (3) indicada en la tabla 24 para cada uno de sus elementos.

Tabla 23. Cálculo de suplementos para el área de pesado.

Cálculo de Suplementos			
Área		Pesado	
Operación		Recepción-Clasificado-Pesado	
Investigador		Miguel Guachi	
Suplementos		Operario	
		M	F
Constantes	Por necesidades personales	5	
	Base por fatiga	4	
Variables	Por trabajar de pie	2	
	Por postura anormal	0	
	Uso de fuerza o energía muscular	3	
	Mala Iluminación	0	
	Condiciones atmosféricas	0	
	Concentración intensa	0	
	Ruido	0	
	Tensión mental	1	
	Monotonía	0	
Tedio	0		
% Total		15	
s		0,15	

Tabla 24. Cálculo de tiempo estándar, operación de recepción.

Estudio de tiempos																Fecha	09/10/2021								
Área	Pesado															Estudio			2						
Operación	Pesado															Operario			Hombre						
Tiempo	Min															Hora inicio			12:00						
Investigador	Miguel Guachi															Hora final			13:00						
Elemento	Número de ciclos (min)															Resumen									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TT	TP	Vd	TN	s	Ts				
PP1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	2,62	0,17	1,00	0,17	0,15	0,20				
PP2	2,3	2,2	2,4	2,2	2,4	2,1	2,3	2,4	2,3	2,3	2,2	2,1	2,3	2,1	2,3	34,13	2,28	1,00	2,28	0,15	2,63				
PP3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	2,13	0,14	1,00	0,14	0,15	0,16				
PP4	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,6	8,25	0,55	1,00	0,55	0,15	0,63				
Total (min)																							3,61		
TT: tiempo total TP: Tiempo promedio Vd: Valoración de desempeño TN: Tiempo normal s: Suplementos Ts: Tiempo estándar																									

Nota: Las tablas de suplementos y cálculos de tiempo estándar por áreas se encuentran desarrollados en el anexo 4.

Resumen del tiempo estándar actual

Una vez analizado el sistema de producción podemos determinar los tiempos que los trabajadores y las maquinarias se demoran en realizar cada una de las operaciones. En la tabla 25 se muestra el resumen del tiempo estándar.

Tabla 25. Cuadro de resumen del tiempo estándar (Ts) total de cada operación.

Área	Operación	Ts/lote (min)	Ts/unidad (min)
Presado	Recepción	22,30	0,28
	Clasificación	40,10	0,50
	Pesado	3,61	0,05
Rasgado	Realización de diseños	39,30	0,49
Pintado	Pintado	10,70	0,13
Lavado	Lavado	57,14	0,71
	Pre secado	15,90	0,20
Secado	Secado	60,08	0,75
Clasificado	Clasificado de pantalones	8,11	0,10
TOTAL		257,24	3,22

La tabla 25 de resumen del tiempo estándar, sirve para realizar un gráfico estadístico indicado en la figura 25 donde se establecen las operaciones.

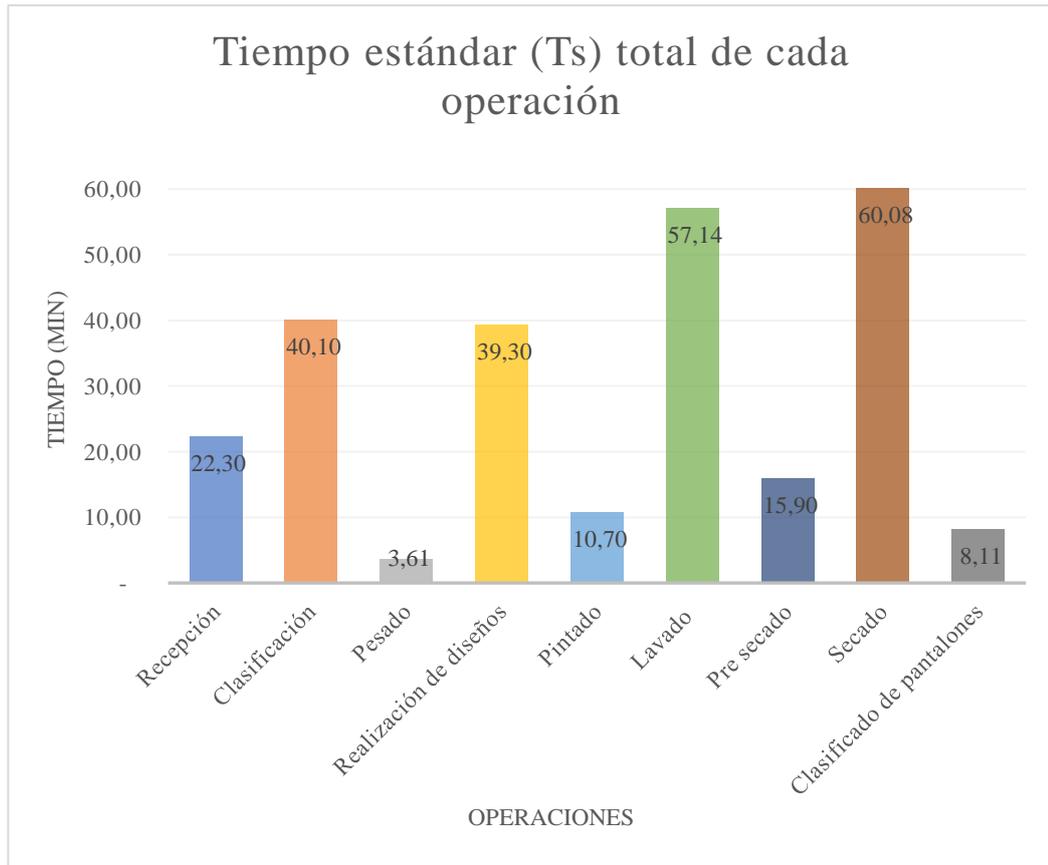


Figura 25. Gráfica de tiempo estándar.

Interpretación de la gráfica del tiempo estándar

En la gráfica hay dos procesos que se pueden considerar como cuello de botella, el proceso de lavado y secado, pero la restricción (cuello de botella) es el secado con un tiempo de 60,08 min de operación.

3.1.13 Capacidad de producción

La capacidad de producción actual de la empresa “Ecuatintex” se la realiza por lotes de producción, donde al término de todas las operaciones podemos obtener 80 unidades procesadas por lote de producción.

La empresa “Ecuatintex” labora de 8:00 a 17:00, pero hay ocasiones donde es necesario trabajar más tiempo por tanto los trabajadores llegan a tener turnos de 8:00 a 22:00, en una jornada normal se tiene una hora para el almuerzo, por tanto, se tiene que la jornada más habitual es de 8 horas al día.

Jornada laboral

$$Jornada\ laboral = 8\ h * \frac{60\ min}{1h}$$

$$Jornada\ laboral = 480\ min$$

3.1.14 Cuello de botella

Mediante el estudio de tiempos y el cálculo de la capacidad de producción de cada una de las operaciones se determinó el proceso cuello de botella de la empresa “Ecuatintex”, dicho proceso es el secado, debido a que tiene un mayor tiempo de procesamiento.

Resumen de la capacidad de producción actual de la empresa “Ecuatintex”

En la tabla 26 se reflejan los datos actuales de la empresa, tanto el tiempo estándar de cada una de las operaciones, la comparación con relación al cuello de botella, el mismo que restringe a una capacidad de 8 lotes al día

Tabla 26. Capacidad de producción estándar y real. Situación actual.

Área	Operación	Ts/lote (min)	Cps (lotes)	Cpr (lotes)	Tc Real (min)	Tc (min)	Tm (min)
Presado	Recepción	22,30	22	8	60,08	22,30	37,78
	Clasificación	40,10	12	8	60,08	40,10	19,98
	Pesado	3,61	133	8	60,08	3,61	56,47
Rasgado	Realización de diseños	39,30	12	8	60,08	39,30	20,78
Pintado	Pintado	10,70	45	8	60,08	10,70	49,38
Lavado	Lavado	57,14	8	8	60,08	57,14	2,94
	Pre secado	15,90	30	8	60,08	15,90	44,18
Secado	Secado	60,08	8	8	60,08	60,08	-
Clasificado	Clasificado de pantalones	8,11	59	8	60,08	8,11	51,97

Ts: Tiempo estándar, Cps: Capacidad de producción estándar, Cpr: Capacidad de producción real, Tc: Tiempo de ciclo, Tm: Tiempo muerto o inactivo

3.1.15 Método de calificación de factores para la selección del tipo de distribución

Para evaluar cada una de las alternativas de distribución se va a realizar un análisis con el método de factores ponderados, en base a criterios que una distribución de planta debe cumplir.

Desarrollo de lista de factores más relevantes

Para el análisis mediante el método de factores ponderados, es necesario la identificación de los factores más relevantes, que influyen a cada una de las distribuciones, a continuación, se describen los factores considerados.

➤ Volumen de producción

Uno de los criterios principales es la producción, pues las empresas buscan la manera de mejorarla. En este caso nos vamos a relacionar más con el tipo de volumen de producción que se realiza en cada una de las distribuciones.

Tabla 27. Criterios de distribución con relación al producto [33].

CRITERIO PRODUCTO	TIPO DE DISTRIBUCIÓN			
	Por producto	Por proceso	Por posición fija	Por grupo
Cantidad de producción	La producción es estandarizada y no se puede cambiar fácilmente la producción de otro tipo de producto.	La producción es diversificada, lo que permite que se pueda modificar la producción con otros productos.	La producción es bajo pedido, esto se debe a que la producción es compleja.	Es una producción que puede ser estandarizada y diversificada a la vez.
Volumen de producción	Se genera alto volumen de producción.	Los volúmenes de producción son más variables.	En volumen de producción es bajo.	Los volúmenes de producción son variables.

➤ **Flujo de trabajo**

Influye mucho en los tipos de distribución, busca determinar la secuencia de operaciones. En este criterio se analiza la distribución de las máquinas en cada una de las áreas, porque su distribución va a afectar directamente al flujo de trabajo.

Tabla 28. Criterios de distribución con relación al flujo de trabajo [33].

CRITERIO FLUJO DE TRABAJO	TIPO DE DISTRIBUCIÓN			
	Por producto	Por proceso	Por posición fija	Por grupo
Línea de producción	La línea de producción debe ser continua y todas las máquinas deben tener una secuencia.	La línea de producción puede tener un flujo variable donde no es necesario la secuencia de las máquinas.	El flujo es mínimo debido a que el producto no se desplaza.	La línea de producción debe ser de continua manteniendo una secuencia.
Secuencia	La secuencia debe ser la misma en todos los casos.	La secuencia puede ser variable.	No existe una secuencia.	La secuencia debe tener un flujo estándar.

➤ **Mano de obra**

En este criterio se evalúa el grado de preparación que debe tener una persona para realizar las operaciones, también se puede realizar el análisis del ritmo de trabajo que deben tener cada uno de los trabajadores.

Tabla 29. Criterios de distribución con relación a la mano de obra [33].

CRITERIO MANO DE OBRA	TIPO DE DISTRIBUCIÓN			
	Por producto	Por proceso	Por posición fija	Por grupo
Preparación	Es necesario que los trabajadores sean especializados.	Deben tener conocimientos básicos o preparación calificada.	Debe tener conocimiento calificado.	Deben tener una capacitación calificada.
Ritmo de trabajo	El ritmo de trabajo es constante.	El ritmo de trabajo es aceptable.	Existe alta flexibilidad.	Existe flexibilidad.

➤ **Manejo de materiales**

El manejo de materiales indica la cantidad de materia prima que ingresa a cada una de las operaciones, dentro del manejo de material se puede determinar la cantidad adecuada que se va a usar para tener una capacidad de producción establecida.

Tabla 30. Criterios de distribución con relación al manejo de materiales [33].

CRITERIO MANEJO DE MATERIALES	TIPO DE DISTRIBUCIÓN			
	Por producto	Por proceso	Por posición fija	Por grupo
Manejo de material	Se puede determinar la cantidad de materiales que se necesita para la producción.	El manejo de materiales es variable, en el tiempo de manejo de materiales se tiene esperas.	El manejo de material es escaso.	Tiene un manejo de materiales previsible.

➤ **Inventarios**

Dentro de los inventarios, se puede considerar el producto terminado y cada una de las partes adicionales fabricadas.

Tabla 31. Criterios de distribución con relación a los inventarios [33].

CRITERIO INVENTARIOS	TIPO DE DISTRIBUCIÓN			
	Por producto	Por proceso	Por posición fija	Por grupo
Cantidad de inventarios	Se tiene una gran cantidad de material terminado debido a que es alta la producción.	Se tiene altos inventarios en producción, se queda en algún tipo de proceso.	Los inventarios son muy escasos.	Tiene inventarios en producción.

➤ **Uso de espacio**

El uso del espacio va a depender de cada uno de los tipos de distribución, por la ubicación de las máquinas que se están usando en el proceso productivo.

Tabla 32. Criterios de distribución con relación al uso de espacio [33].

CRITERIO USO DE ESPACIO	TIPO DE DISTRIBUCIÓN			
	Por producto	Por proceso	Por posición fija	Por grupo
Uso de espacio	El espacio existente va ser correctamente utilizado.	El espacio es ineficiente, producida por una mala organización de máquinas.	Va depender mucho del producto.	Uso de espacio de manera eficiente.

➤ **Capital**

En el capital el monto que la empresa requiere para poder establecer las nuevas áreas de trabajo, debido al cambio en las instalaciones para cumplir las condiciones de cada una de las distribuciones.

Tabla 33. Criterios de distribución con relación al capital [33].

CRITERIO CAPITAL	TIPO DE DISTRIBUCIÓN			
	Por producto	Por proceso	Por posición fija	Por grupo
Inversión inicial	La inversión inicial va ser alta, es necesario que las máquinas sean ordenas por una secuencia de operaciones.	La inversión es baja debido a que no es necesario agruparles por áreas.	No es necesario realizar una instalación en la planta.	Es una inversión alta se debe organizar las máquinas por células donde todas realicen trabajos similares.
Equipos	Son necesario equipos especializados.	Se usan equipos generales.	Los equipos como los procesos son generales.	Se usan equipos generales.

➤ **Costo de producto**

Dentro de los costos es necesario establecer los costos fijos que se tiene en cada una de los tipos de distribución y los costos directos (exclusivamente con la fabricación de producto) para poder determinar qué tipo de distribución que ofrece mejores beneficios a la empresa.

Tabla 34. Criterios de distribución con relación al costo de producto [33].

CRITERIO COSTO DE PRODUCTO	TIPO DE DISTRIBUCIÓN			
	Por producto	Por proceso	Por posición fija	Por grupo
Costos fijos	Los costos fijos son altos.	Los costos fijos son bajos.	Costos fijos bajos.	Los costos fijos son altos.
Costos directos	Costos directos bajos.	Costos directos altos.	Costos directos altos.	Costos directos bajos.

Asignación de peso a cada factor que refleje su importancia relativa

Una vez que se determinaron los criterios se procede a dar la importancia que corresponde a cada uno de los factores, basándose en las comparaciones entre las distribuciones, donde se asignará un valor numérico entre 0 (menos importante) a 1 (más importante) [33].

Tabla 35. Ponderación de los criterios.

CRITERIO	PONDERACIÓN	OBSERVACIONES
Volumen de producción	0,8	Se asignó este valor debido a que cada una de las distribuciones se busca aumentar la producción.
Flujo de trabajo	0,6	Este valor es porque el flujo de trabajo influye de manera directa a la producción.
Mano de obra	0,4	Es un factor muy variable, se puede buscar personal que cumpla con cada una de las características que establecen las mismas.
Manejo de materiales	0,4	En el caso de la empresa se tiene un volumen de materia prima ya establecido.
Inventarios	0,2	En la empresa este es uno de los criterios más bajos debido a que se trata de una producción bajo pedido por lo que no se generan inventarios.
Uso de espacio	0,3	En la situación actual es ineficiente el uso del espacio.
Capital	0,5	El capital es fundamental para la realización de adecuaciones.
Costo de producto	0,2	Los costos de producción no son variables en cada una de las líneas de producción

Fijación de una escala a cada factor.

Se establece una codificación que represente a cada una de las distribuciones como se detalla en la tabla 36.

Tabla 36. Codificación de los tipos de distribución.

TIPO DE DISTRIBUCIÓN	CODIGO
Por producto	A
Por proceso	B
Por posición fija	C
Por grupo	D

A continuación, se determina una calificación a cada una de las alternativas, mediante los criterios de cada una de las distribuciones. El rango de calificación va desde una puntuación de 1 (menos importante) a 3 (más importante). Dichas calificaciones han sido realizadas en conjunto con el tutor del trabajo de titulación.

Tabla 37. Puntuación a tipo de distribución.

CRITERIO	ALTERNATIVAS			
	A	B	C	D
Volumen de producción	2	3	1	2
Flujo de trabajo	3	3	1	1
Mano de obra	2	3	3	2
Manejo de materiales	3	2	1	3
Inventarios	2	2	3	2
Uso de espacio	3	3	1	3
Capital	1	3	3	1
Costo de producto	2	3	3	2

Obtención de cada una de las puntuaciones de las alternativas

En la tabla 38 se detalla las ponderaciones dadas a los criterios y la calificación dada a cada una de las alternativas, en la tabla 39 se identifica la puntuación total de las alternativas de distribución.

Tabla 38. Ponderación a cada tipo de distribución.

CRITERIO	PONDERACIÓN	ALTERNATIVAS			
		A	B	C	D
Volumen de producción	0,8	2	3	1	2
Flujo de trabajo	0,6	3	3	1	1
Mano de obra	0,4	2	3	3	2
Manejo de materiales	0,4	3	2	1	3
Inventarios	0,2	2	2	3	2
Uso de espacio	0,3	3	3	1	3
Capital	0,5	1	3	3	1
Costo de producto	0,2	2	3	3	2

Para obtener las puntuaciones correspondientes a cada una de las alternativas tendremos que usar la formula indicada a continuación:

$$S_j = \sum_{i=1}^m W_i * F_{ij}$$

Tabla 39. Puntuación total de cada tipo de distribución.

CRITERIO	PONDERACIÓN	ALTERNATIVAS			
		A	B	C	D
Volumen de producción	0,8	2	3	1	2
Flujo de trabajo	0,6	3	3	1	1
Mano de obra	0,4	2	3	3	2
Manejo de materiales	0,4	3	2	1	3
Inventarios	0,2	2	2	3	2
Uso de espacio	0,3	3	3	1	3
Capital	0,5	1	3	3	1
Costo de producto	0,2	2	3	3	2
PUNTUACIÓN TOTAL		7,6	9,6	6	6,4

En la tabla 39 se muestra el resumen de la aplicación del método de factores ponderados en la empresa “Ecuatintex”, mostrando que las alternativas B, A son las distribuciones que más beneficios traerían a la empresa mejorando el sistema productivo. Pero a pesar que las dos alternativas podrían brindar una mejora en la productividad, se escoge la alternativa B como explica el método de factores ponderados. El resultado

del método aplicado nos determina que la mejor opción es la distribución “Por proceso”.

3.1.16 Dimensionamiento de áreas mediante el método de Guerchet

Para la aplicación del método es necesario conocer las dimensiones de las áreas, además de especificaciones técnicas de las máquinas (alto, largo y fondo), además es necesaria la aplicación del dato de altura de los operarios.

Tabla 40. Características técnicas de las máquinas.

Máquina	Cantidad	Capacidad (kg)	Anchura (m)	Alto (m)	Profundidad (m)
Balanza	1	150	0,35	0,64	0,45
Lavadora	4	35	1,74	1,69	1,25
	2	45	1,74	1,69	1,25
	1	75	2,3	1,64	1,39
Secadoras	4	50	1,8	2,6	1,6
Hidroextractora	1	120	2,12	1,23	1,53
Maniqués TMM	6		0,69	1	1,89

Descripción de maquinarias en las áreas de trabajo

En el área de pesado se encuentra la balanza como la única máquina para la realización de la operación de pesaje. Para el lavado se cuenta en la actualidad con 7 lavadoras que poseen diferente capacidad se identifica en la tabla 36. Dentro de la misma área podemos encontrar la máquina de centrifugado o también denominada hidroextractora para el pre secado. El área de secado se cuenta con 4 máquinas usadas para la operación de secado final en cada uno de los servicios que ofrece la empresa, por último, en el área de rasgado existen 6 maniqués. Las especificaciones técnicas de todas estas máquinas con base a su marca y modelo se muestran en el anexo 5.

Aplicación de método de Guerchet para el área de pesado

Superficie estática (Ss)

Para la superficie estática tenemos los datos de la tabla 40, donde se especifica las medidas que posee la balanza usada en el proceso de pesado.

$$S_S = Largo_{máquina} * Ancho_{máquina}$$

$$S_S = 0,35 \text{ m} * 0,25 \text{ m}$$

$$S_S = 0,088 \text{ m}^2$$

Superficie de gravitación

La superficie de gravitación de la balanza, corresponde a la superficie alrededor de la máquina que necesita el operario para realizar el pesaje de los bultos de la materia prima.

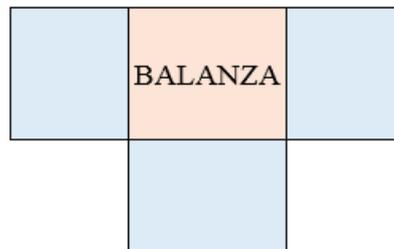


Figura 26. Caras de operación de la balanza.

El número de caras por las que se puede operar la máquina se observa en la figura 28 se denomina como N que corresponde a 3, pues la actividad de pesaje se puede realizar desde las tres caras de la balanza.

$$S_g = S_S * N$$

$$S_g = 0,088 \text{ m}^2 * 3$$

$$S_g = 0,2625 \text{ m}^2$$

Superficie de evolución

Para la aplicación de la fórmula de la superficie de evolución es necesario determinar el coeficiente K mediante la altura de los operarios y la cota media de las máquinas.

