



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

## **DISEÑO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA UNA FÁBRICA DE CONFECCIÓN DE ROPA DEPORTIVA**

**Lorena Izabel Ortega Gutiérrez**

Asesorado por el Ing. Sergio Antonio Torres Méndez

Guatemala, septiembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA UNA FÁBRICA DE  
CONFECCIÓN DE ROPA DEPORTIVA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**LORENA IZABEL ORTEGA GUTIÉRREZ**

ASESORADO POR EL ING. SERGIO ANTONIO TORRES MÉNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA INDUSTRIAL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |                                        |
|------------|----------------------------------------|
| DECANO     | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco     |
| VOCAL I    | Ing. Angel Roberto Sic García          |
| VOCAL II   | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III  | Ing. José Milton de León Bran          |
| VOCAL IV   | Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez       |
| VOCAL V    | Br. Carlos Enrique Gómez Donis         |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López      |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

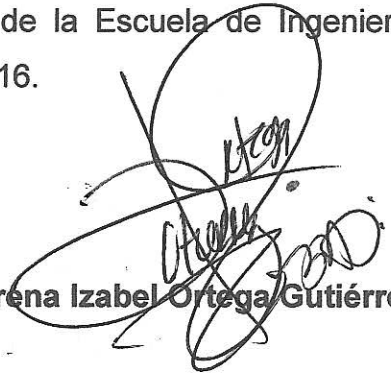
|            |                                    |
|------------|------------------------------------|
| DECANO     | Ing, Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| EXAMINADOR | Ing. José Francisco Gómez Rivera   |
| EXAMINADOR | Ing. Luis Pedro Ortiz de León      |
| EXAMINADOR | Ing. Sergio Antonio Torres Méndez  |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López  |

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **DISEÑO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA UNA FÁBRICA DE CONFECCIÓN DE ROPA DEPORTIVA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 10 de agosto de 2016.



Lorena Izabel Ortega Gutiérrez

Guatemala, 2 de marzo de 2018

Ingeniero

Cesar Ernesto Urquizú Rivas

Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Urquizú:

Por medio de la presente, me dirijo a usted para presentarle el trabajo de graduación elaborado por la estudiante Lorena Izabel Ortega Gutiérrez, con número de carné 2007-14718, titulado "DISEÑO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA UNA FÁBRICA DE CONFECCIÓN DE ROPA DEPORTIVA", el cual he asesorado y revisado.

Por lo que considero que dicho trabajo de graduación reúne los requisitos establecidos y doy la aprobación del mismo.

Atentamente,



Sergio Antonio Torres Méndez

Asesor

Ingeniero Industrial

Colegiado No. 2007

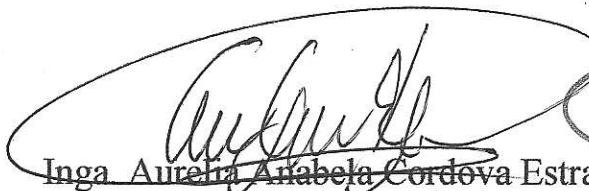




REF.REV.EMI.059.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA UNA FÁBRICA DE CONFECCIÓN DE ROPA DEPORTIVA**, presentado por la estudiante universitaria **Lorena Izabel Ortega Gutiérrez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Inga Aurelia Anabela Cordova Estrada  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2018.

/mgp



REF.DIR.EMI.116.018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA UNA FÁBRICA DE CONFECCIÓN DE ROPA DEPORTIVA**, presentado por la estudiante universitaria Lorena Izabel Ortega Gutiérrez, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Juan José Peralta Dardón  
**DIRECTOR**

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2018.



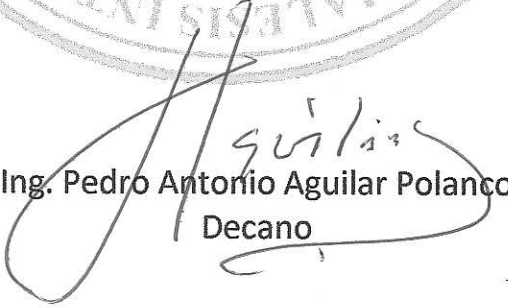
/mgp



DTG. 326.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA UNA FÁBRICA DE CONFECCIÓN DE ROPA DEPORTIVA**, presentado por la estudiante universitaria: **Lorena Izabel Ortega Gutiérrez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, septiembre de 2018

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

|                                  |                                                                                                                     |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Dios</b>                      | Por ser fiel, sobrenatural y dador de sabiduría al sorprenderme en cada paso que doy.                               |
| <b>Mis padres</b>                | Cesar Ortega y Lorena de Ortega, que sin duda alguna sus oraciones y amor sin medida me ayudaron a seguir adelante. |
| <b>Mis hermanos</b>              | Samuel y Gabriela, Ortega Gutierrez, por su gran amor y apoyo incondicional.                                        |
| <b>Mi esposo</b>                 | Willy Herrera, por los ánimos, oraciones y amor que me demostró a lo largo de este trayecto.                        |
| <b>Mis abuelos</b>               | Buenaventura Ortega y Amparo de Ortega que siempre tuvieron un abrazo cálido para mí.                               |
| <b>Mi prima</b>                  | Alisson Larios por escucharme y apoyarme sin esperar nada a cambio.                                                 |
| <b>Mis compañeros de trabajo</b> | Por apoyarme en realizar este proyecto.                                                                             |

**Mi familia**

En general porque de una u otra manera estuvieron para apoyarme.

**Mis amigas**

Nivia Garzona y Naara Aragón porque en las buenas y malas siempre estuvieron allí para mí.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

|                                                        |                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Universidad de San Carlos</b>                       | Por ser una importante influencia en mi carrera, y brindarme los conocimientos necesarios para enfrentar la realidad del trabajo. |
| <b>Facultad de Ingeniería</b>                          | Por haberme brindado la oportunidad de integrar los conocimientos suficientes para ser llamada ingeniera.                         |
| <b>Mis padres y hermanos</b>                           | Por su gran amor incondicional y apoyo sin medida                                                                                 |
| <b>Willy Herrera</b>                                   | Por ser paciente y amarme profundamente.                                                                                          |
| <b>Ing. Sergio Torres</b>                              | Persona respetable que me brindó su amistad, tiempo y sus conocimientos sin envidiar nada.                                        |
| <b>Mis pastores Rafael Herrera y Alma de Herrera</b>   | Por enseñarme que la sabiduría viene de Dios, además extender su amor puro y sincero.                                             |
| <b>Mis pastores Noe Canú y su esposa Hilda de Canú</b> | Por orar siempre y ayudarme a pedirle a Dios sabiduría para culminar esta meta.                                                   |

## ÍNDICE GENERAL

|                                         |      |
|-----------------------------------------|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....            | VII  |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....                 | IX   |
| GLOSARIO .....                          | XI   |
| RESUMEN.....                            | XV   |
| OBJETIVOS.....                          | XVII |
| INTRODUCCIÓN .....                      | XIX  |
| <br>                                    |      |
| 1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA .....    | 1    |
| 1.1. Historia de la empresa.....        | 1    |
| 1.1.1. Misión .....                     | 2    |
| 1.1.2. Visión.....                      | 2    |
| 1.2. Organigrama general.....           | 2    |
| 1.3. Descripción del producto .....     | 3    |
| 1.3.1. Materias primas utilizadas ..... | 4    |
| 1.4. Equipos y maquinarias .....        | 6    |
| 1.4.1. Corte.....                       | 6    |
| 1.4.2. Serigrafía .....                 | 6    |
| 1.4.3. Confección.....                  | 8    |
| 1.4.4. Bordado .....                    | 9    |
| 1.4.5. Empaque y despite .....          | 9    |
| 1.5. Demanda de producto .....          | 10   |
| 1.5.1. Proyección de ventas .....       | 10   |
| 1.5.1.1. Análisis secundario.....       | 12   |
| 1.5.1.2. Pronóstico de riesgo .....     | 15   |