La altura promedio de los operarios corresponde a 1,63m. Se cuenta con una balanza y su altura correspondiente a la cota de 0,35 m como se indica en la tabla 36 donde se

indica las características físicas de las máquinas, con esta información procedemos a calcular el valor del coeficiente K.

$$K = \frac{APO}{2 * CME}$$

$$K = \frac{1,63 \text{ m}}{2 * 0,35 \text{ m}}$$

$$K = 2,2857 \approx 2,286$$

Una vez realizado los cálculos se puede determinar un valor de $K = 2,286$ mismo que se encuentra dentro de los rangos establecidos los cuales pueden ubicarse en un intervalo de [0,05 y 3].

$$S_e = (S_s + S_g) * K$$

$$S_e = (0,088 \text{ m}^2 + 0,2625 \text{ m}^2) * 2,286$$

$$S_e = 0,801 \text{ m}^2$$

Para la superficie total que se necesita para operar la balanza teniendo en cuenta el método de Guerchet, se realiza la sumatoria de cada una de las superficies anteriores como se muestra a continuación, mientras que el resumen del cálculo para todas las áreas productivas en la tabla 37.

$$S_T = S_s + S_g + S_e$$

$$S_T = 0,088 \text{ m}^2 + 0,2625 \text{ m}^2 + 0,801 \text{ m}^2$$

$$S_T = 1,152 \text{ m}^2$$

Tabla 41. Resumen de las superficies por cada área.

		Superficie estática (S _s)				Superficie de gravitación			Superficie de evolución							Superficie total				
		$S_s = Largo_{\text{área}} * Ancho_{\text{área}}$				$S_g = S_s * N$			$S_e = (S_s + S_g) * K$							$S_T = S_s + S_g + S_e$				
									APO			CME		K						
									$APO = \frac{\sum_{i=1}^m n}{m}$			$CME = \frac{\sum_{i=1}^m h}{m}$		$= \frac{APO}{2 * CME}$						
Área	Operación	Lado (m)	Ancho (m)	Número de máquinas	S _s (m ²)	S _s (m ²)	N	S _g (m ²)	$\sum n (m)$	# trabajadores	APO	$\sum h (m)$	CME	K	Se (m ²)	St (m ²)				
Pesado	Recepción y clasificado	5,12	3,54	1	18,12	18,12	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,29				
	Pesado	0,35	0,25	1	0,09	0,09	3,00	0,26	1,63	1	1,63	0,35	0,35	2,33	0,82					
Rasgado	Rasgado	0,69	1,89	6	7,82	7,82	3,00	23,47	9,63	6	1,61	6,00	1,00	0,80	25,12	56,42				
Pintado	Pintado	10,60	6,63	1	70,24	70,24	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	70,24				
Lavado	Máquina 35 kg	1,25	1,74	4	8,70	8,70	1,00	8,70	8,23	5	1,65	11,78	1,68	0,49	15,89	67,68				
	Máquina 45 kg	1,25	1,74	2	4,35	4,35	1,00	4,35												
	Máquina 75 kg	1,39	2,30	1	3,20	3,20	1,00	3,20												
	Pre secado	1,60	1,80	1	2,88	2,88	3,00	8,64	3,32	2	1,66	1,23	1,23	0,67	7,77					
Secado	Secado	1,80	1,60	4	11,52	11,52	1,00	11,52	1,66	1	1,66	10,40	2,60	0,32	7,36	30,40				
Clasificado	Clasificado	6,15	3,47	1	21,34	21,34	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,34				

Este método ayuda a calcular la cantidad de superficie (m^2) necesaria para que el operario pueda desplazarse por cada una de las máquinas.

En base a los métodos aplicados se determinó el tipo de distribución que se debe proponer para la empresa, mediante el método de Guerchet podemos identificar cada una de las superficies de las áreas son sobredimensionadas, por tanto, podremos organizar de mejor manera y buscar la reducción de las distancias.

Tabla 42. Comparación de superficies.

Área	Superficie total (maquinaria) m^2	Superficie física m^2	Sobredimensionada	
			Si	No
Pesado	19,29	27,29	X	
Rasgado	56,16	95,31	X	
Pintado	70,25	70,25	X	
Lavado	67,68	163	X	
Secado	30,40	95,34	X	
Clasificado	21,34	22,08	X	

3.1.17 Análisis SLP en las instalaciones

Áreas del proceso productivo

En la tabla 43 se describieron cada una de las áreas que influyen en el sistema productivo, asignando un código para la identificación a cada una de ellas y facilitar así el análisis.

Tabla 43: Áreas de la empresa.

Código	Área
1	Pesado
2	Rasgado
3	Pintado
4	Lavado
5	Secado
6	Clasificado
7	Oficina
8	Almacén
9	Sala de máquinas
10	Vestidores
11	Almacén de diésel
12	Áreas mecánicas

Razones para la clasificación

A continuación, en la tabla 44 se tomaron las siguientes razones, para identificar las secuencias entre áreas, de manera que nos permita realizar una mejor distribución.

Tabla 44. Razones para calificar.

Código	Razón
1	Por distancia
2	Por seguridad
3	Por conveniencia
4	Por higiene
5	Por secuencia
6	Por tiempo

Diagrama de relación

Con la aplicación del método y la importancia de la cercanía (tabla 45), se obtiene la tabla 45, la cual presenta todas las relaciones entre áreas y su importancia.

Tabla 45. Código de líneas por cercanía.

VALOR	CERCANÍA	Código de línea
A	Absolutamente necesaria	=====
E	Especialmente importante	=====
I	Importante	=====
O	Cercanía común y corriente OK	=====
U	Sin importancia	
X	No deseable	~~~~~

Tabla 46. Matriz de importancia de cercanía.

Áreas	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	A	I	O	U	U	U	U	U	U	U	U
	1,5,6	1,5,6	1,4,6	-	-	-	-	-	-	-	-
2		A	I	U	U	U	U	I	U	U	U
		1,5,6	1,5,6	-	-	-	-	1,3	-	-	-
3			A	U	U	U	U	I	I	U	U
			1,2,4,5,6	-	-	-	-	1,3	1,3	-	-
4				A	U	U	U	U	U	U	U
				1,2,4,5,6	-	-	-	-	-	-	-
5					A	U	U	I	U	U	U
					1,5,6	-	-	1,3	-	-	-
6						I	U	U	U	U	U
						3					
7							U	U	U	U	U
							-	-	-	-	-
8								U	U	U	U
								-	-	-	-
9									U	A	U
									-	1,3,5	-
10										U	U
										-	-
11											U
											-
12											

Tomando como base la tabla relacional del caso, tendremos los siguientes pares de proximidad:

Tabla 47. Pares de proximidad.

Letra	Pares de proximidad
A	(1,2), (2,3), (3,4), (4,5), (5,6), (9,11)
E	-
I	(1,3), (2,4), (2,9), (3,9), (3,10), (5,9), (6,7)
O	(1,4)
U	(1,5), (1,6), (1,7), (1,8), (1,9), (1,10), (1,11), (1,12), (1,13), (2,5), (2,6),(2,7), (2,8), (2,10), (2,11), (2,12), (2,13), (3,5), (3,6), (3,7), (3,9), (3,11), (3,12), (3,13), (4,6), (4,7), (4,8), (4,9), (4,10), (4,11), (4,12), (4,13), (5,7), (5,8), (5,10), (5,11), (5,12), (5,13), (6,8), (6,9), (6,10), (6,11), (6,12), (6,13), (7,8), (7,9), (7,10), (7,11), (7,12), (7,13), (8,9), (8,10), (8,11), (8,12), (8,13), (9,10), (9,12), (9, 13), (10,11), (10,12), (10,13), (11, 12), (11,13), (12,13)
X	-

Para el diagrama de relación se toma en cuenta las importancias entre áreas se aprecia en la tabla 46, donde se muestra la jerarquía que se tiene entre las áreas.

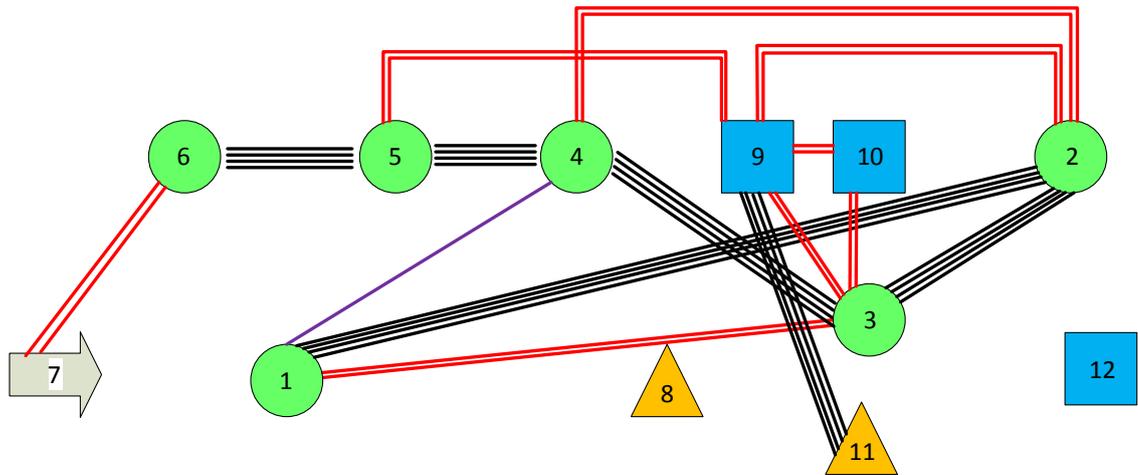


Figura 27. Distribución actual.

La distribución mostrada en la figura 27, es la distribución actual, donde las áreas con mayor importancia están separadas. También se cuenta con áreas que no se pueden cambiar de sitio como es el almacenaje de combustible, la sala de máquinas y la oficina esto se debe a que es el único lugar que cuenta con las características físicas para esta actividad. Para la representación de las áreas de cada una de las actividades. Se elige la unidad de superficie de $4m^2$, esto es, $2m * 2m$, de acuerdo a la tabla 48 que representa dichas áreas.

Tabla 48. Representación de áreas.

Símbolo	Área de trabajo	Actividades	Área m ²	N° de unidades de superficies equivalentes
	Pesado	Pesado	19,26	5
	Rasgado	Realización de diseños	56,16	14
	Pintado	Pintado	70,25	18
	Lavado	Lavado	67,8	17
	Secado	Secado	30,41	8
	Clasificado	Clasificado de pantalones	21,34	5
	Oficina		32,07	8
	Almacén		16,09	4
	Sala de máquinas		59,31	15
	Vestidores		25,83	6
	Almacén de diésel		15,03	4
	Áreas mecánicas		128,13	32

A continuación, en la figura 29, se representa cada una de las áreas productivas y sus superficies, existe dos áreas que no tienen relación en común, el almacenaje y el área mecánica, esta última es un depósito de chatarra. Por tanto, en la distribución propuesta se eliminarán estas áreas de manera que se organice todo por la importancia y las razones de la tabla 47. La disposición práctica se indica en la figura 30.

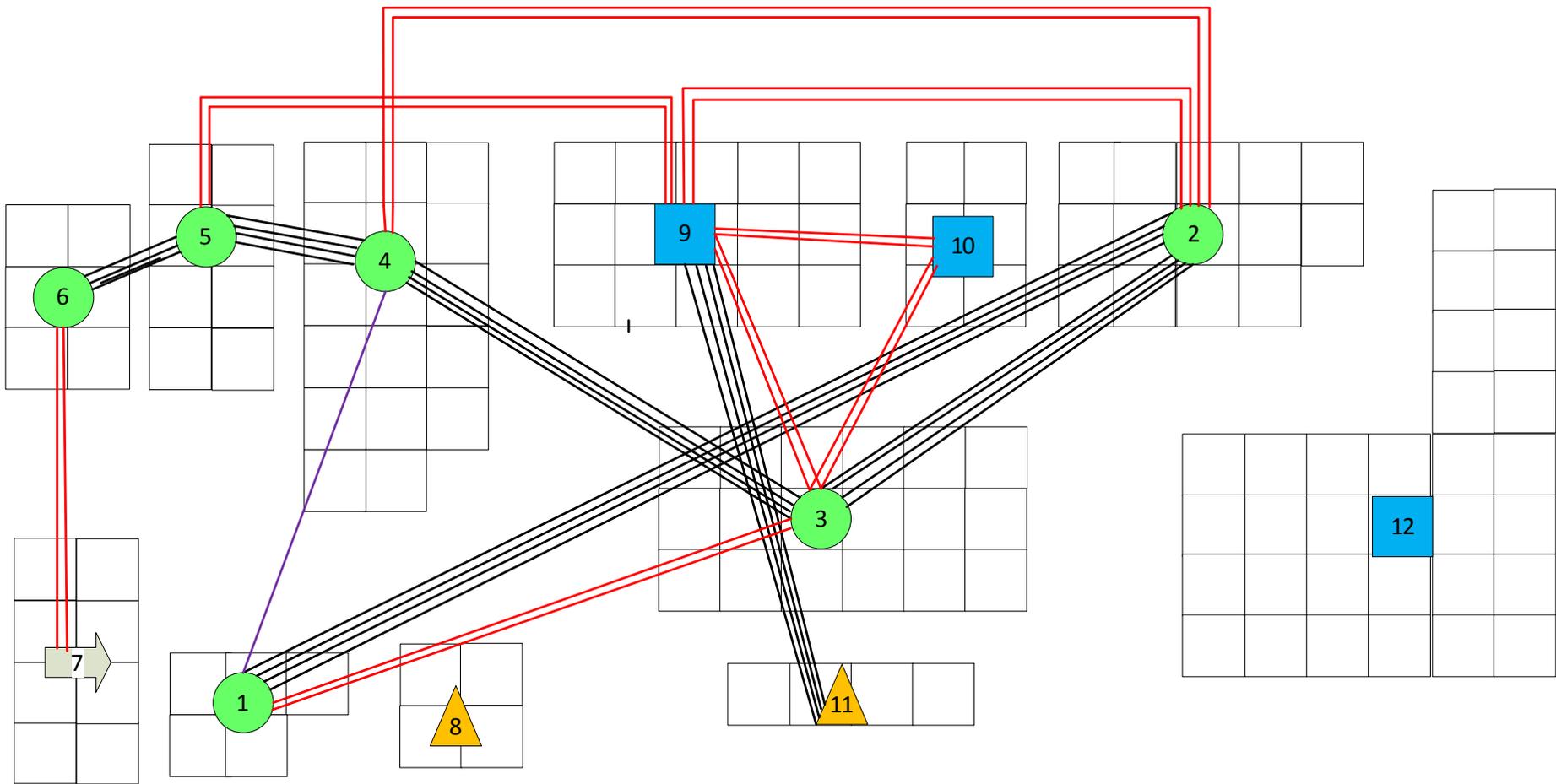


Figura 28. Distribución actual con líneas de codificación por cercanía.

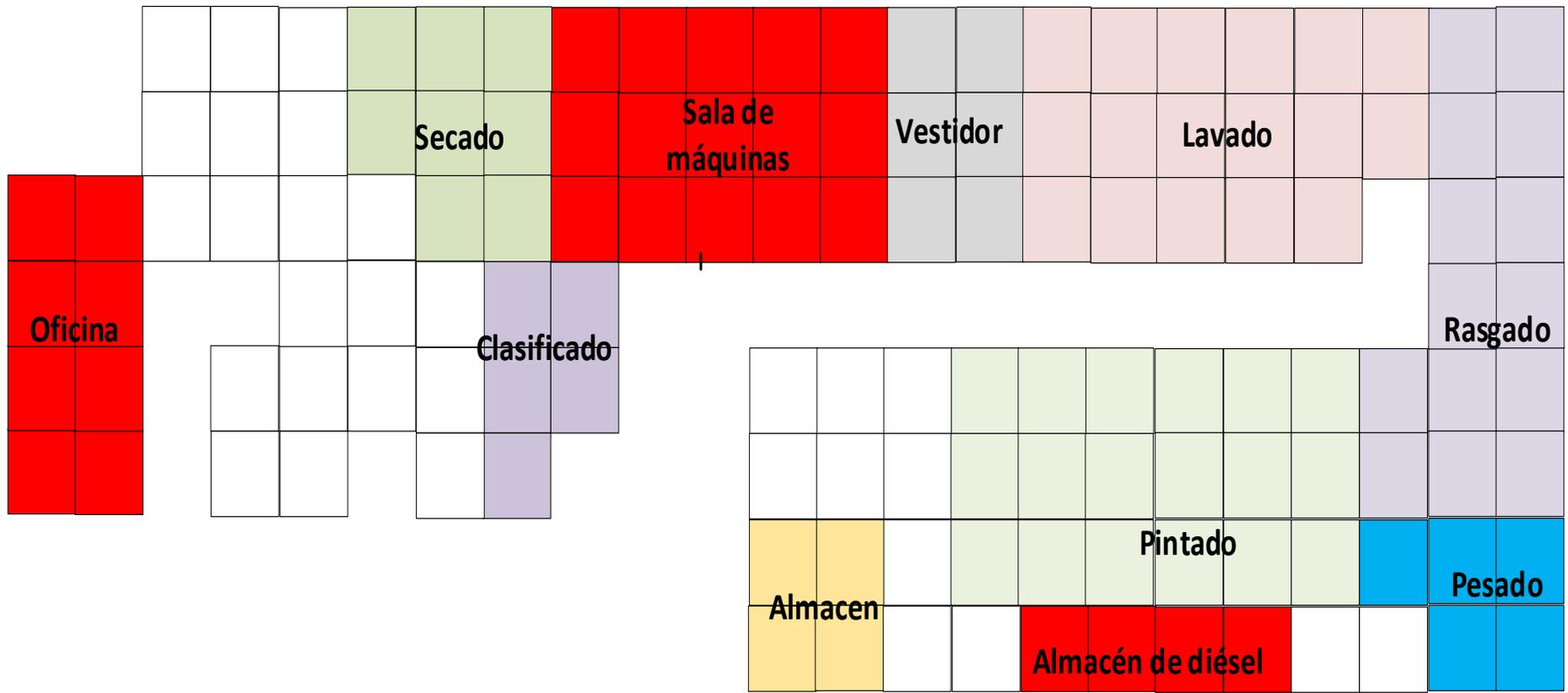


Figura 30. Distribución propuesta con indicación de cada área de producción.

Se visualiza en la figura 29 la distribución práctica de la planta, desarrollada en base a la aplicación del SLP, con ella se puede visualizar los cambios pertinentes con relación a los transportes.

3.1.18 Diagrama de recorrido propuesto

Mediante la nueva distribución de planta tenemos la variación de las áreas con sus respectivas máquinas, esta distribución se la realizó con el análisis de la superficie de cada una de las áreas, con la cercanía que debe tener cada una de ellas. Teniendo en cuenta que la empresa no desea realizar cambios en la estructura de la misma (demolición de paredes), habiendo tomado en cuenta los análisis anteriores se realizó la mejor distribución posible mostrada en la figura 31 y más detallada en el anexo 6.

3.1.19 Cursograma analítico propuesto

El cursograma analítico se detalla a continuación cada una de las actividades que se realiza en la producción de este servicio, como hay cambios en la distribución de las áreas habrá un cambio en las distancias de los recorridos además de los tiempos de los mismos.

Para la identificación de la distancia se tomará en cuenta el diagrama de recorrido de la figura 31, donde por medio de las medidas que posee se puede determinar aproximadamente las distancia que debe recorrer los operarios con la materia prima para realizar cada una de las operaciones.

Para los tiempos de los transportes se procede a realizar el cálculo de la velocidad con la que el operario recorre en los transportes indicados en el cursograma analítico de la producción actual, de esta manera se tendrá un valor aproximado a la realidad.

- Cálculo de la velocidad

En la descripción de los procesos se puede ver como existe 12 transporte, tomaremos en cuenta la distancia recorrida y el tiempo que se demoró cada uno de ellos.

$$velocidad_{operario} = \frac{\sum distancia\ recorrida}{\sum tiempo\ empleado}$$

$$velocidad_{operario} = \frac{126,694\ m}{3,59\ min}$$

$$velocidad_{operario} = 35,29\ \frac{m}{min}$$

Con la velocidad calculada se procedió al cálculo de los tiempos de transporte del producto a cada una de las áreas y máquinas, en la tabla 49 se identifica cada una de las actividades del proceso productivo con sus respectivos tiempos de operación.

Tabla 49.Cursograma analítico propuesto de material del proceso de lavado de jeans.

CURSOGRAMA ANALÍTICO		Fecha	30/09/2021	Hoja	1			
Empresa:	ECUATINTEX	Resumen						
Producto analizado:	Lavado de Jeans	Actividad	Actual	Propuesto				
Área:	Todas	Operación:	○	34				
Actividad:	Lavado de Jeans	Inspección:	□	2				
Operario (s):	23	Transporte:	⇒	12				
Método:	Actual	Espera:	D	3				
	Propuesto	Almacenamiento:	▽	2				
Elaborado por:	Miguel Guachi	Total:	53					
Revisado por:	Ing. Mg. Israel Naranjo	Distancia (m):	86,28					
Observaciones:		Tiempo (min)	217,78					
Descripción	Cantidad	Distancia (m):	Tiempo (min)	Símbolos de diagrama				
				○	⇒	□	D	▽
Recepción de pantalones			3,12	●				
Inspeccionar la calidad los pantalones			15,58					●
Trasladarlos al lugar de almacenamiento		1,86	0,053					●
Almacenarlos en rumas			0,02					●
Tomar los pantalones por rumas			0,15	●				
Llevarlos hasta el lugar de clasificación		6,42	0,18					●
Colocar los pantalones en la mesa de clasificación			0,05	●				
Clasificar los pantalones de acuerdo al color que se va a pintar			34,07	●				
Tomar la ruma de pantalones			0,13	●				
Trasladarlos hacia la balanza donde se pesan los mismos		1,81	0,05					●
Colocar los pantalones en la balanza			0,19	●				
Pesar			2,28	●				
Tomar los pantalones clasificados y pesados			0,12	●				
Trasladarlos al departamento de manualidades		4,82	0,14					●
Colocar los pantalones en el piso			0,06	●				
Tomar los pantalones de acuerdo al diseño			1,35	●				
Llevarlos hacia la mesa de manualidades		5,83	0,17					●

Continuación: Tabla 49. Cursograma analítico propuesto del proceso de lavado de jeans.

CURSOGRAMA ANALÍTICO		Fecha	30/09/2021	Hoja	2			
Descripción	Cantidad	Distancia (m):	Tiempo (min)	Símbolos de diagrama				
				○	⇒	□	D	▽
Colocarlos en la máquina			1,27	●				
Realizar los diseños correspondientes (rasgados)			30,52	●				
Retirar de la máquina			0,24	●				
Se coloca en una mesa hasta tener una ruma			0,24	●				
Tomar los pantalones de la mesa			0,10	●				
Trasladarlos al Área de san Blas		8,71	0,25	●	●			
Colocarlos en la mesa			0,04	●				
Poner los pantalones en el colgadero sujetándolos con unas pinzas en unas tablas junto a la pared			1,27	●				
Pintar los pantalones (cada uno)			7,26	●				
Colocarlos en la mesa			0,07	●				
Una vez que estén todos pintados coger los pantalones y colocarlos en un carrito transportador			0,19	●				
Trasladarlos a una de las lavadoras		15,32	0,43	●	●			
Coger los pantalones			1,24	●				
Colocarlos en la lavadora			1,30	●				
Esperar a que se laven y enjuaguen			45,02	●			●	
Sacar los pantalones de lavadora			0,54	●				
Colocarlos en el carrito transportador			0,26	●				
Trasladarlos hacia la centrífuga		2,01	0,05	●	●			
Coger los pantalones			0,33	●				
Colocarlos en la centrífuga			1,13	●				
Esperar mientras los mismos se sequen por un momento			10,36	●			●	
Sacar los pantalones de la centrífuga y colocarlos en el carrito transportador			1,06	●				
Llevarlos hacia las secadoras		26,03	0,65	●	●			
Coger los pantalones			0,38	●				
Colocarlos dentro de la secadora			1,30	●				
Esperar a que los pantalones estén listos			48,00	●			●	

Continuación: Tabla 49. Cursograma analítico propuesto del proceso de lavado de jeans.

CURSOGRAMA ANALÍTICO		Fecha	30/09/2021	Hoja	3				
Descripción	Cantidad	Distancia (m):	Tiempo (min)	Símbolos de diagrama					
				○	➔	□	D	▽	
Tomar los pantalones de la secadora (3 veces)			0,58	●					
Llevarlos a una mesa (3 viajes)		4,75	0,13	●					
Tomar la ruma de pantalones			0,16	●					
Transportarlos hacia la mesa de clasificación		8,72	0,25	●					
Colocarlos en la mesa			0,02	●					
Inspeccionar el resultado final y la calidad del producto			2,59						
Clasificar los pantalones de acuerdo a las etiquetas correspondientes			3,55	●					
Tomar los pantalones clasificados de la mesa			0,17	●					
Llevarlos a la bodega de almacenamiento de producto terminado		7.86	0,22	●					
Almacenarlos en rumas grandes			0,54	●					
Distancia recorrida (m)		86,28		34	12	2	3	2	
Tiempo del proceso (min)			217,78						

En base a él cursograma analítico se puede ver la secuencia de actividades que se realiza en el proceso de lavado de jeans, donde se detalla además la distancia recorrida y los tiempos que los operarios tardan en completar cada una de las actividades. Como resultado del cursograma analítico del proceso tenemos a continuación el siguiente cuadro de resumen.

Tabla 50. Resumen cursograma analítico.

ACTIVIDAD		NUMERO	DISTANCIA (m)	TIEMPO (min)
Operación	●	34		94,74
Transporte	➔	12	86,28	0,95
Inspección	□	2		18,17
Demora	D	3		103,38
Almacenaje	▽	2		0,56
TOTAL		53	86,28	217,78

Resultado:

Mediante el cursograma analítico podemos ver que en el método propuesto de producción consta con 34 actividades las mismas que se encuentran repartidas en todo el sistema productivo, además se encuentra 12 transportes, 2 inspecciones, 3 demoras o esperas que debe hacer el producto. Se tiene además que el tiempo de procesamiento es 217,78 minutos y se realiza un recorrido de 86,28 metros entre las áreas. Es indispensable recordar que el lote que se está procesando corresponde a 80 unidades.

En base a los dos cursogramas analíticos se realiza una comparación entre ellos, el tiempo que se emplea en la realización de un lote se redujo en un 31,9 %, mientras la distancia recorrida entre áreas tuvo una disminución del 1,2 %.

3.1.20 Simulación del proceso actual

La simulación se basa en realizar una representación lo más cercana a la realidad para la obtención de comportamientos futuros del sistema productivo, y de esta forma buscar una mejora en las operaciones. Para iniciar con la simulación se realizaron los diseños a utilizar como operarios, máquinas, edificación etc.

Como primer paso tenemos la realización de configuración de parámetros, en la figura 32 se identifica los aspectos básicos para dar inicio a la simulación del proceso.

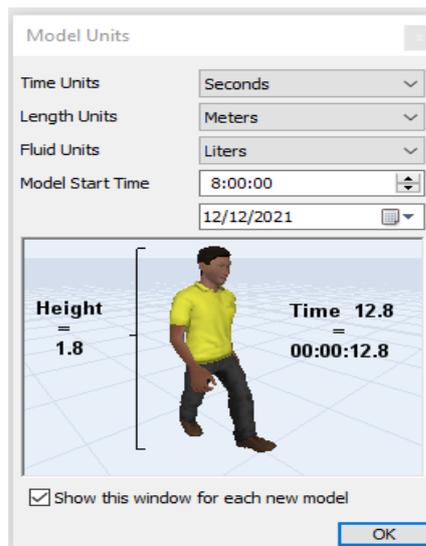


Figura 32. Configuración de parámetros software Flexsim.

Se puede establecer las unidades correspondientes al tiempo, la longitud, la unidad de flujo, además la fecha de inicio con el que va comenzar la simulación. De igual manera, nos permite establecer la altura que corresponde al operario.

Con el diseño creado en AutoCAD, podemos exportar los diseños de las máquinas usadas en el proceso productivo y del modelo que tiene la planta se manifiesta en la figura 33 donde se muestran las áreas de producción a simular.



Figura 33. Modelo actual de la estructura de la planta.

Como se visualiza en la figura 34, se elabora maquinaria similar a la establecida en la planta, además se colocaron los elementos básicos para la simulación como processor, source, separator, combiner etc.



Figura 34. Diseño de la planta.

Se realiza la configuración de cada uno de los elementos de la simulación, tomando en cuenta la distribución de las máquinas, las dimensiones de las áreas de trabajo de manera que la simulación sea lo más parecida a la realidad de la empresa en la figura 35 se detalla la configuración de los elementos a usar para la simulación.

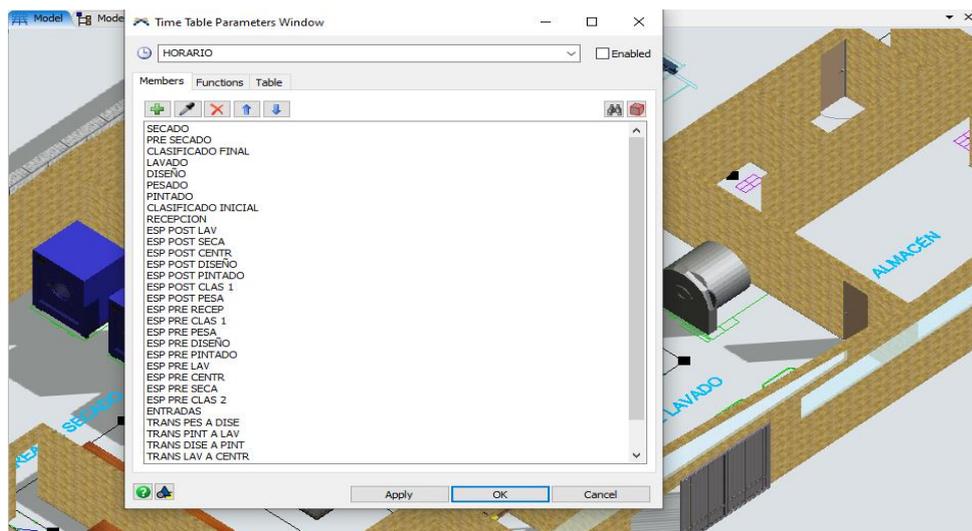


Figura 35. Configuración de los elementos de la simulación.

Se realiza la elaboración de cada una de las trayectorias que debe tener la distribución tomando en cuenta el orden de las actividades a realizar en cada una de ellas, se indica en la figura 36 las trayectorias a realizar el operador.

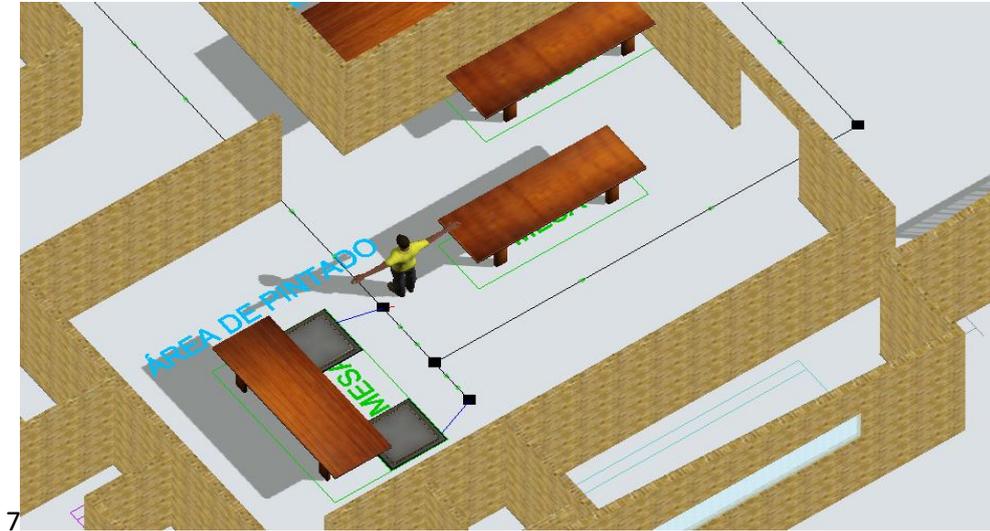


Figura 36. Configuración de las trayectorias.

Una vez que se realizara la configuración de todo el proceso productivo, se puede obtener la simulación por jornadas de tiempo, en un día, semana o mes. Para poder hacer una comparación con cada uno de los indicadores de producción, basados en una jornada de un día de 8 horas. El indicador de transporte hace referencia a cada una de las veces que un operario circula por cada una de las áreas ya sea llevando carga o solo transportando el carro vacío.

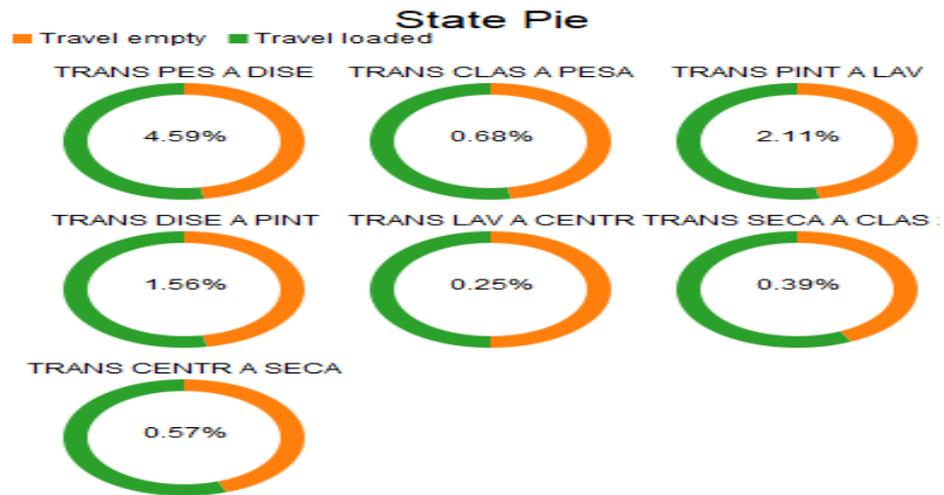


Figura 37. Indicador de transporte con carga y sin carga.

La figura 37 muestra la relación entre las unidades terminadas vs el tiempo requerido para fabricarlas, como en nuestro caso se trata de un día indica como se va estabilizando la producción con el transcurso de la jornada.

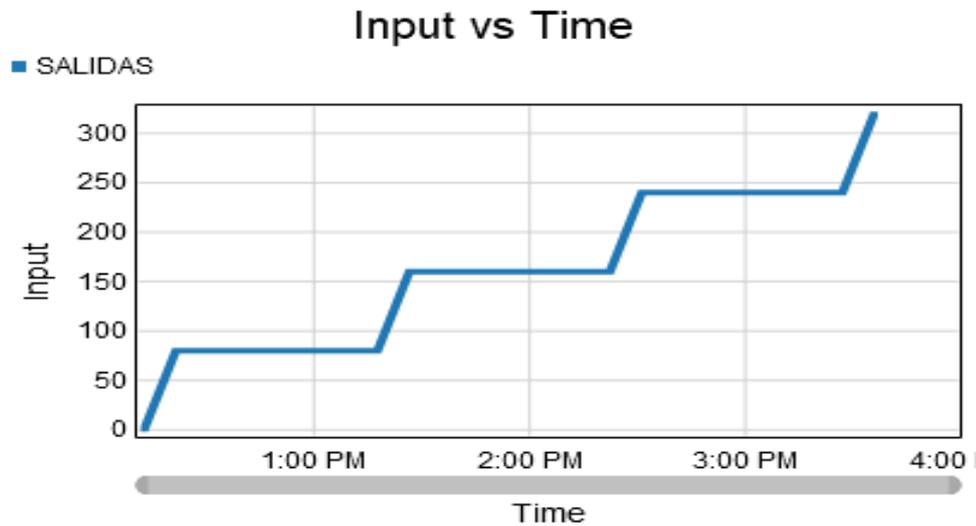


Figura 38. Indicador salidas vs tiempo.

El indicador mostrado en la figura 39, corresponde al estado de cada uno de los procesos, mostrando el porcentaje de operación de cada área en la jornada de tiempo.

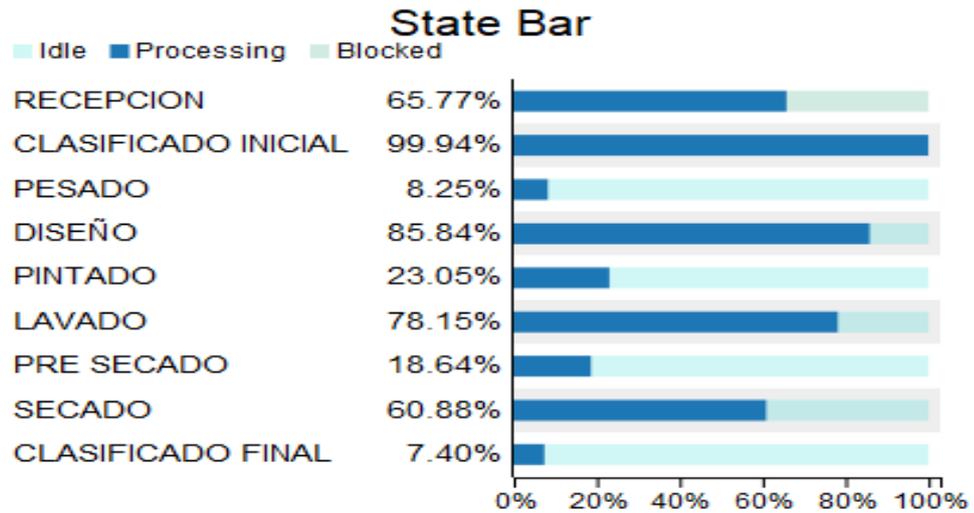


Figura 39. Indicador barra de estado.

En el indicador mostrado en la figura 40, indica el rendimiento de cada una de el área en una hora.

Throughput Per Hour

Object	Throughput
RECEPCION	129.38
CLASIFICADO INICIAL	109.25
PESADO	100.00
DISEÑO	98.00
PINTADO	90.00
LAVADO	58.13
PRE SECADO	50.00
SECADO	45.13
CLASIFICADO FINAL	40.00

Figura 40. Indicador de rendimiento por hora.

Estos indicadores los podemos obtener, en cada uno de los periodos de tiempo como se indicó anteriormente, son usados para determinar cuándo se estabiliza el sistema productivo.

3.1.21 Cálculo de máquinas necesarias para la propuesta

Cálculo de la demanda

Para el cálculo de demanda se usará el método gráfico en base a la línea de tendencia con los datos del año anterior como se muestra a continuación:

Tabla 51. Datos mensuales de los productos de categoría A.

Meses	Demanda Ston (unidades)
1	7613
2	17453
3	13582
4	14025
5	14178
6	15220
7	18838
8	14779
9	10486
10	11558
11	11591
12	20987

Con los datos de la tabla 51, podemos realizar la gráfica de los datos y tener una línea de tendencia donde se remplazará en la ecuación de la tendencia cuyo valor de R^2 sea el más alto.

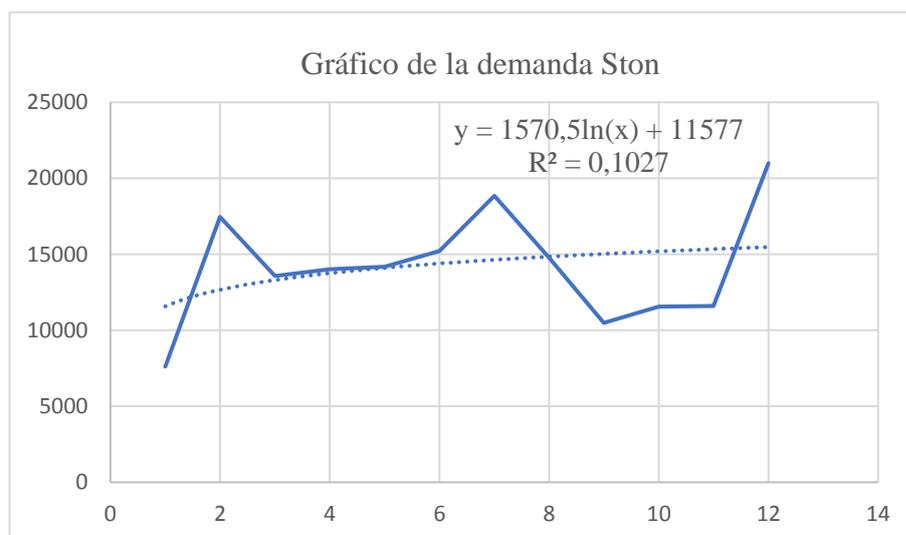


Figura 41. Gráfica de la demanda Ston.

De esta manera obtendremos la demanda para el mes siguiente indicada en la tabla 52 teniendo su valor en unidades y lotes.

Tabla 52. Demanda pronosticada del producto Ston.

Meses	Demanda pronosticada producto “Ston”
Demanda unidades	15605
Demanda lotes	195

Se realizó el cambio de las áreas de acuerdo a la nueva distribución y el nuevo diagrama de recorrido en base de los métodos previamente analizados. Además, del cálculo del número de máquinas necesarias para cada una de las áreas de las áreas, información mostrada en la tabla 53.

Tabla 53. Resumen del cálculo de número de máquinas.

Área	Operación	(1) Capacidad de producción actual al día (lotes)	(2) Capacidad de producción actual al mes (lotes)	(3) Demanda pronosticada al mes (lotes)	(4) N° de máquinas requeridas = (3)/(2)
Pesado	Pesado	167	3340	195	1
Rasgado	Realización de diseños	12	240	195	1
Pintado	Pintado	45	900	195	1
Lavado	Lavado	16	320	195	1
	Pre secado	30	600	195	1
Secado	Secado	8	160	195	2
Clasificado	Clasificado de pantalones	59	1180	195	1

3.1.22 Simulación del proceso propuesto

Para la nueva distribución de planta (figura 42), se emplean dos máquinas de secado, para reducir el cuello de botella que generaba esta operación. Para el diseño de la propuesta de distribución, realizamos los mismos pasos anteriores, con la variación de la ubicación de cada uno de las áreas, también tomando en cuenta que se reduce en la mayoría de los casos las distancias que debe recorrer el operario entre áreas de acuerdo a la distribución propuesta en la figura 31.



Figura 42. Distribución propuesta.

Se realizó la configuración de cada uno de los elementos (máquinas), también de las trayectorias que deben realizar los operarios, se aprecia en la figura 43.

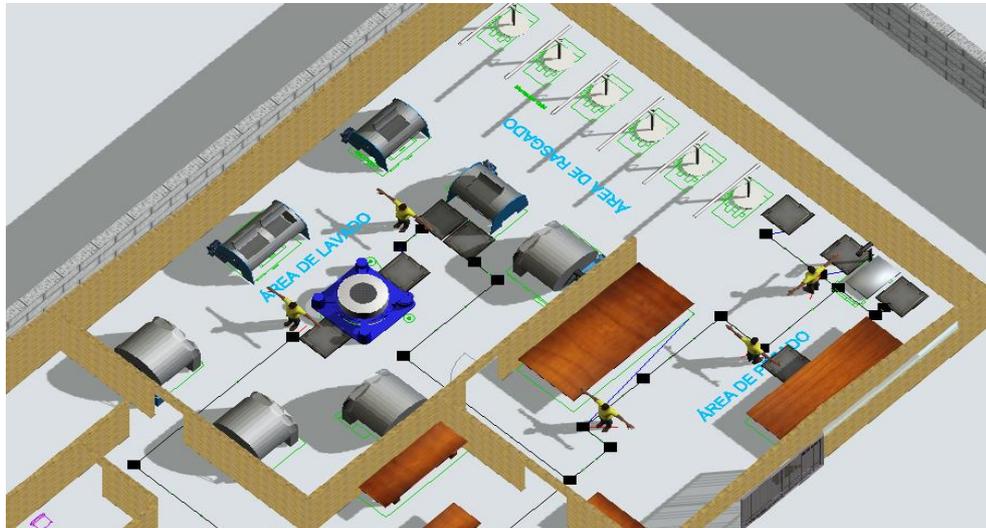


Figura 43. Configuración de los elementos de la simulación propuesta.