|          |                                              |    |
|----------|----------------------------------------------|----|
| 2.       | MARCO TEÓRICO .....                          | 17 |
| 2.1.     | Diseño de una planta industrial .....        | 17 |
| 2.1.1.   | Definición de diseño de planta .....         | 17 |
| 2.1.2.   | Principios básicos del diseño de planta..... | 18 |
| 2.2.     | Ventilación industrial .....                 | 18 |
| 2.2.1.   | Tipos de ventilación.....                    | 19 |
| 2.2.1.1. | Ventilación natural.....                     | 19 |
| 2.2.1.2. | Ventilación forzada.....                     | 20 |
| 2.3.     | Iluminación industrial.....                  | 22 |
| 2.4.     | Propiedades del sonido.....                  | 25 |
| 2.4.1.   | El oído .....                                | 25 |
| 2.4.1.1. | Anatomía y fisiología .....                  | 26 |
| 2.4.2.   | Ruido.....                                   | 29 |
| 2.4.3.   | Factores que influyen en el ruido .....      | 29 |
| 2.4.3.1. | Ondas sonoras.....                           | 30 |
| 2.4.3.2. | Frecuencia.....                              | 30 |
| 2.4.3.3. | Decibeles.....                               | 30 |
| 2.4.3.4. | Intensidad.....                              | 30 |
| 2.5.     | Enfermedades ocupacionales .....             | 31 |
| 2.6.     | Ergonomía.....                               | 32 |
| 2.7.     | Diagramas de procesos .....                  | 34 |
| 2.7.1.1. | Diagrama de flujo .....                      | 34 |
| 2.7.1.2. | Diagrama de recorrido.....                   | 36 |
| 3.       | INFRAESTRUCTURA ACTUAL DE LA EMPRESA .....   | 39 |
| 3.1.     | Ubicación geográfica.....                    | 39 |
| 3.2.     | Infraestructura actual.....                  | 40 |
| 3.2.1.   | Techos.....                                  | 40 |
| 3.2.2.   | Pisos .....                                  | 41 |

|          |                                                            |    |
|----------|------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.3.   | Paredes .....                                              | 41 |
| 3.2.4.   | Ventilación .....                                          | 42 |
| 3.2.5.   | Iluminación.....                                           | 43 |
| 3.2.6.   | Ruidos .....                                               | 43 |
| 3.3.     | Distribución de planta .....                               | 44 |
| 3.4.     | Diagrama de recorrido actual .....                         | 46 |
| 3.5.     | Recursos de producción .....                               | 48 |
| 3.5.1.   | Materiales .....                                           | 49 |
| 3.5.2.   | Maquinaria y equipo .....                                  | 50 |
| 4.       | DISEÑO DE LA PLANTA INDUSTRIAL .....                       | 53 |
| 4.1.     | Ventilación .....                                          | 53 |
| 4.1.1.   | Importancia de la ventilación en una planta.....           | 53 |
| 4.1.2.   | Parámetros para el diseño de ventilación en<br>planta..... | 53 |
| 4.1.3.   | Efectos agudos de calor .....                              | 55 |
| 4.1.3.1. | Golpe de calor .....                                       | 55 |
| 4.1.3.2. | Agotamiento por calor.....                                 | 55 |
| 4.1.3.3. | Calambres por calor .....                                  | 56 |
| 4.1.4.   | Diseño del sistema de ventilación.....                     | 56 |
| 4.1.4.1. | Volúmenes necesarios por persona ....                      | 57 |
| 4.1.4.2. | Renovación de aire en número de<br>veces por hora.....     | 57 |
| 4.1.4.3. | Cálculos.....                                              | 59 |
| 4.2.     | Iluminación .....                                          | 60 |
| 4.2.1.   | Flujo luminoso.....                                        | 61 |
| 4.2.1.1. | Intensidad luminosa.....                                   | 62 |
| 4.2.2.   | Tipos de iluminación .....                                 | 63 |
| 4.2.2.1. | Iluminación natural.....                                   | 63 |