Indicadores basados en una jornada de un día, tomando en cuenta que la jornada consta de 8 horas que se labora. El indicador de transporte hace referencia a cada uno de las veces que un operario circula por cada una de las áreas ya sea llevando carga o solo transportando el carro vacío.

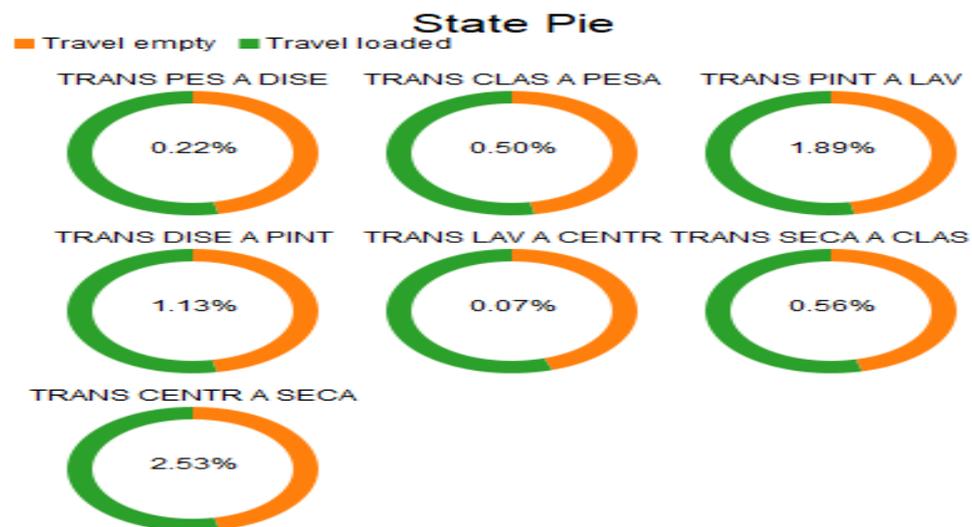


Figura 44. Indicador de transporte con carga y sin carga.

La figura 45 muestra la relación entre las unidades terminadas vs el tiempo que se ha demorado fabricarlas, como en nuestro caso se trata de un día indica como se va estabilizando la producción con el transcurso de la jornada.

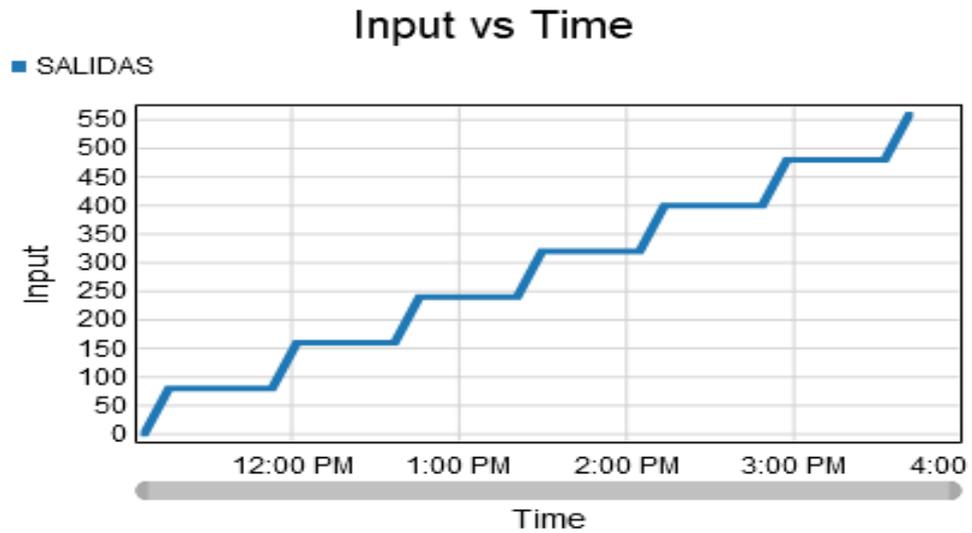


Figura 45. Indicador salidas vs tiempo.

El indicador mostrado en la figura 46, corresponde al estado de cada uno de los procesos, mostrando el porcentaje de operación de cada área en la jornada de tiempo.

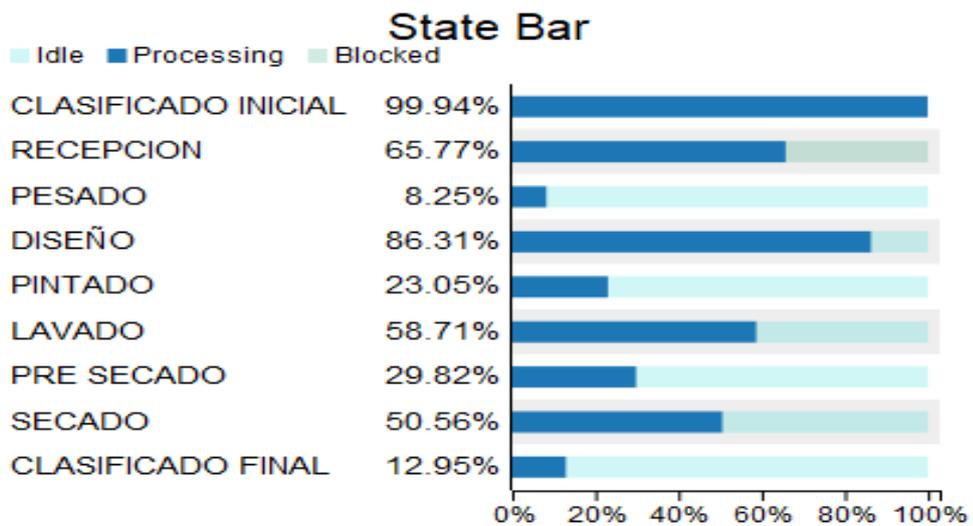


Figura 46. Indicador barra de estado.

En el indicador mostrado en la figura 47, se visualiza el rendimiento de cada una de el área en una hora.

Object	Throughput
CLASIFICADO INICIAL	109.25
RECEPCION	129.38
PESADO	100.00
DISEÑO	98.63
PINTADO	90.00
LAVADO	87.50
PRE SECADO	80.00
SECADO	75.00
CLASIFICADO FINAL	70.00

Figura 47. Indicador de rendimiento por hora.

Estos indicadores los podemos obtener, en cada uno de los periodos de tiempo como se indicó anteriormente, son usados para determinar cuándo se estabiliza el sistema productivo.

Se puede ver claramente mediante los indicadores como existe una variación en la producción, a continuación, se realizará una comparación entre el rendimiento actual vs el rendimiento de la propuesta estos valores se obtuvieron mediante la simulación de una semana de trabajo y se aprecian en la tabla 54.

Tabla 54. Comparación de rendimiento de las distribuciones.

Tipo de distribución	DIAS	CP ACUM	CP DIARIO	CP LOTE
Distribución actual	01/11/2021	320	320	4
	02/11/2021	880	560	7
	03/11/2021	1520	640	8
	04/11/2021	2080	560	7
	05/11/2021	2720	640	8
	TOTAL	2720	2720	34
Distribución propuesta	01/11/2021	560	560	7
	02/11/2021	1440	880	11
	03/11/2021	2320	880	11
	04/11/2021	3200	880	11
	05/11/2021	4080	880	11
	TOTAL	4080	4080	51

El análisis de la simulación de una semana indica como con la distribución actual se puede producir un número de 34 lotes por semana, mientras con la distribución que se propone genera un total de 51 lotes que representa la realización de 1360 unidades

más. Para realizar una comparación más realista de las distribuciones se va a calcular el costo de realizar los transportes para que de esta forma se pueda comparar monetariamente. Este costo se lo realizara con el salario básico unificado que equivale a \$400 por mes:

$$CO = \frac{\text{Salario por mes}}{\text{Horas laboradas por mes}}$$

$$CO = \frac{\frac{\$400}{\text{mes}}}{\frac{160 \text{ horas}}{\text{mes}}}$$

$$CO = 2,5 \frac{\$}{h}$$

Con este valor procederemos a calcular el costo de los transportes que se realiza para la elaboración de un lote al igual que la distancia recorrida en cada una de las distribuciones (actual y propuesta):

Tabla 55. Comparación de tiempo, costo, distancia de las distribuciones actual vs propuesto.

Object	State	ACTUAL				PROPUESTO			
		Time (seg)	time(hora)	Costo (\$)	Distancia (m)	Time (seg)	time(hora)	Costo (\$)	Distancia (m)
TRANS PES A DISE	Travel empty	3684,49	1,0235	2,56	21,66	173,85	0,0483	0,12	1,02
TRANS PES A DISE	Travel loaded	3754,60	1,0429	2,61	22,08	177,98	0,0494	0,12	1,05
TRANS CLAS A PESA	Travel empty	544,47	0,1512	0,38	3,20	399,26	0,1109	0,28	2,35
TRANS CLAS A PESA	Travel loaded	555,12	0,1542	0,39	3,26	407,51	0,1132	0,28	2,40
TRANS PINT A LAV	Travel empty	1859,92	0,5166	1,29	10,94	1661,50	0,4615	1,15	9,77
TRANS PINT A LAV	Travel loaded	1896,49	0,5268	1,32	11,15	1694,00	0,4706	1,18	9,96
TRANS DISE A PINT	Travel empty	1375,00	0,3819	0,95	8,09	994,51	0,2763	0,69	5,85
TRANS DISE A PINT	Travel loaded	1402,35	0,3895	0,97	8,25	1014,59	0,2818	0,70	5,97
TRANS LAV A CENTR	Travel empty	254,01	0,0706	0,18	1,49	70,32	0,0195	0,05	0,41
TRANS LAV A CENTR	Travel loaded	254,00	0,0706	0,18	1,49	72,56	0,0202	0,05	0,43
TRANS SECA A CLAS 2	Travel empty	529,40	0,1471	0,37	3,11	616,31	0,1712	0,43	3,62
TRANS SECA A CLAS 2	Travel loaded	546,03	0,1517	0,38	3,21	629,05	0,1747	0,44	3,70
TRANS CENTR A SECA	Travel empty	620,63	0,1724	0,43	3,65	2477,60	0,6882	1,72	14,57
TRANS CENTR A SECA	Travel loaded	639,43	0,1776	0,44	3,76	2526,95	0,7019	1,75	14,86
	TOTAL	17.915,95	4,98	12,44	105,35	12.916,01	3,59	8,97	75,95

Con la aplicación del método propuesto tenemos una disminución en costo de \$3,47 por cada lote que se realice, además la distancia global que se recorre disminuyó, así como el tiempo que se demora en realizar estas actividades. En el anexo 7 se puede visualizar la producción al transcurrir un periodo de un mes con la distribución actual y en el anexo 8 con la distribución propuesta, lo cual permite corroborar los datos obtenidos en la simulación.

3.1.23 Análisis Carga-Distancia

Para la realización del análisis carga distancia es necesario identificar cada uno de los transportes que se realiza en el proceso productivo; como se explicó anteriormente la existencia de las 6 áreas de trabajo, conlleva a la realización de transportes entre cada una de ellas, además existen áreas en las que no se pueden realizar ningún tipo de cambio como se visualiza en la figura 30.

Para encontrar la distancia recorrida entre áreas, se empleará la distancia rectilínea, la misma que consiste en medir la distancia entre dos puntos con una serie de giros de 90° de manera que se pueda replicar el movimiento del operario.

En la tabla 56 se puede identificar cada una de las distancias recorridas entre las áreas, para realizar una comparación entre la distribución actual y la alternativa propuesta.

Tabla 56. Resumen de movimientos y distancias recorridas.

# de movimientos	Movimientos	Distancia actual (m)	Distancia propuesta (m)
1	1-2	45,08	10,19
2	2-3	14,22	19,67
3	3-4	21,68	14,5
4	4-5	16,96	25,5
5	5-6	8,56	8,6
6	1-3	28,16	5,94

Debido a que los movimientos son secuenciales no se puede dar una secuencia diferente en cuanto a la fabricación del servicio Ston a los movimientos mostrados en la distribución actual como la propuesta.

La tabla 57 muestra la secuencia que se usa para la fabricación de los productos categoría A del análisis ABC. Además, la demandada de estos productos se puede identificar en la tabla 58.

Tabla 57. Secuencia de fabricación de los servicios.

SERVICIO	SECUENCIA
STON	1-2-3-4-5-6
SUCIO	1-3-4-5-6
RESERVA	1-2-3-4-5-6

Tabla 58. Demanda para los productos categoría A.

Meses	Demanda pronosticada producto "Ston"	Demanda histórica producto "Sucio"	Demanda histórica producto "Reserva"
Demanda Unidades	15605	12425	10747
Demanda lotes	195	156	134

En la tabla 59, se muestra la distancia mensual calculada para cada una de las alternativas.

Tabla 59. Distancia mensual recorrida al elaborar el producto Ston.

Producto	Demanda (lotes)	Distancia actual por lote (m)	Distancia actual total (m)	Distancia propuesta por lote (m)	Distancia propuesta total (m)
Ston	195	106,5	20767,5	78,46	15299,7
Sucio	156	120,44	18788,64	64,73	10097,88
Reserva	134	106,5	14271	78,46	10513,64

Como se puede visualizar la distancia de la propuesta es claramente menor en comparación de la actual. Para la comparación de costos nos basaremos en la tabla 55 donde se puede obtener el valor de recorrer un metro, en la distribución actual y propuesto como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 60. Costo de producción mensual de los 3 productos estrellas.

Producto	Distancia actual total (m)	Costo de recorrer un metro actual (\$)	Costo total actual (\$)	Distancia propuesta total (m)	Costo de recorrer un metro propuesto (\$)	Costo total propuesto (\$)
Ston	20767,50	0,12	2452,28	15299,70	0,12	1806,96
Sucio	18788,64	0,12	2218,61	10097,88	0,12	1192,60
Reserva	14271,00	0,12	1685,16	10513,64	0,12	1241,70
	Total de la producción de la demanda actual		\$6356,05	Total de la producción de la demanda propuesta		\$4241,26

Como se observa en la tabla 60, los costos de recorrido de los productos de la categoría A, se reducen en un 33,27% menos, entre la distribución actual y la propuesta.

3.1.24 Cálculo de la productividad

Con los resultados obtenidos del método actual y el propuesto podemos realizar el cálculo de la productividad semanal en base a la tabla 55 es tomada semanalmente debido a que en este tiempo ya se ha estabilizado la producción del sistema.

- Productividad con el método actual de una semana

$$Productividad\ actual_{día} = \frac{Producción\ día}{Horas\ trabajadas\ día}$$

$$Productividad\ actual_{día} = \frac{7,989\ \frac{lotes}{día}}{8\ \frac{horas}{día}}$$

$$Productividad\ actual_{día} = 0,998\ \frac{lotes}{hora}$$

- Productividad con el método propuesto de una semana

$$Productividad\ propuesto_{día} = \frac{Producción\ día}{Horas\ trabajadas\ día}$$

$$Productividad\ propuesto_{día} = \frac{11\ \frac{lotes}{día}}{8\ \frac{horas}{día}}$$

$$Productividad\ propuesto_{día} = 1,375\ \frac{lotes}{hora}$$

Para analizar de mejor manera la productividad, se procede a calcular la tasa de variación:

$$Tasa\ de\ variación = \frac{Producción\ propuesta - Producción\ actual}{Producción\ actual} * 100\%$$
$$Tasa\ de\ variación = \frac{(1,375 - 0,998) \frac{lotes}{hora}}{0,998 \frac{lotes}{hora}} * 100\%$$

$$Tasa\ de\ variación = 37,77\%$$

Como el valor es positivo la productividad con la distribución propuesta ha aumentado en un 37,77%, con respecto a la producción actual.

Discusión de resultados

La finalidad de este proyecto es realizar una propuesta de distribución de instalaciones, para la organización de las máquinas en la empresa “ECUATINTEX”, en base a la situación actual de producción, servicios y la disposición de espacio que posee la empresa, a través de métodos, técnicas y softwares.

Analizando la situación actual de la empresa se determinó que el diseño de instalación es deficiente, conlleva a pérdidas en la capacidad de producción, principalmente debido a distancias excesivas entre áreas, ineficiente utilización de la maquinaria que posee la empresa.

Las metodologías que se utilizó para el análisis de la disminución de instalaciones son el método de Calificación de Factores Ponderados para determinar el tipo distribución que se acopla a el tipo de producción de la empresa, para el dimensionamiento de las áreas se aplicó el método de Guerchet, con el método de Planeación Sistemática de la Distribución (SLP) se distribuyó las áreas de acuerdo a la necesidad de cercanía, mediante el método carga distancia y el software Flexsim se usó para comparar los resultados entre la propuesta y la producción actual.

El tipo de distribución aplicar en la empresa es “por proceso”, debido a factores propios que restringen la producción, con la distribución propuesta se produce 216 lotes/mes (producción simulada), teniendo una disminución de las distancias a recorrer

de un 26,33% equivalente a 28,04 metros/lote, con la aplicación de la distribución además se consigue una reducción 27,89 % que representa \$3,47 por lote de producción.

La máquina que restringe el ritmo de trabajo es la secadora, en el desarrollo de la propuesta se enfocó en mejorar esta actividad con el aumento de otra máquina para el proceso de secado, teniendo una mejora en la producción del 50%.

Al aplicar la nueva distribución desarrollada, se distribuyó las máquinas de mejor forma que permitiría la implementación de áreas de trabajo ergonómicas y la realización de la señalética correspondiente a cada máquina y sus respectivos modos de acceso.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Con el análisis minucioso realizado al sistema productivo actual, se llegó a la conclusión que trabajar con un diseño de distribución de planta sin una base metodológica ha ocasionado que la empresa posea pérdidas en su capacidad de producción, debido a las distancias entre áreas, mal uso de la maquinaria, desperdicio excesivo de superficie en la planta y una secuencia de procesamiento deficiente. El estado en el que se encuentra la empresa se ve reflejado en la productividad pasando de 0,998 lotes /hora-hombre a 1,375 lotes /hora-hombre con aplicación de la propuesta, con una tasa de variación que representa aproximadamente el 37,77% realizando la comparación entre los sistemas productivos.
- Mediante el método de calificación de factores aplicado para la elaboración de una propuesta de distribución de planta, se determinó que la mejor opción es una distribución “por proceso” teniendo un valor ponderado más alto (9,7)vs los otros tipos de distribución, por las condiciones propias analizadas del sistema de producción entre los principales criterios se encuentran el volumen de producción que se realiza en la empresa y el flujo de trabajo, los cuales restringen la producción, en base a las operaciones establecidas para conseguir el servicio de tinturado.
- Con la aplicación de método SLP se realizó la distribución de las áreas teniendo un cambio considerable, basándonos en el diagrama de relación con la que se debe situar cada una de los departamentos de producción de manera que actualmente se produce un total de 147 lotes del servicio de lavado “Ston”, con la propuesta de distribución de planta se llega a incrementar en un 46,26% de la capacidad de producción. Este porcentaje de incremento se debe al ahorro en tiempo de transporte por la reducción de distancias recorridas, variando de 106,5 metros/lote a 78,46 metros/lote que equivale a 26,33% de reducción en las distancias de procesamiento de un lote; esta propuesta

permite además reducir los costos por transporte en un 27,89 % logrando un ahorro estimado de \$3,47 por lote de producción.

- La propuesta generada por el análisis SLP se corrobora con el método carga-distancia, analizando los tres productos de mayor importancia brindados por el análisis ABC. Para la aplicación del método se calcularon las distancias rectilíneas entre las áreas de producción que debe seguir cada uno de los servicios, teniendo en cuenta la secuencia de sus movimientos. Se calculan los costos totales al transportar los tres servicios en un mes de producción, donde se visualiza un ahorro del 33,27 % que corresponde a \$2114,79 al realizar la producción de dicha demanda.
- Con la simulación realizada se observaron las considerables ventajas y mejoras que generaría la aplicación de la propuesta, reduciendo de esta manera las distancias entre departamentos, aprovechando la maquinaria y las diferentes áreas disponibles. Lo que conlleva a un incremento en la producción, por la organización de las máquinas con relación a sus especificaciones físicas y la secuencia de las operaciones. Se desarrolló la propuesta simulada para mejorar el proceso que restringía la capacidad de producción, dando una solución factible por la existencia de más máquinas de secado, la mejora es claramente notable por el incremento del 50% de la capacidad que entregaba esta operación. Pasando de procesar 147 lotes/mes a 216 lotes /mes, en el proceso productivo se evidencia un incremento del 46.84% teniendo una rentabilidad de \$1054,43 al mes.

4.2 Recomendaciones

- Estandarizar los procesos para mejorar la ejecución de las operaciones del sistema productivo.
- Optimizar de mejor manera el área que posee la empresa, retirando objetos que no tienen nada que ver con los procesos de producción. Señalar las áreas de cada máquina y acceso a las mismas mediante la Norma técnica Ecuatoriana INEN 439:984.

- Realizar una mejora en las instalaciones físicas que necesitan las máquinas para su correcto funcionamiento y realizar un estudio ergonómico de cada puesto de trabajo para mejorar las condiciones de los operarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] L. Alpala, M. Alemany, D. Peluffo, F. Bolaños, A. Rosero y C. Torres, «“Methodology for the design and simulation of industrial facilities and production systems based on a modular approach in an "industry 4.0",» *Dyna*, vol. 85, nº 207, pp. 243-252, 2019.
- [2] B. Chakraborty y S. Das, «Development of Plant Layout for Improving Organizational Effectiveness by Hybridizing GT, TOPSIS and SLP,» *Advanced Engineering Optimization Through Intelligent*, pp. 515-525, 2020.
- [3] R. López, «Labour productivity and external competitiveness in the Mexican manufacturing sector after trade liberalization, 1996-2007.,» *Cuadernos de Economía*, vol. 40, nº 82, pp. 137-164, 2021.
- [4] P. Cielo, J. Orejuela y J. Bravo, «Metodología de distribución de plantas en ambientes de agrupación celular,» *ICESI-Estudios Gerenciales*, vol. 33, nº 143, pp. 132-140, 2017.
- [5] J. Martínez, A. Martín y G. Bravo, «ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS ESTRATEGIAS PARA LA DISTRIBUCION DEL ESPACIO EN PLANTA EN LOS CAMPOS DE LA ARQUITECTURA E INGENIERIA,» *VII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, vol. 3, nº 15, pp. 1528-1535, 2015.
- [6] P. Pérez, «EVALUACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS INDUSTRIALES MEDIANTE UN ÍNDICE DE DESEMPEÑO,» *RAE-Revista de Administração de Empresas*, vol. 56, nº 5, pp. 533-546, 2016.
- [7] A. López, A. Gonzalés y S. Alcaraz, «Simulation-based optimization for the production of axes in assembly lines of a manufacturing company,» *Ingeniería, investigación y tecnología*, vol. 20, nº 1, pp. 1-9, 2019.
- [8] P. Sánchez, F. Ceballos y G. Sánchez, «ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA EMPRESA DE CONFECCIONES: MODELACIÓN

- Y SIMULACIÓN,» *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 25, n° 2, pp. 137-150, 2015.
- [9] A. Sutcu, E. Tanritanir y H. Korusu, «An integrated methodology for layout design and work organisation in a furniture manufacturing plant,» *South African Journal of Industrial Engineering* , vol. 22, n° 1, pp. 183-197, 2015.
- [10] A. Salazar, L. A. C. Vargas y J. Orejuela, «BIPHASE PLANT DISTRIBUTION PROPOSED IN FLEXIBLE MANUFACTURING ENVIRONMENT BY THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS,» *EIA-Escuela de Ingeniería de Antioquia*, vol. 25, n° 14, pp. 161-176, 216.
- [11] A. F, PROPUESTA DE UN PLAN ESTRATÉGICO INCLUYENDO GESTIÓN DE CALIDAD PARA PRODUCTORES DE MAIZ MORADO DEL VALLE DE CONDEBAMBA CON MIRAS A CREAR OFERTA EXPORTABLE, Cajamarca-Peru: Universidad privada del Norte, 2017.
- [12] G. Emilio, «FACTORES CLAVES DE ÉXITO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN,» *Revista de la Facultad de Ciencias Economicas y Administrativas* , vol. XVIII, n° 1, pp. 85-100, 2017.
- [13] C. M, ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN, BASADO EN LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING PARA LA FABRICACIÓN DE CISTERNAS, EN LA EMPRESA REMOLQUES TRAMONTANA S.A.C, Huancayo-Peru: Universidad Peruana de los Andes, 2017.
- [14] D. B. Carballo, «LA GESTIÓN DE PROCESOS ESBELTOS COMO PRINCIPIO DE MEJORA. UN CASO APLICADO A UNA COMERCIALIZADORA,» 3c empresa, Mexico, 28/08/2018.
- [15] M. R. Castro, «DESARROLLO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN BASADO EN METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING,» Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, 2017.

- [16] B. Tintin, «Planeación de la capacidad en el área de empaqueo de la Empresa Bioalimentar Cía. Ltda.,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [17] N. De La Cruz, «DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE CALZADO EN LA EMPRESA “PIONERO”.,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2016.
- [18] A. M. Paredes Rodríguez, K. A. Peláez Mejía, V. L. Chud Pantoja, J. L. Payan Quevedo y D. R. Alarcón Grisales, «Rediseño de una planta productora de lácteos mediante la utilización de las metodologías SLP, CRAFT y QAP,» *Scientia et Technica*, vol. 21, n° 4, pp. 318-327, 2016.
- [19] P. A. Pérez Gosende y E. Cohen, «EVALUACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS INDUSTRIALES MEDIANTE UN ÍNDICE DE DESEMPEÑO,» *RAE-Revista de Administração de Empresas*, vol. 56, n° 5, pp. 533-546, 2016.
- [20] S. Vázquez Zárate, C. Tenopala Hernández, E. Montiel Huerta, K. Laura Vargas y A. Torres Lopez, «Diseño de una planta industrial para la obtención de ácido carmínico,» *Revista Iberoamericana de Ciencias*, vol. 4, n° 4, pp. 7-14, 2017.
- [21] C. Pantoja, J. P. Orejuela y J. J. Bravo, «Metodología de distribución de plantas en ambientes de agrupación celular,» *Estudios Gerenciales*, vol. 33, n° 143, pp. 132-140, 2017.
- [22] H. Mejia, M. J. Wilches, M. Galofre y Y. Montenegro, «Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución,» *Scientia et Technica*, vol. 16, n° 49, pp. 63-68, 2016.
- [23] K. Torres Soto, L. Flores Peña, C. Sánchez y N. Castañeda, «SLP Methodology for Plant Distribution in Glue Laminated Guadua (GLG) manufacturing companies,» *Revista Ingeniería*, vol. 25, n° 2, pp. 103-116, 2020.

- [24] J. Sánchez, «Economipedia,» 2018. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/manufactura.html>. [Último acceso: 2020 Junio 15].
- [25] A. Domínguez, «Aplicación de la metodología SMED en los procesos de conformado de la empresa Ecuamatrix Cia. Lda,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [26] G. C, «Repositorio IFES,» [En línea]. Available: ftp://ftp.ifes.edu.br/cursos/Eletr%C3%B3nica%20B%E1sica/Amp%20Op/AO_3.pdf. [Último acceso: 2 Noviembre 2020].
- [27] R. B. CHASE, ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES, Mexico: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, 2009.
- [28] M. Huila, «Estudio de tiempos y movimientos para mejorar el proceso de producción de perfiles de acero en la Empresa Ferrotorre S.A.,» Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2018.
- [29] D. Ilvis, «Gestión por Procesos en la Microempresa de Cerveza Artesanal Montalvina,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [30] J. Alvarez, «Manufactura,» Servicio Profesional de Carrera de la UAEM, 28 Septiembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.joseacontreras.net/manuf/page.htm>. [Último acceso: 18 Junio 2020].
- [31] B. Salazar, «Ingeniería Industrial,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/diseño-y-distribución-en-planta/que-es-el-diseño-distribución-en-planta/>. [Último acceso: 18 Junio 2020].
- [32] J. Salas, «Industrial Data,» 2008. [En línea]. Available: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v01_n2/tipos.htm. [Último acceso: 18 Junio 2020].

- [33] B. Diaz, Disposición de planta, Lima: Fondo Editorial, 2014.
- [34] Tompkins, Facilities Planning, USA: John Wiley & Sons, Inc, 1996.
- [35] W. R. ARCILA, METODOLOGÍA DE LA PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE LA DISTRIBUCIÓN, SANTIAGO DE CALI, 2016.
- [36] E. L. R. Ortiz, Diseño de sistemas productivos, Medellín: Universidad de Antioquia, 2012.
- [37] B. Nordgren y R. Hulliger, «Bienvenido a FlexSim,» 2019. [En línea]. Available: <https://docs.flexsim.com/en/19.0/Introduction/Welcome/>. [Último acceso: 30 Junio 2020].
- [38] E. Garcia y L. Cárdenas, «Simulación y Análisis con ProModel,» Mexico, 2016.
- [39] B. Nordgren y R. Hulliger, «Tipos de objetos 3D, FlexSim Software Products,» 2019. [En línea]. Available: [https://docs.flexsim.com/en/19.0/Using3DObjects/TypesOfObjects/..](https://docs.flexsim.com/en/19.0/Using3DObjects/TypesOfObjects/) [Último acceso: 30 Junio 2020].

ANEXOS

Anexo 1. Formato de entrevista a el propietario de la empresa.

FORMATO DE ENTREVISTA A GERENTE		Fecha:	14/07/2020	Hoja:	1
Empresa:		Elaborado por:	Miguel Guachi		
Producto analizado:		Revisado por:	Ing. Mg. Israel Naranjo		
Área:	Todas	Observaciones:			
Datos de la empresa: ECUATINTEX					
Propietario: Sr Luis Miranda		Número de trabajadores: 23			
Ubicación: Totoras en la vía a Santa Rosa		Horario de trabajo: 8:00 a 17:00			
¿Hace cuanto fue construida su empresa?					
Fue creada el 12 diciembre de 1999					
¿Cómo define a su empresa?					
Una empresa familiar que puede mejorar					
¿A qué actividad se dedica la empresa?					
Al lavado de prendas Jeans					
¿Dónde nació la idea de la creación de la empresa?					
Nació en a base al conocimiento que tenía, por haber trabajado en una textil cuando era joven.					
¿Qué visión tiene para el futuro?					
Implementar más maquinaria y así lograr competir a nivel nacional e internacional con nuestros productos.					
¿Por qué creo la empresa?					
Porque no había empresas que se dediquen a esta actividad por conocimientos previos.					
¿Cuál es su estructura organizacional?					
Yo considero que aún es jerárquica.					
¿Qué posicionamiento tiene en el mercado?					
Considero que bueno, debido a que los clientes que tenemos aún son fieles a nuestra manera de producción.					
¿Qué ventajas tiene en comparación de la competencia?					
Pues la manera de trabajar, la entrega de los pedidos a tiempo, la calidad con la que realizamos.					
¿Cómo se distingue de la competencia?					
Por la calidad con la que nuestros productos salen.					
¿Por qué es importante el servicio que brinda?					
Porque además de ser una fuente de trabajo a las personas de nuestra parroquia, establecemos que nosotros también podemos brindar servicios de calidad.					
¿Se ha notado falencia en la empresa?					
Yo creería que más es cuestión de los trabajadores que muchas veces esperan que órdenes y no realizan las actividades por su cuenta y pues creería que también es la maquinaria que tenemos dañada.					
¿Es fácil mantener su negocio?					
No es fácil mantener el negocio porque ya no solo se piensa en uno como gerente. La competencia local y extranjera es muy difícil. Pero hemos sabido superar todos los momentos difíciles que tenemos.					

Anexo 2. Diagrama de recorrido actual.
Figura. Área de pesado-secado y clasificado.

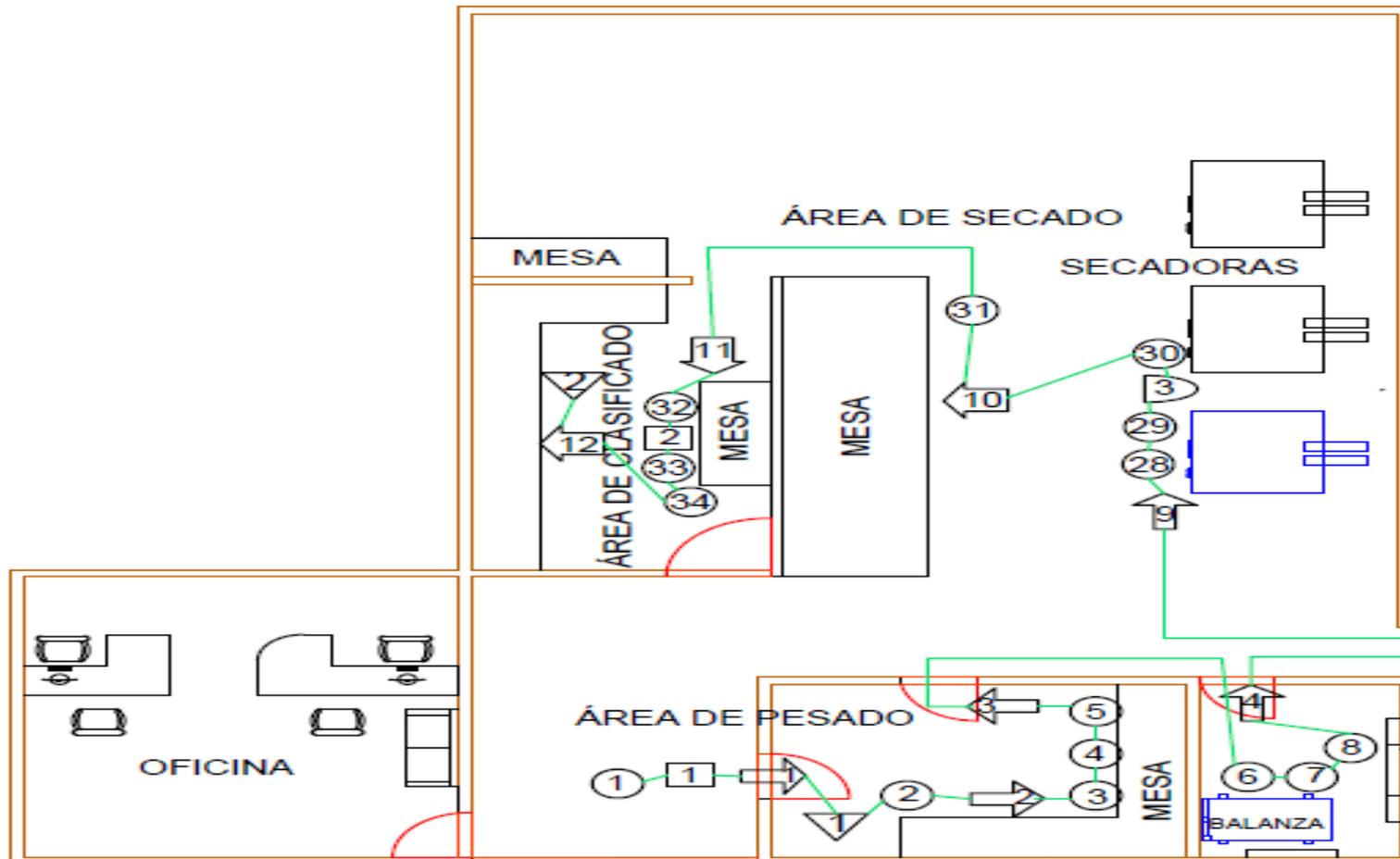


Figura. Área de lavado.

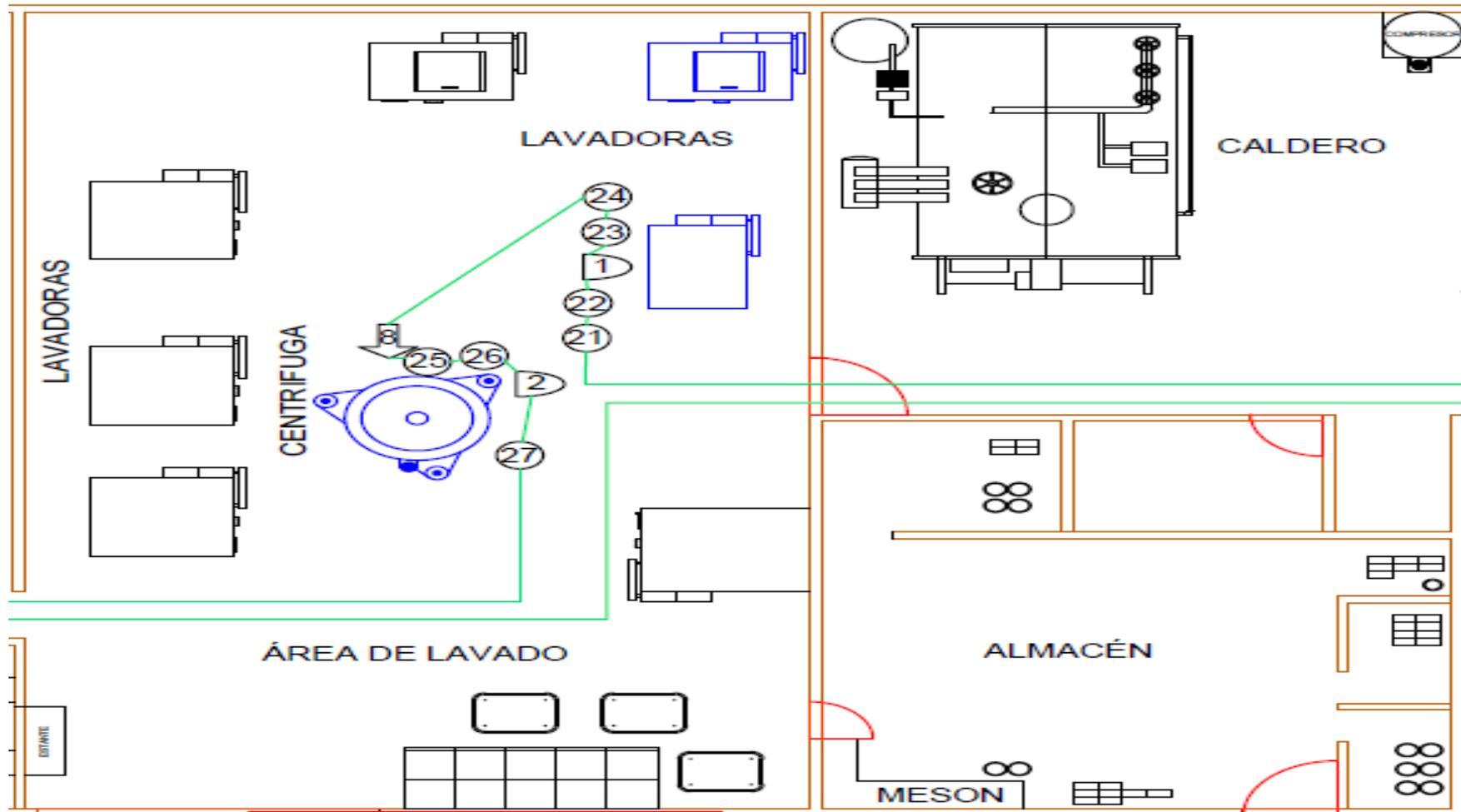


Figura. Área de rasgado y pintado.

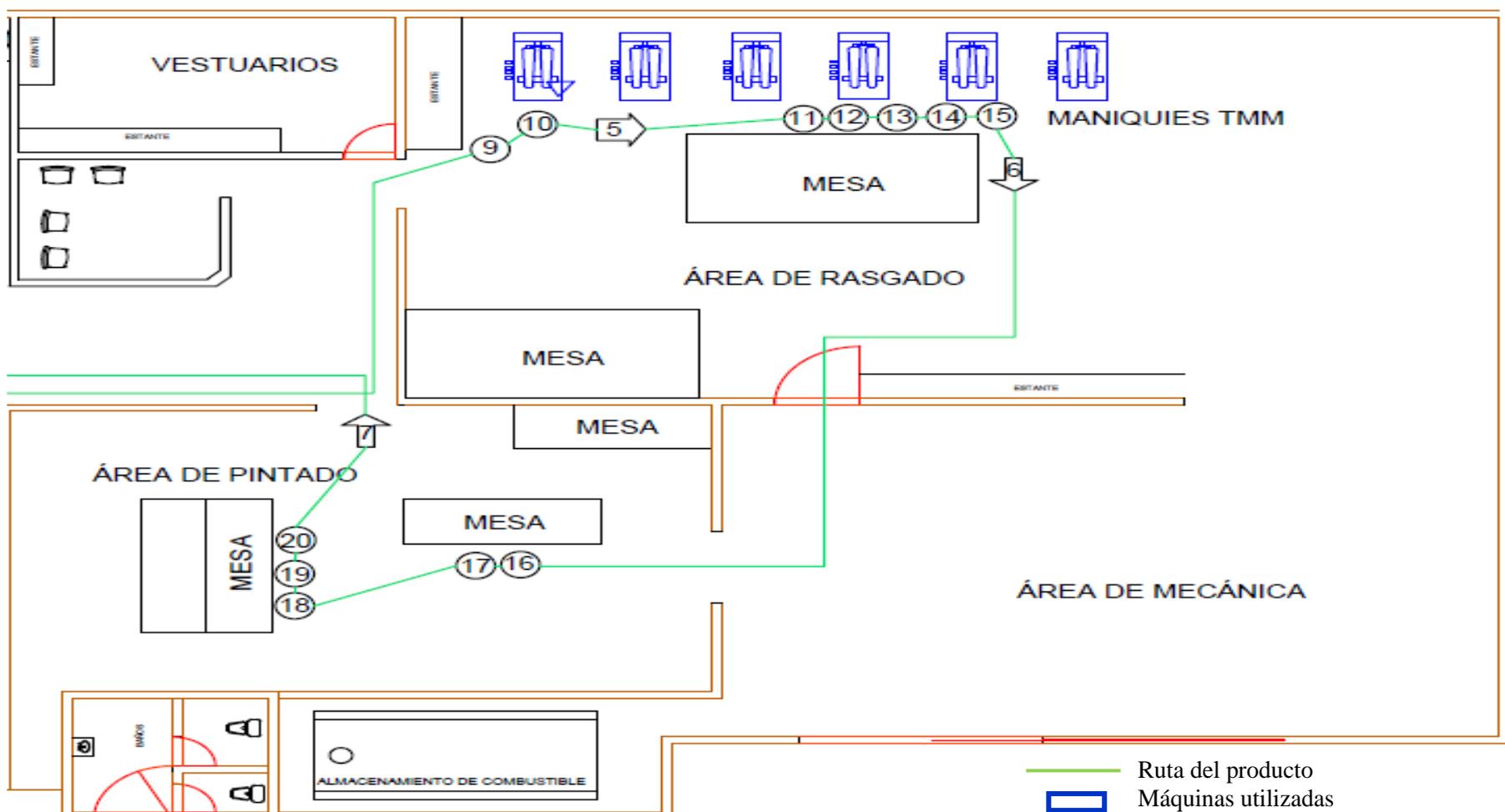
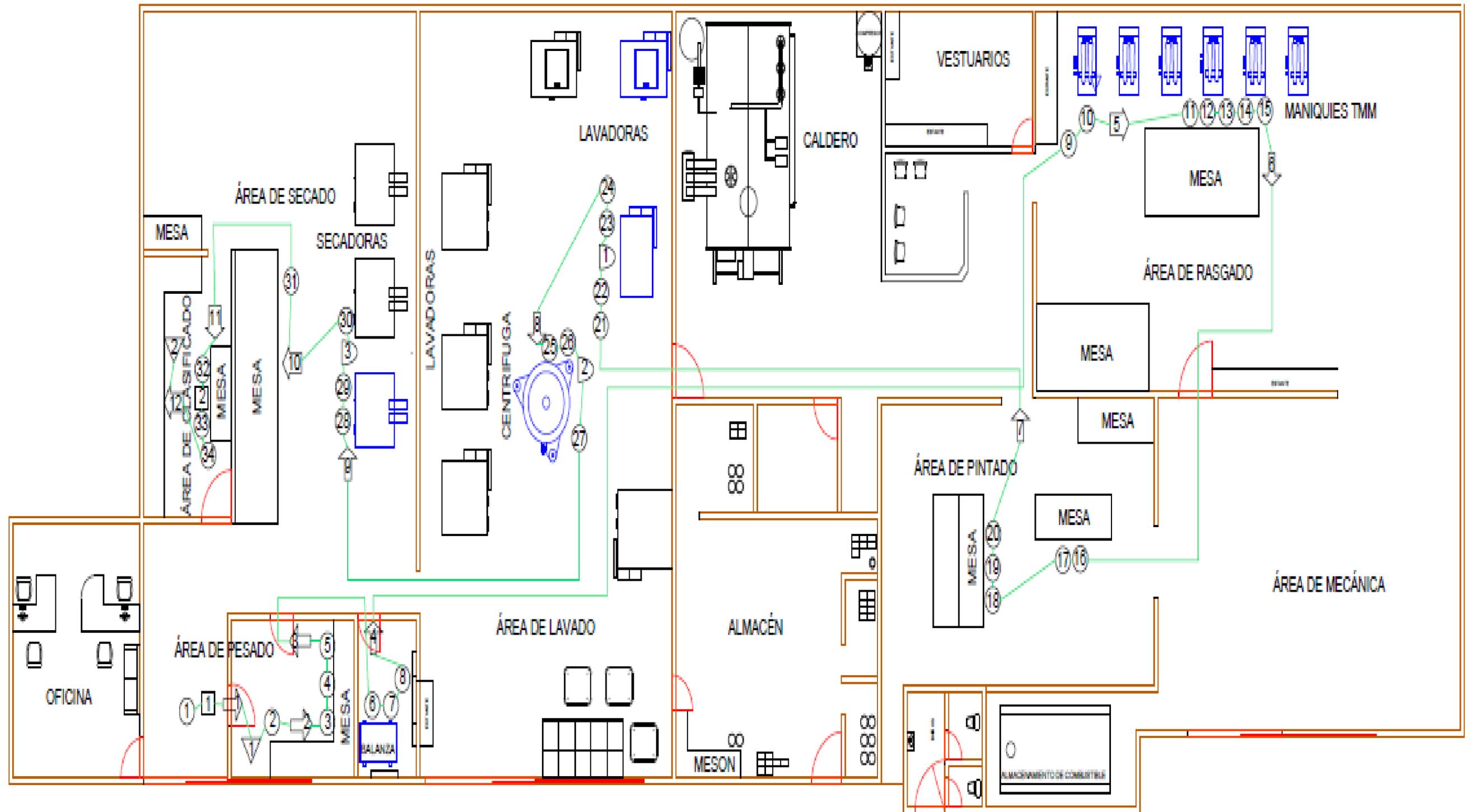


Figura. Distribución de planta propuesta.