|        |          |                                                     |    |
|--------|----------|-----------------------------------------------------|----|
|        | 4.2.2.2. | Iluminación artificial .....                        | 63 |
| 4.2.3. |          | Tipos de lámparas industriales.....                 | 64 |
| 4.2.4. |          | Métodos de cálculos de iluminación.....             | 66 |
|        | 4.2.4.1. | Método cavidad zonal .....                          | 67 |
|        | 4.2.4.2. | Método del rendimiento .....                        | 68 |
|        | 4.2.4.3. | Método punto por punto .....                        | 70 |
| 4.2.5. |          | Diseño del sistema de iluminación .....             | 71 |
|        | 4.2.5.1. | Cálculos.....                                       | 71 |
| 4.3.   |          | Ruido.....                                          | 76 |
| 4.4.   |          | Efectos de la exposición al ruido .....             | 77 |
| 4.5.   |          | Instrumentos para medición de ruido .....           | 79 |
|        | 4.5.1.   | Sonómetros .....                                    | 79 |
|        | 4.5.2.   | Dosímetro.....                                      | 80 |
| 4.6.   |          | Tipos de ruido .....                                | 80 |
|        | 4.6.1.   | Ruido continuo .....                                | 81 |
|        | 4.6.2.   | Ruido intermitente .....                            | 81 |
|        | 4.6.3.   | Ruido de aleatorio .....                            | 81 |
|        | 4.6.3.1. | Ruido blanco .....                                  | 82 |
|        | 4.6.3.2. | Ruido rosa.....                                     | 82 |
| 4.7.   |          | Reglamento nacional sobre exposición al ruido ..... | 83 |
| 4.8.   |          | Análisis y resultado de exposición al ruido .....   | 85 |
| 5.     |          | DISTRIBUCIÓN DE PLANTA .....                        | 89 |
| 5.1.   |          | Distribución de planta.....                         | 89 |
|        | 5.1.1.   | Concepto .....                                      | 89 |
|        | 5.1.2.   | Características .....                               | 90 |
|        | 5.1.3.   | Tipos de distribución .....                         | 90 |
|        | 5.1.3.1. | Distribución por producto.....                      | 90 |
|        | 5.1.3.2. | Distribución por proceso.....                       | 91 |

|                       |                                                             |     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1.3.3.              | Distribución punto fijo .....                               | 93  |
| 5.2.                  | Diagramas de distribución de planta para Samy Deportes..... | 93  |
| 5.2.1.                | Diagrama de flujo.....                                      | 100 |
| CONCLUSIONES .....    |                                                             | 103 |
| RECOMENDACIONES ..... |                                                             | 107 |
| BIBLIOGRAFÍA .....    |                                                             | 109 |





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|     |                                                                     |    |
|-----|---------------------------------------------------------------------|----|
| 1.  | Organigrama general de Samy Deportes.....                           | 3  |
| 2.  | Gráfico de ventas durante 24 meses.....                             | 11 |
| 3.  | Gráfico de ventas durante 36 meses.....                             | 11 |
| 4.  | Ventilación por sobrepresión.....                                   | 21 |
| 5.  | Ventilación por depresión.....                                      | 22 |
| 6.  | Clasificación de luminarias según sus características ópticas ..... | 23 |
| 7.  | Luminarias según el plano .....                                     | 24 |
| 8.  | Sistemas de iluminación.....                                        | 25 |
| 9.  | Oído externo .....                                                  | 26 |
| 10. | Oído medio.....                                                     | 27 |
| 11. | Oído interno .....                                                  | 28 |
| 12. | Postura de un operario de costura .....                             | 33 |
| 13. | Diagrama de recorrido.....                                          | 37 |
| 14. | Ubicación geográfica Samy Deportes .....                            | 39 |
| 15. | Estado actual de techos .....                                       | 40 |
| 16. | Estado de paredes .....                                             | 42 |
| 17. | Diagrama de recorrido actual de materia prima .....                 | 47 |
| 18. | Cortadoras industriales .....                                       | 51 |
| 19. | Máquinas de costura .....                                           | 52 |
| 20. | Flujo luminoso .....                                                | 61 |
| 21. | Diferencia entre el flujo luminoso y la intensidad luminosa .....   | 62 |
| 22. | Distribución de luminarias .....                                    | 76 |
| 23. | Ruido blanco, su espectro es plano en frecuencia.....               | 82 |

|     |                                                              |     |
|-----|--------------------------------------------------------------|-----|
| 24. | Ruido rosa, su espectro es decreciente en frecuencia .....   | 83  |
| 25. | Diagrama de acuerdo al proceso opción 1 .....                | 95  |
| 26. | Diagrama de acuerdo al proceso opción 2 .....                | 96  |
| 27. | Diagrama de acuerdo al proceso opción 3 .....                | 97  |
| 28. | Diagrama de acuerdo al proceso opción 4 .....                | 98  |
| 29. | Diagrama de acuerdo al proceso opción 5 .....                | 99  |
| 30. | Diagrama de flujo de proceso para bordado .....              | 100 |
| 31. | Diagrama de flujo de proceso para costura y sublimación..... | 101 |
| 32. | Diagrama de flujo de proceso para serigrafía .....           | 102 |