Anexo 3. Suplementos OIT.

Sistema de suplementos por descanso					
Suplementos Constantes					
				H	M
Suplemento por necesidades personales				5	7
Suplemento base por fatiga				4	4
Suplementos Variables					
	H	M		H	M
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4	F. Concentración intensa		
B. Suplemento por postura anormal			Trabajos de cierta precisión	0	0
Ligeramente incómoda	0	1	Trabajos precisos o fatigosos	2	2
incómoda (inclinado)	2	3	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	G. Ruido		
C. Uso de fuerza/energía muscular			Continuo	0	0
Peso levantado [kg]					
2.5	0	1	Intermitente y fuerte	2	2
5	1	2	Intermitente y muy fuerte	5	5
7.5	2	3	Estridente y fuerte		
10	3	4	H. Tensión mental		
12.5	4	6	Proceso bastante complejo	1	1
15	5	8	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
17.5	7	10	Muy complejo	8	8
20	9	13	I. Monotonía		
22.5	11	16	Trabajo algo monótono	0	0
25	13	20 (máx)	Trabajo bastante monótono	1	1
30	17	-	Trabajo muy monótono	4	4
33.5	22	-	J. Tedio		
D. Mala iluminación			Trabajo algo aburrido	0	0
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Trabajo bastante aburrido	2	1
Bastante por debajo	2	2	Trabajo muy aburrido	5	2
Absolutamente insuficiente	5	5			
E. Condiciones atmosféricas					
Índice de enfriamiento Kata				H	M
16				0	
8				10	
4				45	
2				100	

Anexo 4. Tablas de suplementos y tiempos estándar por tiempos.

Tabla. Estudio de tiempos operación de recepción.

Estudio de tiempos											Fecha	09/10/2021			
Área	Pesado								Estudio	1					
Operación	Recepción								Operario	Hombre					
Tiempo	Min								Hora inicio	9:00					
Investigador	Miguel Guachi								Hora final	11:40					
Elemento	Número de ciclos (min)								Resumen						
	1	2	3	4	5	6	7	8	TT	TP	Vd	TN	s	Ts	
PR1	3,12	3,17	3,16	3,18	3,09	3,17	3,22	3,14	25,26	3,16	1,00	3,157	0,15	3,631	
PR2	15,58	15,45	15,62	15,53	15,56	15,48	15,59	15,65	124,5	15,56	1,00	15,56	0,15	17,89	
PR3	0,24	0,22	0,24	0,25	0,23	0,25	0,23	0,22	1,88	0,24	1,00	0,235	0,15	0,27	
PR4	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,14	0,02	1,00	0,018	0,15	0,021	
PR5	0,15	0,14	0,16	0,14	0,14	0,15	0,13	0,14	1,15	0,14	1,00	0,143	0,15	0,165	
PR6	0,25	0,22	0,24	0,28	0,22	0,26	0,25	0,24	1,97	0,25	1,00	0,246	0,15	0,283	
Total (min)														22,26	
TT: tiempo total TP: Tiempo promedio Vd: Valoración de desempeño TN: Tiempo normal s: Suplementos Ts: Tiempo estándar															

Tabla. Estudio de tiempos operación de clasificado.

Estudio de tiempos											Fecha	09/10/2021			
Área	Pesado								Estudio	3					
Operación	Clasificado								Operario	Hombre					
Tiempo	Min								Hora inicio	13:30					
Investigador	Miguel Guachi								Hora final						
Elemento	Número de ciclos (min)					Resumen									
	1	2	3	4	5	TT	TP	Vd	TN	s	Ts				
PC1	0,05	0,045	0,045	0,056	0,038	0,23	0,05	1,00	0,047	0,15	0,054				
PC2	34,07	35,21	34,91	33,45	34,12	171,77	34,35	1,00	34,35	0,15	39,51				
PC3	0,13	0,129	0,123	0,112	0,141	0,64	0,13	1,00	0,128	0,15	0,147				
PC4	0,33	0,321	0,325	0,321	0,341	1,64	0,33	1,00	0,327	0,15	0,377				
Total (min)											40,08				
TT: tiempo total TP: Tiempo promedio Vd: Valoración de desempeño TN: Tiempo normal s: Suplementos Ts: Tiempo estándar															

Tabla. Suplementos de área de rasgado.

Cálculo de Suplementos			
Área	Rasgado		
Operación	Realización de diseños		
Investigador	Miguel Guachi		
Suplementos		Operario	
		M	F
Constantes	Por necesidades personales	5	
	Base por fatiga	4	
Variables	Por trabajar de pie	2	
	Por postura anormal	0	
	Uso de fuerza o energía muscular	0	
	Mala Iluminación	2	
	Condiciones atmosféricas	0	
	Concentración intensa	0	
	Ruido	0	
	Tensión mental	1	
	Monotonía	1	
	Tedio	0	
% Total		15	
s		0,15	

Tabla. Estudio de tiempos operación de realización de diseños.

Estudio de tiempos						Fecha	09/10/2021					
Área	Rasgado					Estudio	4					
Operación	Realización de diseños					Operario	Hombre					
Tiempo	Min					Hora inicio	14:15					
Investigador	Miguel Guachi					Hora final	15:00					
Elemento	Número de ciclos (min)					Resumen						
	1	2	3	4	5	TT	TP	Vd	TN	s	Ts	
RD1	0,06	0,052	0,045	0,062	0,063	0,28	0,06	1,00	0,057	0,15	0,065	
RD2	1,35	1,348	1,324	1,35	1,323	6,69	1,34	1,00	1,339	0,15	1,54	
RD3	0,13	0,11	0,14	0,12	0,13	0,63	0,13	1,00	0,126	0,15	0,145	
RD4	1,27	1,25	1,34	1,24	1,27	6,37	1,27	1,00	1,275	0,15	1,466	
RD5	30,52	30,45	30,32	30,46	30,34	152,09	30,42	1,00	30,42	0,15	34,98	
RD6	0,24	0,22	0,24	0,26	0,22	1,18	0,24	1,00	0,235	0,15	0,27	
RD7	0,24	0,24	0,25	0,28	0,243	1,25	0,25	1,00	0,25	0,15	0,288	
RD8	0,10	0,12	0,123	0,11	0,092	0,54	0,11	1,00	0,108	0,15	0,124	
RD9	0,35	0,345	0,342	0,36	0,39	1,79	0,36	1,00	0,358	0,15	0,412	
Total (min)											39,3	
TT: tiempo total TP: Tiempo promedio Vd: Valoración de desempeño TN: Tiempo normal s: Suplementos Ts: Tiempo estándar												

Tabla. Suplementos de área de pintado.

Cálculo de Suplementos			
Área	Pintado		
Operación	Pintado		
Investigador	Miguel Guachi		
Suplementos		Operario	
		M	F
Constantes	Por necesidades personales	5	
	Base por fatiga	4	
Variables	Por trabajar de pie	2	
	Por postura anormal	0	
	Uso de fuerza o energía muscular	1	
	Mala Iluminación	0	
	Condiciones atmosféricas	0	
	Concentración intensa	2	
	Ruido	0	
	Tensión mental	1	
	Monotonía	1	
	Tedio	0	
% Total		16	
s		0,16	

Tabla. Estudio de tiempos operación de pintado.

Estudio de tiempos											Fecha	12/10/2021					
Área	Pintado										Estudio	5					
Operación	Pintado										Operario	Hombre					
Tiempo	Min										Hora inicio	8:15					
Investigador	Miguel Guachi										Hora final	10:30					
Elemento	Número de ciclos (min)										Resumen						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TT	TP	Vd	TN	s	Ts	
PI1	0,04	0,03	0,04	0,05	0,02	0,02	0,03	0,05	0,03	0,05	0,36	0,04	1,00	0,04	0,16	0,04	
PI2	1,27	1,26	1,32	1,26	1,25	1,32	1,32	1,28	1,25	1,34	12,87	1,29	1,00	1,29	0,16	1,49	
PI3	7,26	7,24	7,23	7,12	7,23	7,35	7,46	7,34	7,25	7,24	72,72	7,27	1,00	7,27	0,16	8,43	
PI4	0,07	0,07	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,03	0,09	0,07	0,57	0,06	1,00	0,06	0,16	0,07	
PI5	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,22	0,17	1,82	0,18	1,00	0,18	0,16	0,21	
PI6	0,38	0,36	0,37	0,33	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	3,53	0,35	1,00	0,35	0,16	0,41	
Total (min)																10,7	
TT: tiempo total TP: Tiempo promedio Vd: Valoración de desempeño TN: Tiempo normal s: Suplementos Ts: Tiempo estándar																	

Tabla. Suplementos de área de lavado.

Cálculo de Suplementos			
Área	Lavado		
Operación	Lavado- Pre secado		
Investigador	Miguel Guachi		
Suplementos		Operario	
		M	F
Constantes	Por necesidades personales	5	
	Base por fatiga	4	
Variables	Por trabajar de pie	2	
	Por postura anormal	0	
	Uso de fuerza o energía muscular	4	
	Mala Iluminación	0	
	Condiciones atmosféricas	0	
	Concentración intensa	0	
	Ruido	2	
	Tensión mental	1	
	Monotonía	0	
	Tedio	0	
% Total		18	
s		0,18	

Tabla. Estudio de tiempos operación de lavado.

Estudio de tiempos						Fecha	12/10/2021				
Área	Lavado					Estudio	6				
Operación	Lavado					Operario	Hombre				
Tiempo	Min					Hora inicio	11:00				
Investigador	Miguel Guachi					Hora final	14:00				
Elemento	Número de ciclos (min)			Resumen							
	1	2	3	TT	TP	Vd	TN	s	Ts		
LL1	1,236	1,234	1,340	3,81	1,27	1,00	1,27	0,18	1,498		
LL2	1,298	1,320	1,350	3,97	1,32	1,00	1,32	0,18	1,561		
LL3	45,020	45,140	44,230	134,39	44,80	1,00	44,8	0,18	52,86		
LL4	0,538	0,534	0,562	1,63	0,54	1,00	0,54	0,18	0,643		
LL5	0,255	0,252	0,263	0,77	0,26	1,00	0,26	0,18	0,303		
LL6	0,230	0,225	0,235	0,69	0,23	1,00	0,23	0,18	0,271		
Total (min)									57,14		
TT: tiempo total TP: Tiempo promedio Vd: Valoración de desempeño TN: Tiempo normal s: Suplementos Ts: Tiempo estándar											

Tabla. Estudio de tiempos operación de pre secado.

Estudio de tiempos											Fecha	12/10/2021			
Área	Lavado								Estudio	7					
Operación	Pre secado								Operario	Hombre					
Tiempo	Min								Hora inicio	15:00					
Investigador	Miguel Guachi								Hora final	17:30					
Elemento	Número de ciclos (min)								Resumen						
	1	2	3	4	5	6	7	8	TT	TP	Vd	TN	s	Ts	
LP1	0,33	0,32	0,332	0,321	0,321	0,342	0,339	0,323	2,62	0,33	1,00	0,328	0,18	0,387	
LP1	1,13	1,12	1,11	1,52	1,23	1,32	1,11	1,21	9,75	1,22	1,00	1,218	0,18	1,438	
LP3	10,36	10,39	10,29	10,23	10,43	10,31	10,42	10,23	82,66	10,33	1,00	10,33	0,18	12,19	
LP4	1,06	1,12	1,089	1,13	1,093	1,21	1,23	1,11	9,04	1,13	1,00	1,131	0,18	1,334	
LP5	0,43	0,53	0,47	0,45	0,421	0,32	0,35	0,45	3,42	0,43	1,00	0,428	0,18	0,505	
Total (min)														15,86	
TT: tiempo total TP: Tiempo promedio Vd: Valoración de desempeño TN: Tiempo normal s: Suplementos Ts: Tiempo estándar															

Tabla. Suplementos de área de secado.

Cálculo de Suplementos			
Área	Secado		
Operación	Secado		
Investigador	Miguel Guachi		
Suplementos		Operario	
		M	F
Constantes	Por necesidades personales	5	
	Base por fatiga	4	
Variables	Por trabajar de pie	2	
	Por postura anormal	0	
	Uso de fuerza o energía muscular	4	
	Mala Iluminación	0	
	Condiciones atmosféricas	0	
	Concentración intensa	0	
	Ruido	2	
	Tensión mental	1	
	Monotonía	0	
	Tedio	0	
% Total		18	
s		0,18	

Tabla. Estudio de tiempos operación de secado.

Estudio de tiempos					Fecha	13/10/2021				
Área	Secado			Estudio		8				
Operación	Secado			Operario		Hombre				
Tiempo	Min			Hora inicio		8:15				
Investigador	Miguel Guachi			Hora final		11:30				
Elemento	Número de ciclos (min)			Resumen						
	1	2	3	TT	TP	Vd	TN	s	Ts	
SS1	0,38	0,37	0,36	1,11	0,37	1,00	0,37	0,18	0,436	
SS2	1,30	1,32	1,36	3,98	1,33	1,00	1,33	0,18	1,567	
SS3	48,00	48,02	47,92	143,94	47,98	1,00	48	0,18	56,62	
SS4	0,58	0,56	0,54	1,69	0,56	1,00	0,56	0,18	0,664	
SS5	0,40	0,37	0,43	1,20	0,40	1,00	0,4	0,18	0,473	
SS6	0,16	0,15	0,16	0,47	0,16	1,00	0,16	0,18	0,185	
SS7	0,12	0,12	0,11	0,35	0,12	1,00	0,12	0,18	0,139	
Total (min)									60,08	
TT: tiempo total TP: Tiempo promedio Vd: Valoración de desempeño TN: Tiempo normal s: Suplementos Ts: Tiempo estándar										

Tabla. Suplementos de área de clasificado.

Cálculo de Suplementos			
Área	Clasificado		
Operación	Clasificado de pantalones		
Investigador	Miguel Guachi		
Suplementos		Operario	
		M	F
Constantes	Por necesidades personales		5
	Base por fatiga		4
Variables	Por trabajar de pie		2
	Por postura anormal		0
	Uso de fuerza o energía muscular		3
	Mala Iluminación		0
	Condiciones atmosféricas		0
	Concentración intensa		0
	Ruido		0
	Tensión mental		1
	Monotonía		1
Tedio		0	
% Total			16
s			0,16

Tabla. Estudio de tiempos operación de clasificado de jeans.

Estudio de tiempos											Fecha	13/10/2021				
Área	Clasificado										Estudio	9				
Operación	Clasificado de jeans										Operario	Mujer				
Tiempo	Min										Hora inicio	12:00				
Investigador	Miguel Guachi										Hora final	15:00				
Elemento	Número de ciclos (min)										Resumen					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TT	TP	Vd	TN	s	Ts
CC1	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,27	0,03	1,00	0,03	0,16	0,03
CC2	2,59	2,47	2,35	2,56	2,38	2,58	2,73	2,42	2,81	2,56	25,46	2,55	1,00	2,55	0,16	2,95
CC3	3,55	3,36	3,51	3,52	3,48	3,78	3,46	3,53	3,57	3,67	35,42	3,54	1,00	3,54	0,16	4,11
CC4	0,17	0,16	0,17	0,14	0,12	0,16	0,16	0,14	0,16	0,17	1,54	0,15	1,00	0,15	0,16	0,18
CC5	0,16	0,15	0,14	0,17	0,17	0,15	0,16	0,16	0,16	0,13	1,56	0,16	1,00	0,16	0,16	0,18
CC6	0,54	0,53	0,58	0,52	0,73	0,67	0,53	0,58	0,52	0,47	5,67	0,57	1,00	0,57	0,16	0,66
Total (min)															8,11	
TT: tiempo total TP: Tiempo promedio Vd: Valoración de desempeño TN: Tiempo normal s: Suplementos Ts: Tiempo estándar																

Anexo 5. Tabla de especificaciones de las máquinas.

Tabla. Especificaciones físicas de la lavadora.

		STONE-35	STONE-45	STONE-75
Altura (A)	mm	1.690	1.690	1.640
Profundidad (B)	mm	1.245	1.245	1.390
Anchura (F)	mm	1.735	1.735	2.300

Figura. Medidas de la lavadora.

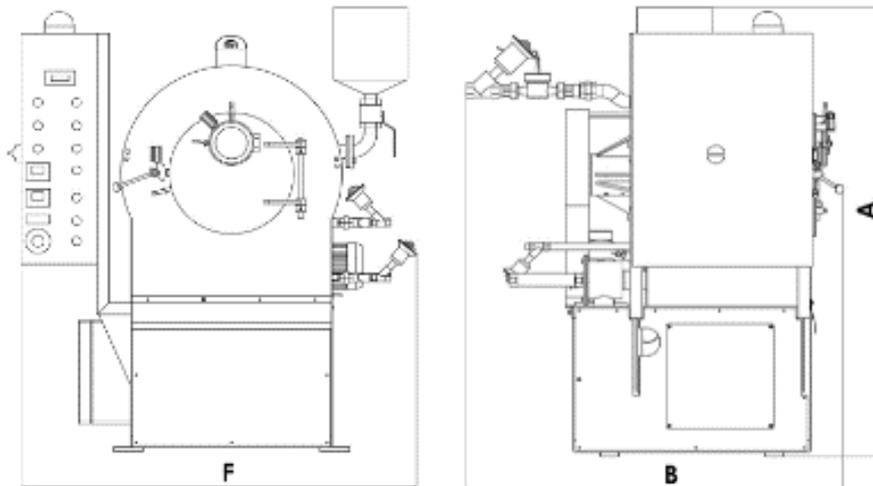


Tabla. Especificaciones físicas de centrifuga.

		TH-30	TH-50	TH-70	TH-120	TH-150
Altura (A)	mm	850	920	1.050	1.233	1.416
Profundidad (B)	mm	1.200	1.320	1.600	1.530	2.007
Anchura (F)	mm	1.400	1.550	1.800	2.121	2.684

Figura. Medidas de la centrifuga.

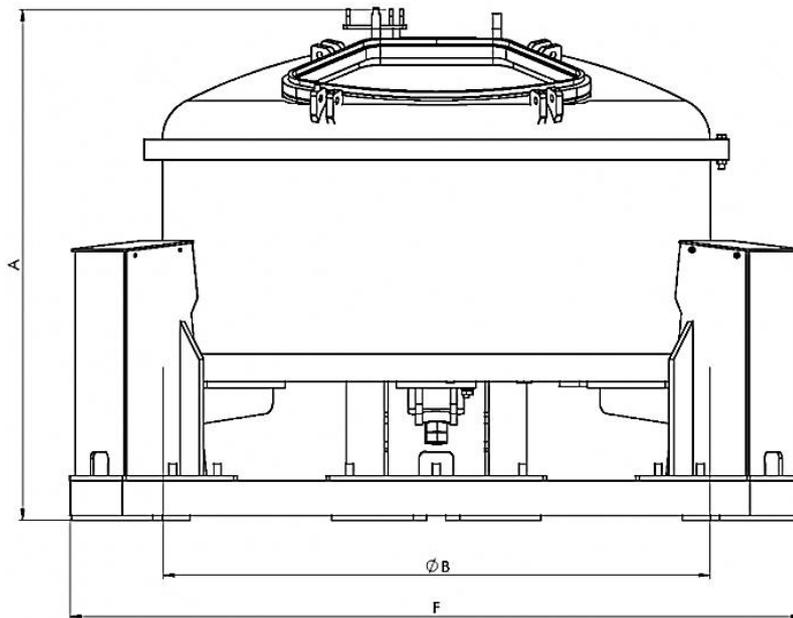


Tabla. Especificaciones físicas de los maniqués.

		TMM-1	TMM-2
Altura (A)	mm	1.000	1.700
Anchura(B)	mm	690	1.700
Profundidad (C)	mm	1.890	500

Figura. Medidas de los maniqués.

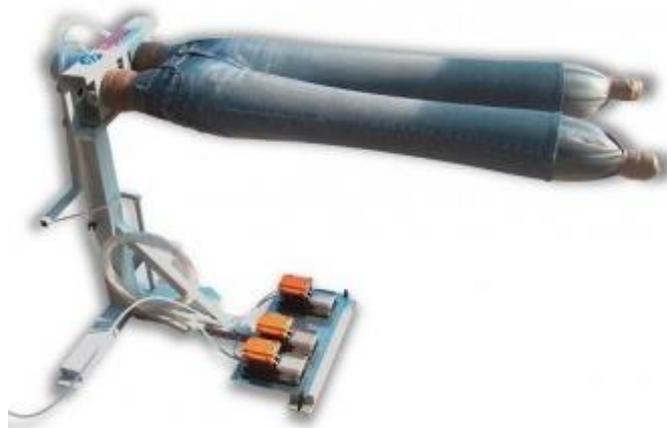


Tabla. Especificaciones físicas de la balanza.

Certificaciones		Dimensiones (mm)				
ENAC		c	d	e	f	h
Código #						
900001		56	115	570	660	640
900001		56	115	570	660	640
900002		56	115	570	660	640
900001		56	115	620	710	840
900002		56	115	620	710	840
900002		56	115	620	710	840
900002		66	130	710	800	840
900002		66	130	710	800	840
900002		82	150	910	1000	840
900003		82	150	910	1000	840

Figura. Medidas de la balanza



Anexo 6. Diagrama de recorrido propuesto.

Figura. Área sin uso y oficina.

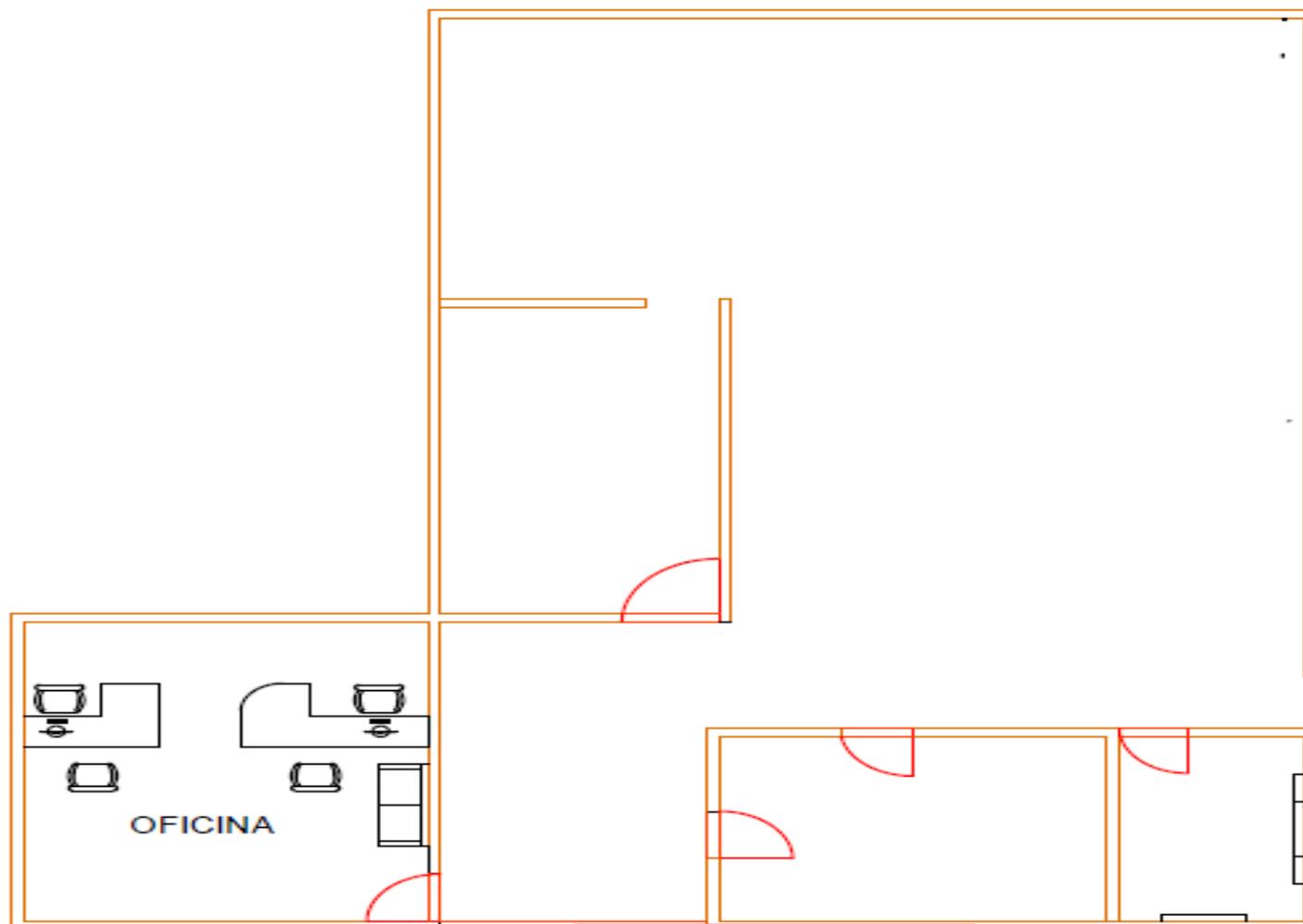


Figura. Área de secado y clasificado.

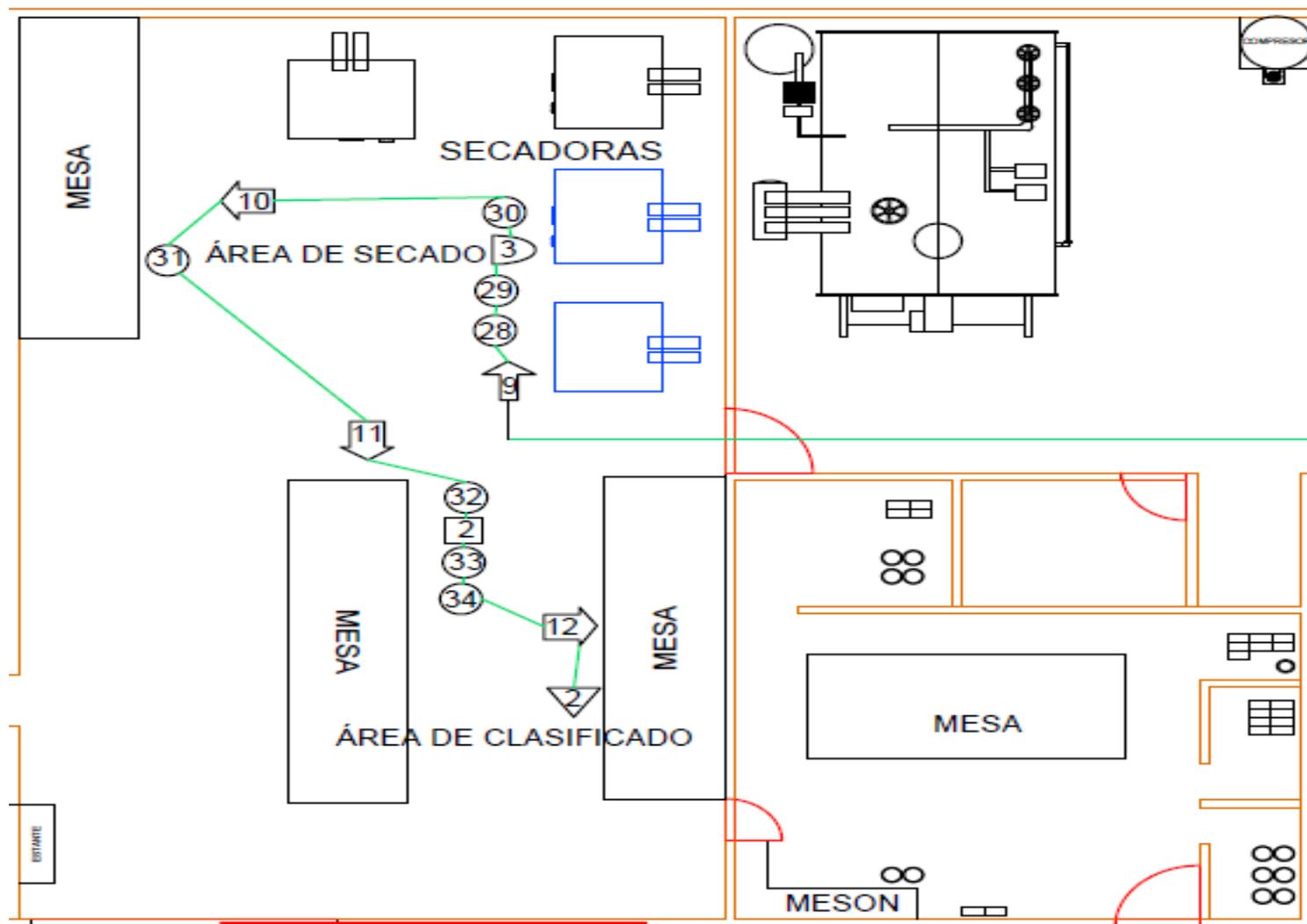


Figura. Área de pesado-rasgado-pintado y lavado.

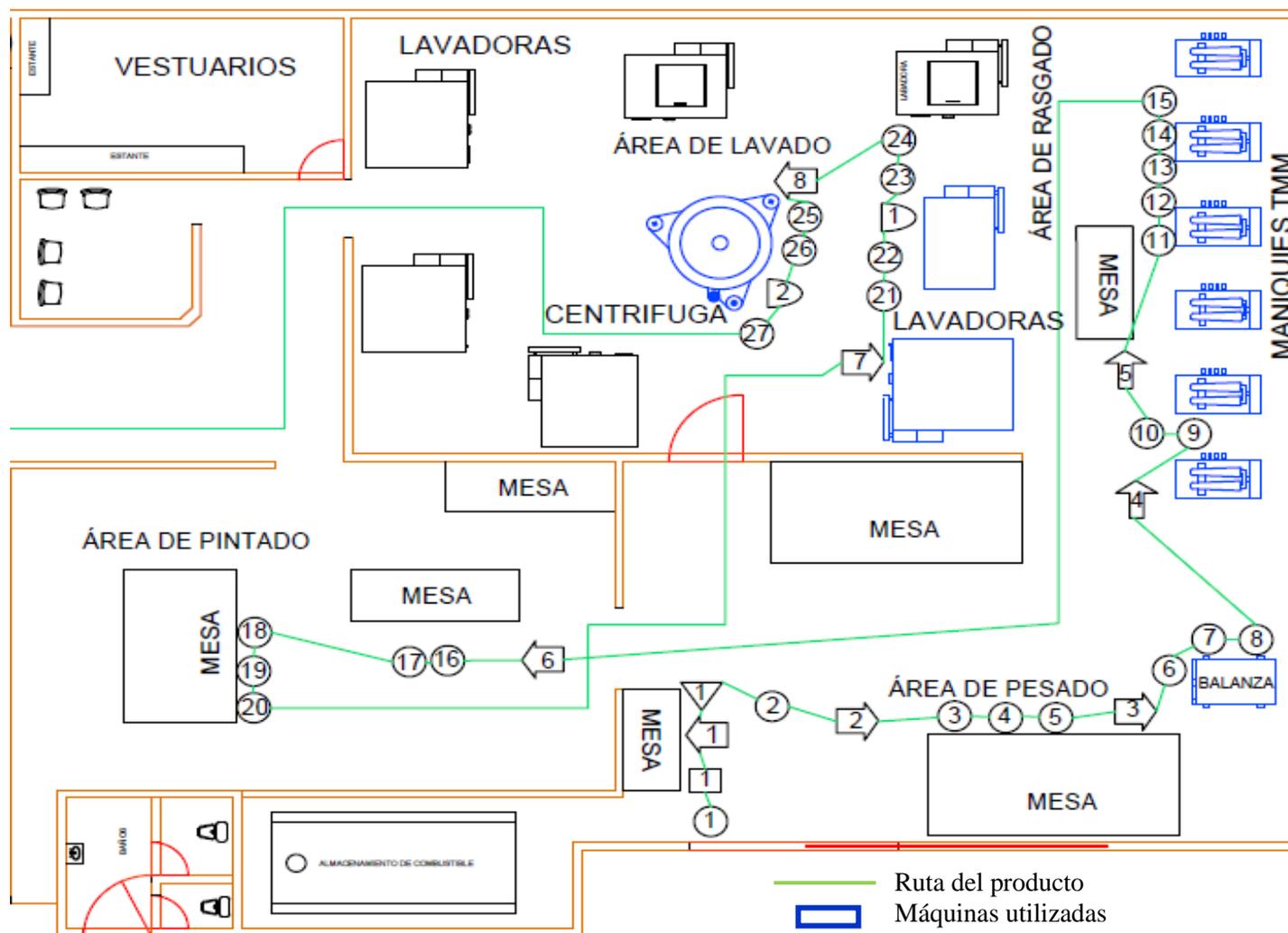
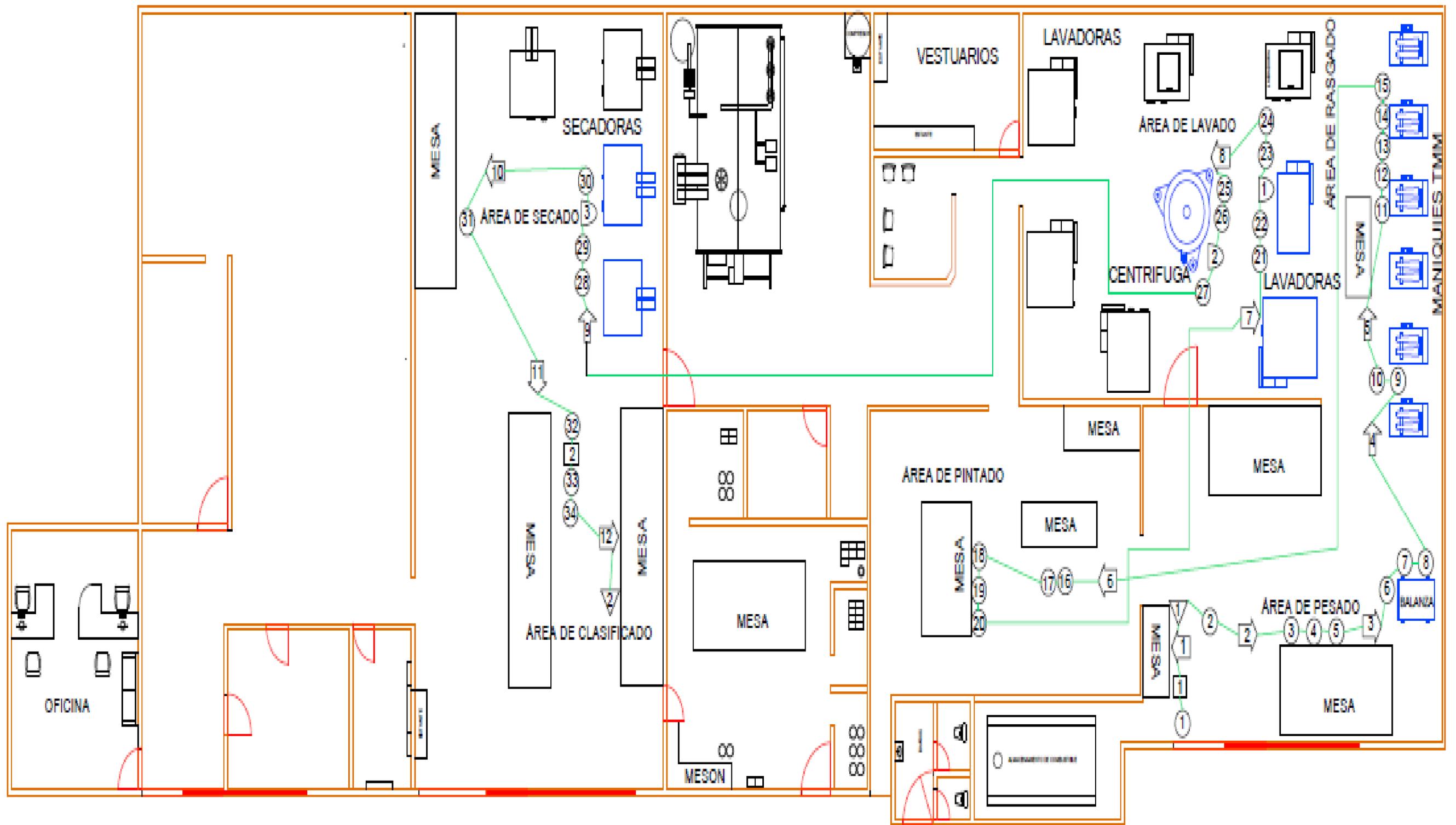


Figura. Distribución de planta propuesta.



Anexo 7. Simulación del estado actual producción mensual.

Figura. Distribución de máquinas

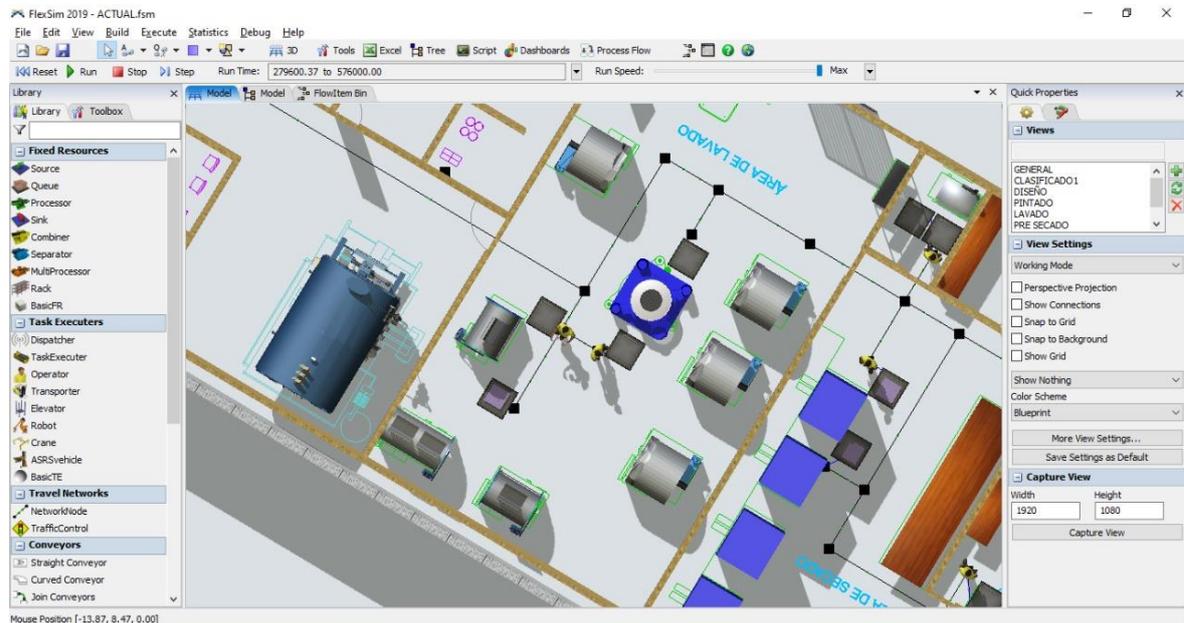


Figura. Distribución de áreas.

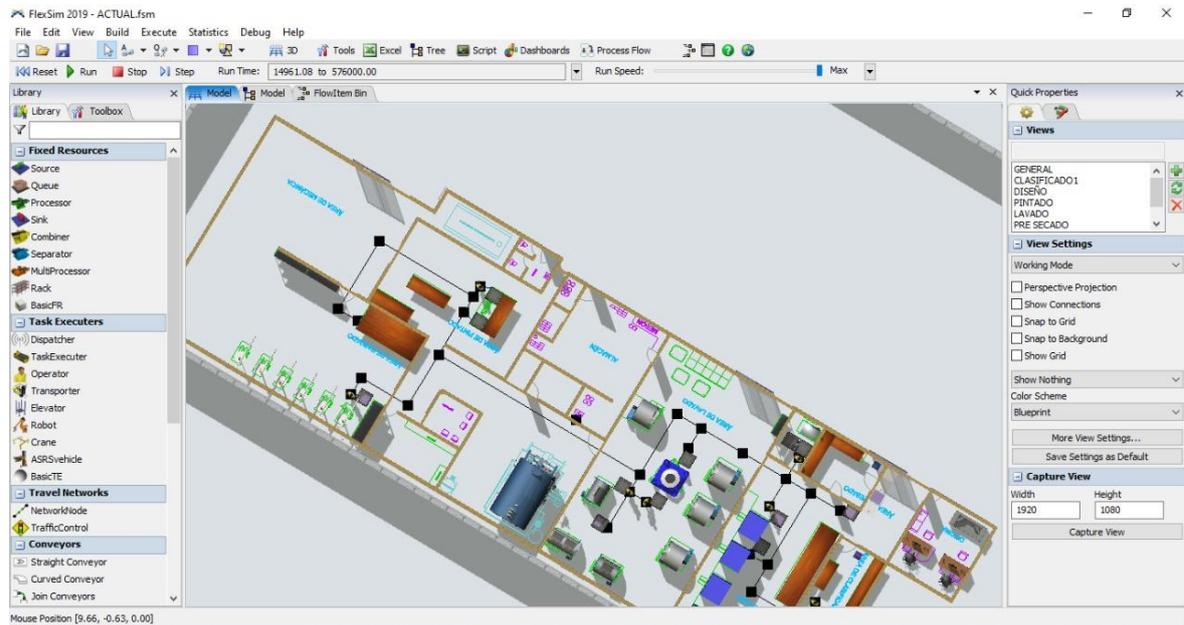


Figura. Rendimiento por hora.