## TABLAS

|       |                                                                  |    |
|-------|------------------------------------------------------------------|----|
| I.    | Ventas de tres periodos completos.....                           | 10 |
| II.   | Resumen de promedio vertical de ventas.....                      | 13 |
| III.  | Resumen de datos necesarios para pronóstico de riesgo .....      | 14 |
| IV.   | Pronóstico de riesgo para el cuarto periodo, Samy Deportes ..... | 15 |
| V.    | Porcentaje de molestias en operario de máquina de costura .....  | 33 |
| VI.   | Símbolos de un diagrama de flujo.....                            | 35 |
| VII.  | Límites permitidos de exposición de ruido por hora.....          | 44 |
| VIII. | Volúmenes de aire necesarios por persona.....                    | 57 |
| IX.   | Número de renovaciones de aire por hora.....                     | 58 |
| X.    | Coeficiente para cálculo del flujo de aire .....                 | 59 |
| XI.   | Coeficientes de reflexión.....                                   | 69 |
| XII.  | Flujo lumínico por lámpara.....                                  | 69 |
| XIII. | Nivel de reflectancias en las superficies .....                  | 72 |
| XIV.  | Consecuencias físicas provocadas por el estrés .....             | 78 |
| XV.   | Tiempo de exposición por día en horas, minutos y segundos .....  | 84 |
| XVI.  | Tabla de medición de exposición a la máquina de bordado .....    | 85 |

## LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo              | Significado                                                   |
|----------------------|---------------------------------------------------------------|
| <b>Cd</b>            | Candela                                                       |
| <b>Cm</b>            | Centímetro                                                    |
| <b>CMYK</b>          | Cyan, Magenta, Yellow, Key    Kit de colores para sublimación |
| <b>dB</b>            | Decibeles                                                     |
| <b>Φ</b>             | Flujo luminoso                                                |
| <b>°C</b>            | Grados Celsius                                                |
| <b>° ‘ “</b>         | Grados, minutos, segundos                                     |
| <b>Hz</b>            | Hertzios                                                      |
| <b>i</b>             | Índice estacional                                             |
| <b>Km/h</b>          | Kilómetros por hora                                           |
| <b>m<sup>2</sup></b> | Metro cuadrado                                                |
| <b>m<sup>3</sup></b> | Metro cúbico                                                  |
| <b>N</b>             | Norte                                                         |
| <b>O</b>             | Oeste                                                         |
| <b>Xhor</b>          | Promedio de ventas en forma horizontal                        |
| <b>Xver</b>          | Promedio de ventas en forma vertical                          |
| <b>Rcp</b>           | Reflectancia de piso                                          |
| <b>Rcc</b>           | Reflectancia de piso a cielo                                  |
| <b>Rca</b>           | Reflectancia de piso a techo                                  |
| <b>W</b>             | Watts                                                         |



## **GLOSARIO**

|                        |                                                                                                                                                             |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Bordado digital</b> | Arte que consiste en la ornamentación a través de hebras textiles sobre un material, generalmente tela.                                                     |
| <b>Carretel</b>        | Pieza cilíndrica en donde se enrolla hilo para formar las cadenas junto con el hilo para bordar.                                                            |
| <b>Climatización</b>   | Consiste en crear condiciones adecuadas de humedad, limpieza y temperatura para un espacio.                                                                 |
| <b>Despitar</b>        | Consiste en retirar todos los hilos sobrantes de la prenda de vestir que ha dejado la unión de todas sus piezas.                                            |
| <b>Eficaz</b>          | Capacidad que tiene una persona o una entidad de realizar una tarea cumpliéndola bajo los parámetros establecidos a cabalidad.                              |
| <b>Eficiencia</b>      | Los recursos son aprovechados al máximo, reduciendo el costo y generando los mismos efectos, es decir, cumplir con los parámetros establecidos a cabalidad. |
| <b>Embobinado</b>      | Esta técnica consiste en que el hilo da varias vueltas por medio de una máquina alrededor de un cilindro de aluminio, proporcionando así hilo inferior para |

formar las cadenas con el hilo exterior formando el bordado o sobrecosturas en las prendas.

**Empírico**

Construcción o desarrollo de algo que está basado en la experiencia, sin poseer un conocimiento científico.

**Ergonomía**

Estudio de las condiciones fisiológicas, psicológicas y anatómicas más adecuadas para el trabajador al momento de realizar una tarea.

**Fluctuación**

Alude al incremento o reducción de alguna cosa en particular de manera alternada.