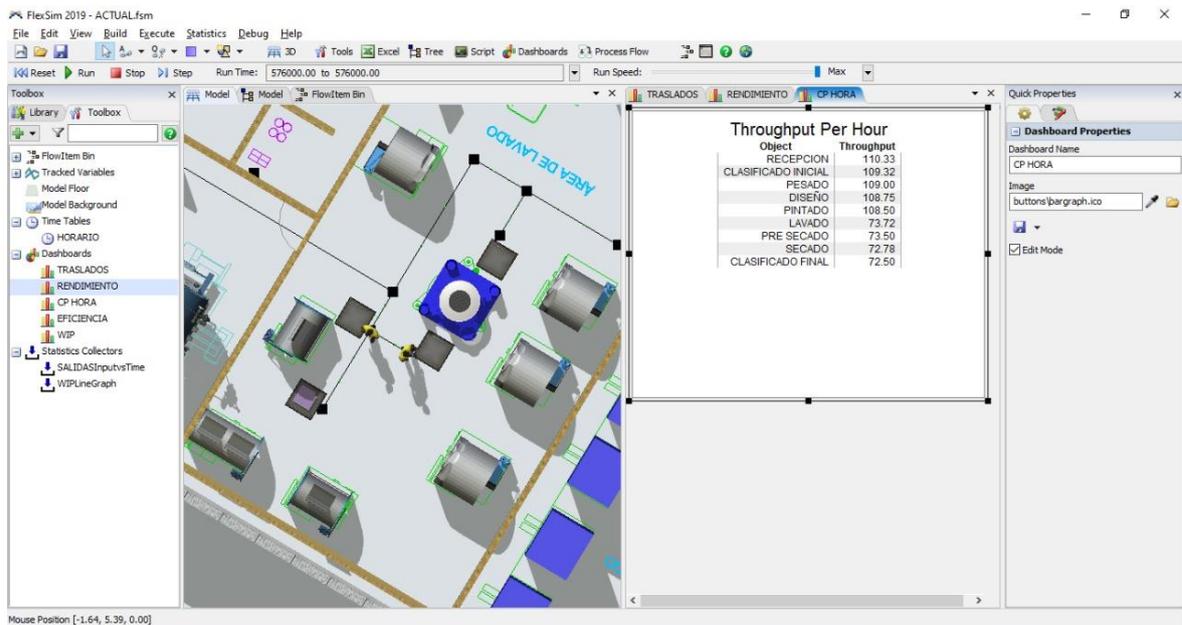


Figura. Rendimiento de las salidas.

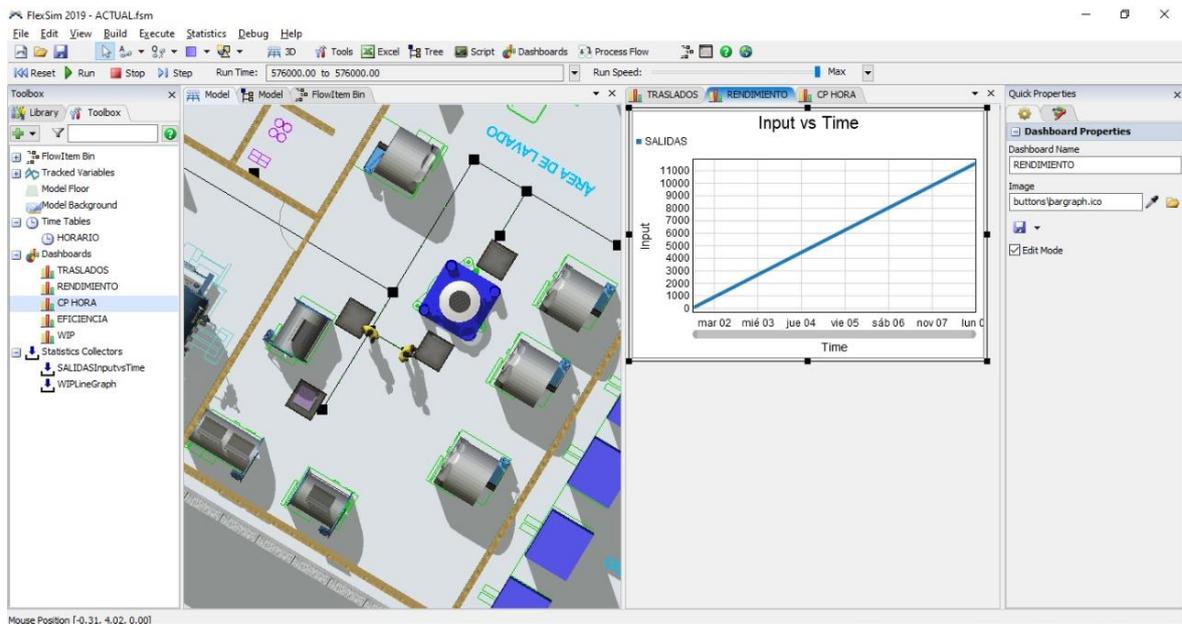


Figura. Indicador de transportes.

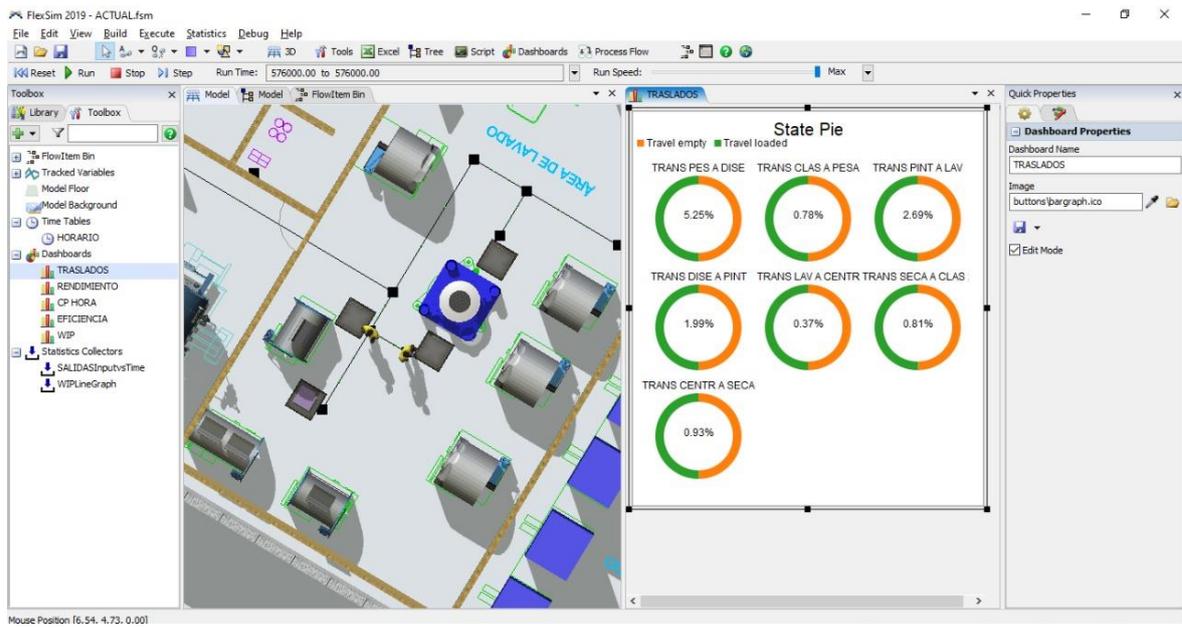
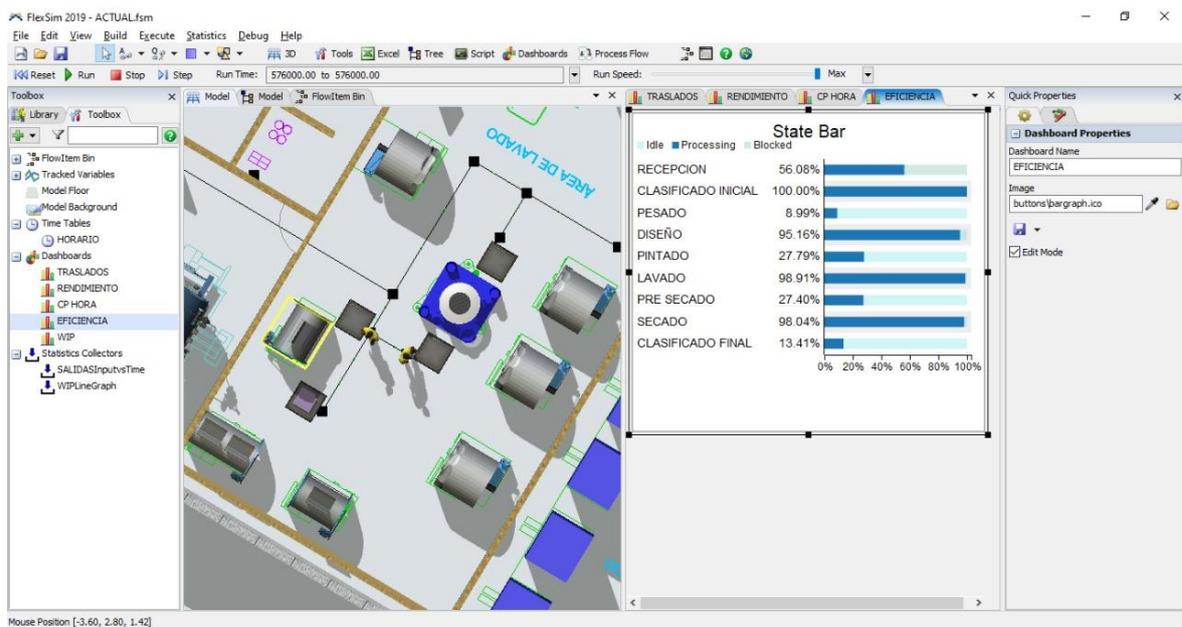


Figura. Indicador de barras de estado.



Anexo 8. Simulación de la propuesta de producción mensual.

Figura. Distribución de máquinas.

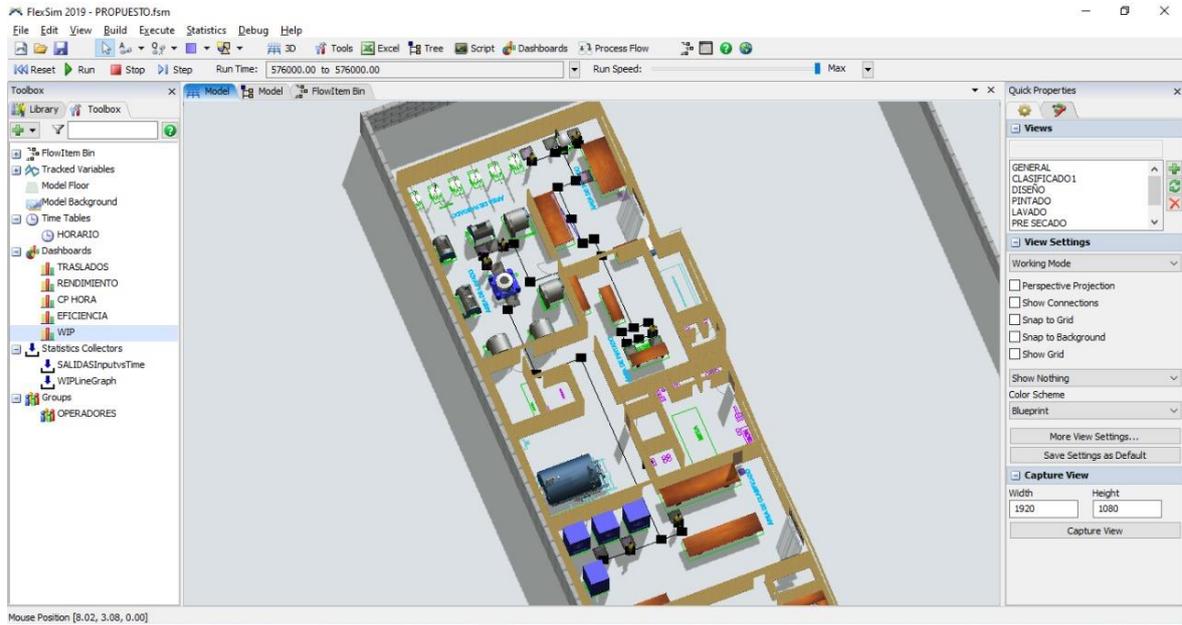


Figura. Distribución de áreas.

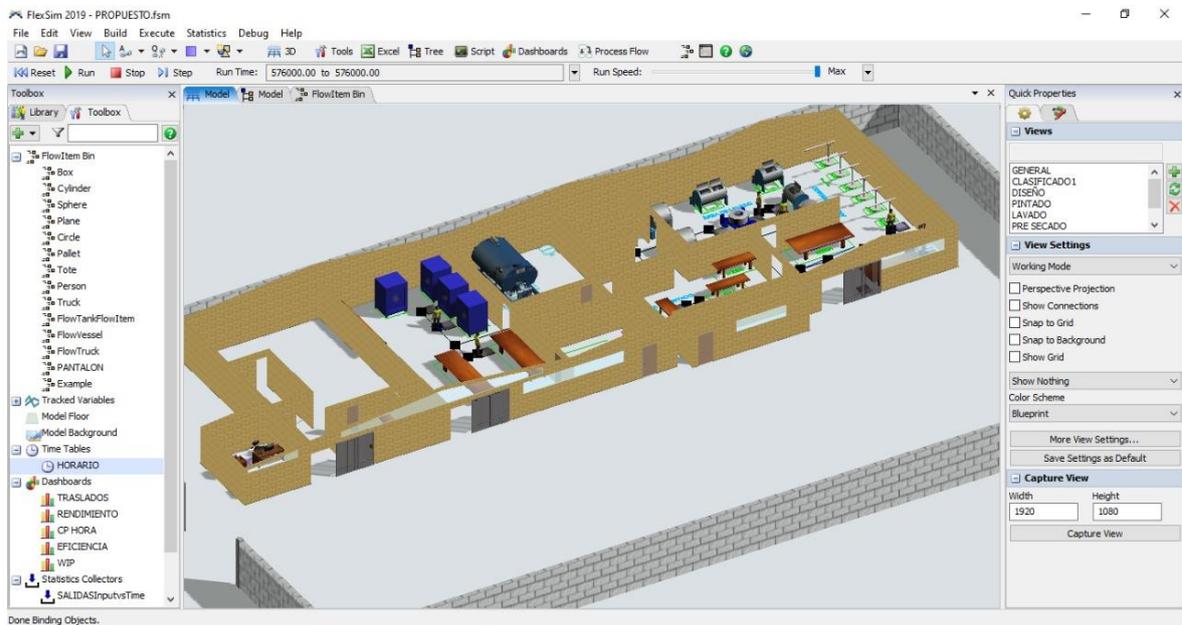


Figura. Rendimiento por hora.

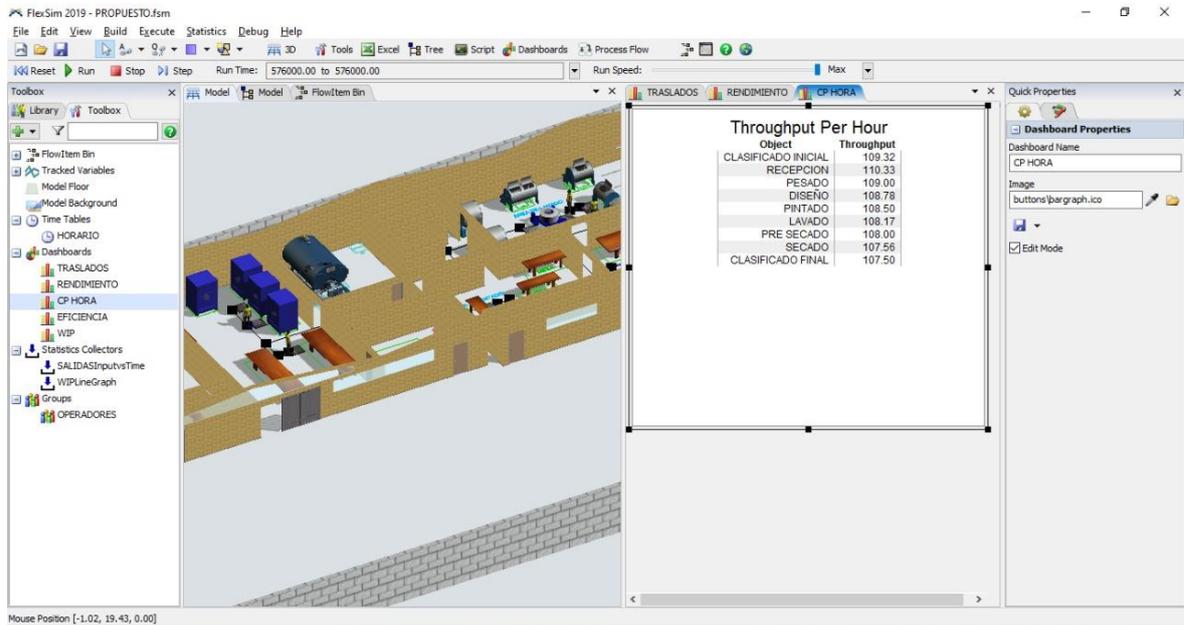


Figura. Rendimiento de las salidas.

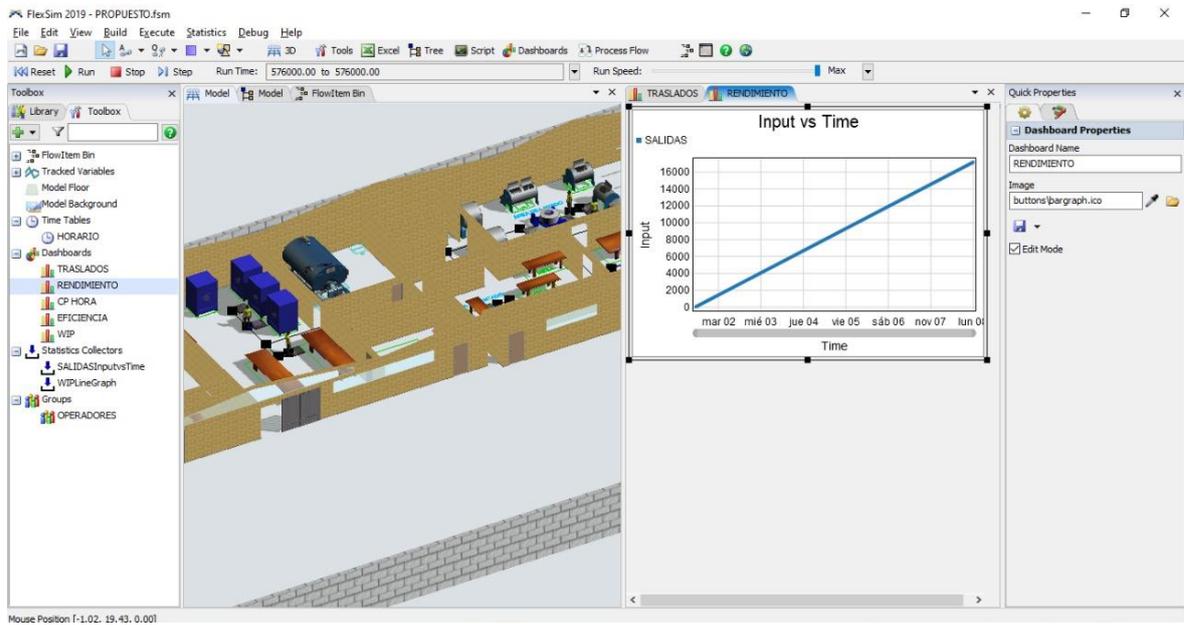


Figura. Indicador de transportes.

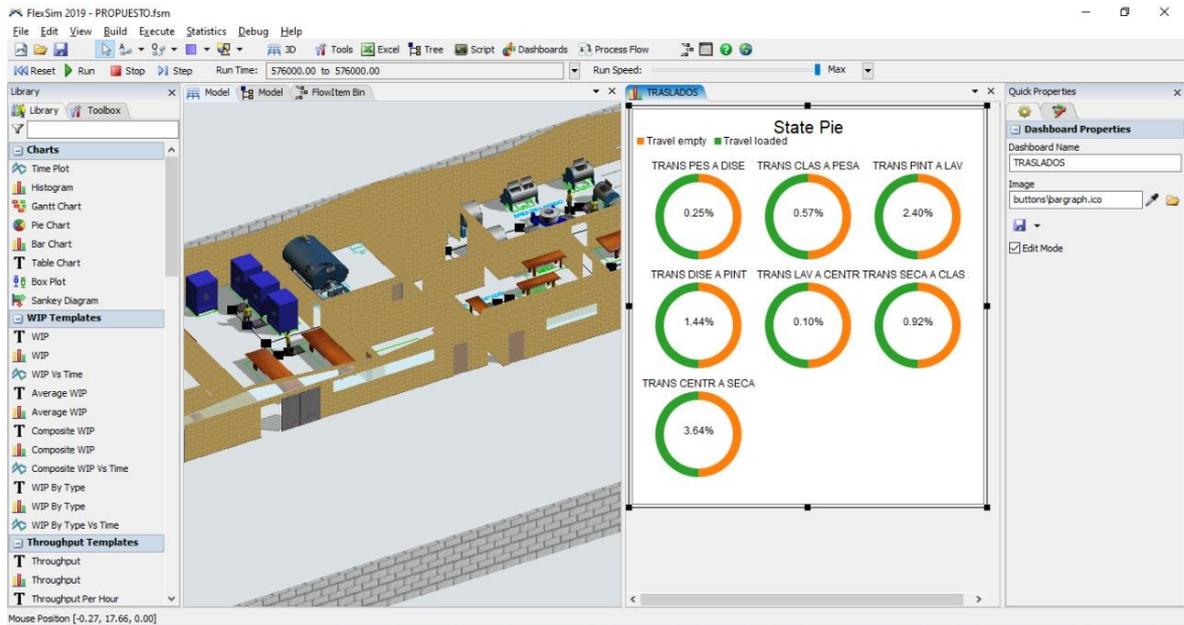


Figura. Indicador de barras de estado.