**Luxes**

Unidad del sistema internacional de medida para los niveles de iluminación equivale a un lumen / m<sup>2</sup>.

**Monocromático**

Hace referencia a lo que tiene únicamente un color y las diversas intensidades que este presenta.

**Mota**

Pequeñas partículas que sueltan los tejidos al momento de ser manipulados.

**Patrón**

Herramienta utilizada en corte para ser una guía en la talla y formas de la prenda solicitada.

**Prensatelas**

Pieza de la máquina de coser que, como su nombre lo indica, prensa la tela que se une con los dientes de la misma.

**Serigrafía**

Impresión empleada sobre cualquier tipo de material, consiste en transferir tinta o pintura, a través de una malla tensada en un marco.





## **RESUMEN**

La empresa Samy Deportes comenzó como una empresa familiar, por lo que su taller está diseñado empíricamente, no cuenta con las condiciones adecuadas para la operación de sus productos.

Para la empresa es importante contar con una distribución flexible de las instalaciones, que esta a su vez permita atender y adaptarse a cambios en los volúmenes de producción o cambios ante la introducción de nuevos productos o maquinaria, esto se debe lograr sin que afecte los niveles de producción requeridos para cumplir con la demanda y sin que requiera mayores inversiones en ajustes o modificaciones.

La finalidad del diseño industrial para este taller es menguar el desorden, evitando de esta manera los defectos que se puedan provocar en las prendas terminadas e ir en busca de una mejora continua, esta se desarrolla a partir del marco teórico de la ingeniería de plantas, la investigación de la demanda del producto, los requerimientos de espacios para maquinaria y equipo, flujo de operaciones, entre otros.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar una planta industrial para un taller de ropa deportiva, optimizando los espacios de los elementos que integran el departamento de producción.

### **Específicos**

1. Determinar la demanda actual de los productos para analizar el crecimiento constante del taller, atendiendo a un diseño que se adapte al cambio sin que requiera mayores inversiones.
2. Analizar la infraestructura actual para definir el ordenamiento del área de producción.
3. Diseñar la iluminación, ventilación y control de ruidos para proporcionar un ambiente adecuado para los procesos de producción.
4. Analizar los factores que integren la distribución de maquinaria, equipo y recurso humano para cubrir la demanda actual y futura.



## INTRODUCCIÓN

Cada vez más las empresas deben asegurar a través de los detalles sus ganancias. Por lo tanto, se hace indispensable evaluar con minuciosidad mediante un adecuado diseño y distribución de la planta, todos los detalles acerca del qué, cómo, con qué y dónde producir, de tal manera que se consiga el mejor funcionamiento de las instalaciones.

Las plantas industriales necesitan métodos y técnicas que deben ser analizadas y aplicables a los ambientes de trabajo en cuestión. Toda planta industrial debe realizar un análisis para que, de esa manera, por ejemplo, diseñar cuál es la ventilación adecuada para la planta, por la cantidad de personas necesarias en un ambiente o por otro lado factores de la iluminación, la distribución de la maquinaria, los pisos y techos adecuados, los colores industriales, entre otros. Son necesarios para reducir: riesgos de enfermedades profesionales, accidentes de trabajo, entre otros.

El momento más oportuno para considerar un cambio o diseño en la distribución de una planta es cuando se realizan mejoras en los métodos o maquinaria, ya que con las buenas distribuciones de estas, se plantean las necesidades específicas que cada una requiere para su buen funcionamiento.

En la empresa Samy Deportes, surge la necesidad del análisis y diseño de una planta industrial, ya que el actual taller fue construido empíricamente, por lo que, debido a un crecimiento empresarial y cambios climáticos, las instalaciones ahora distribuidas se tornan pequeñas e incómodas, formando

así, un desorden en la distribución de su maquinaria, materia prima e incomodidades para los trabajadores.

# **1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

## **1.1. Historia de la empresa**

En 1991 César Ortega con su esposa Lorena Gutiérrez, decidieron dejar sus trabajos para arriesgarse a un nuevo reto, la superación de lo que ellos ya sabían hacer en sus antiguos trabajos, la fabricación y venta de ropa deportiva.

En sus inicios Samy Deportes (en honor a su único hijo varón), vendían solo uniformes de futbol, comenzando a lanzar el producto en los departamentos de Escuintla y Cobán. El primer taller fue en Ciudad Real 2, zona 12 de la capital de Guatemala, en ese pequeño lugar pero con una gran visión, la empresa solo contaba con 2 máquinas de costura, las cuales la señora Gutiérrez operaba. El crecimiento que iban adquiriendo los hizo mudarse a la 5ta. Samayoa, zona 7, el mismo año de la fundación de la empresa, comprando más equipo de costura y contratando a 3 operarios más, aquí se abrieron más campo implementando la serigrafía, como una opción más que ofrecer a los clientes, y ya no solo ofrecer uniformes de futbol si no también playeras y otros productos de algodón o tela polyester con publicidad plasmada, en ese tiempo, la serigrafía era más artesanal.

Fue hasta en 1995 que lograron adquirir una propiedad, actualmente la planta de producción, en donde se compró equipo industrial especial para la serigrafía, maquinaria para la confección de uniformes, ya no solo deportivos si no también industriales.



Años más tarde adquieren el equipo para bordados, con un software vanguardista para el diseño y una máquina Barudan de 12 cabezas, logrando así en la empresa un campo más amplio para seguir ofreciendo productos de calidad y variedad a los clientes, manteniendo siempre la calidad que los caracteriza.

#### **1.1.1. Misión**

Samy Deportes es una empresa orientada a fabricar y a comercializar ropa deportiva y uniformes en general, con la mejor calidad y variedad, ofreciéndoles a sus clientes las mejores opciones de compra; obteniendo de esa manera su lealtad y confianza. Está dirigida a todos aquellos que cuidan su salud por medio del deporte y los empresarios que cuidan la imagen de sus trabajadores.

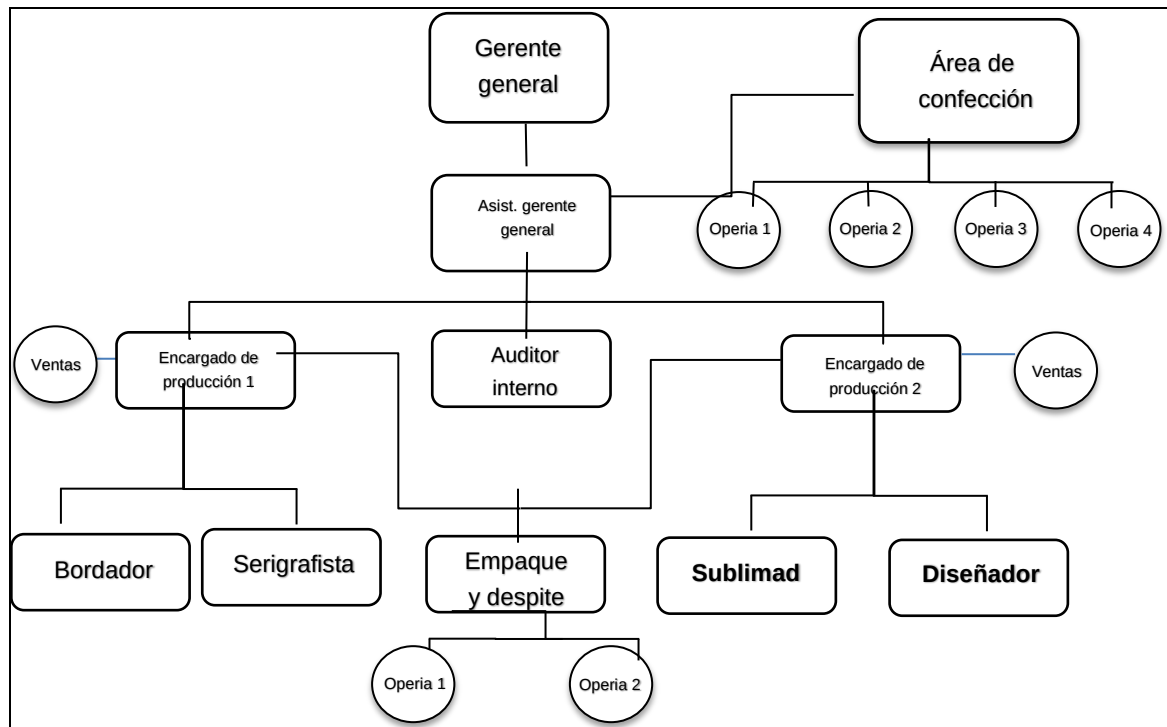
#### **1.1.2. Visión**

Samy Deportes aspira a ser uno de los mejores y reconocidos distribuidores a nivel nacional y otras fronteras, satisfaciendo el gusto de sus clientes, adquiriendo mayores estándares de calidad y variedad en los productos.

### **1.2. Organigrama general**

A continuación se muestra en la figura 1, el organigrama general de la empresa Samy Deportes.

Figura 1. **Organigrama general de Samy Deportes**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

### 1.3. Descripción del producto

Samy Deportes es una empresa dedicada a la fabricación de ropa deportiva, como: uniformes de futbol, basquetbol, beisbol, tenis, pants, sudaderos, entre otros. Además uniformes empresariales como: camisas/blusas tipo Columbia, camisas/blusas para oficina, batas para laboratorio, cofias, gabachas, entre otros.

Sus productos son de alta calidad en costuras, además garantizan la publicidad plasmada en cada prenda con técnicas como serigrafías, bordados,

sublimados, entre otros. Ofreciendo en cada producto calidad en telas nacionales y telas importadas desde Colombia.

Con el objetivo de estar a la vanguardia, la última implementación en publicidad es la manera de plasmar diseños en las prendas llamada sublimado con esta técnica se obtiene el uso ilimitado de la creatividad de los clientes, llenando así las necesidades emergentes del mercado.

### **1.3.1. Materias primas utilizadas**

Existen muchas materias primas utilizadas en esta fábrica, de las cuales a continuación se describen las más importantes y las más utilizadas en sus productos.

- Tejido textil: en el lenguaje popular es más conocido como tela, esta es la materia prima fundamental para samy deportes, lo más utilizado son las telas que contienen algodón, polyester o una combinación de ambas.

Las telas importadas son de colombia y es un producto reciente para producción, éstas contienen sistema de control de humedad (*dry fit*), control antibacterial y protección solar, aportando a su mercado más opciones de compra para el cliente con estándares de calidad comprobados.

- Seritex: son pinturas utilizadas para el área de serigrafía de la mejor calidad en el mercado nacional; estas pinturas son especiales para los textiles y para los colores utilizados dependen del diseño que el cliente solicite.

- Sericrom: producto utilizado para el quemado (grabado) de marcos.
- Adhesivo líquido: utilizado en las paletas del pulpo para que la prenda no se despegue cuando el diseño está siendo impreso.
- Hilos: los hilos se han desarrollado y diseñado para pasar a través de una máquina de coser rápidamente, forman puntadas eficientes sin que se rompa la tela, la función es ofrecer estética y un buen desempeño en costuras y los distintos tipos de puntadas que existen. En la rama de bordado, el hilo es más grueso con un brillo especial, para dar al diseño del bordado un terminado de excelencia y calidad.
- Aceite para máquinas: lubricante que se utiliza para evitar el desgaste entre metales de la máquina, se utiliza tanto en la máquina de bordados como en máquinas de coser.
- Entretela: sirven para dar más firmeza a alguna parte de las piezas de ropa como cuellos de camisas, bolsillos, ojales, entre otros. Asimismo, dan cuerpo a los tejidos ligeros y evitan que los más pesados se doblen sobre sí mismos, en el caso de bordado ayudan a reducir el riesgo de rotura en la prenda.
- Bolsas plásticas tipo crystal: son utilizadas para el empaque de la prenda ya terminada, existen tamaños distintos entre los cuales están:
  - 9"x15" para prendas pequeñas
  - 10"x16" para prendas medianas
  - 12"X18" para prendas grandes

- Y las llamadas comúnmente de arroba para empaques por docena o más.

#### **1.4. Equipos y maquinarias**

A continuación se describe el equipo y la maquinaria que se utilizan en la empresa Samy Deportes.

##### **1.4.1. Corte**

- Cortadora industrial: este tipo de cortadoras cuentan con una cuchilla circular que puede variar de diámetro, según la necesidad y del fabricante partiendo desde la más pequeña de 4 pulgadas, 5¼ pulgadas, 6 pulgadas hasta 7 ½ pulgadas.
- Tijeras: herramienta utilizada para cortar la tela en volúmenes pequeños.
- Mesas de corte: se utilizan para realizar los trazos en la tela, es donde se extiende y se acomodan los patrones del diseño especificado en la orden de producción.

##### **1.4.2. Serigrafía**

- *Switch*: llamada también rasquetas para pintura, utilizados para la aplicación de la pintura textil sobre la prenda a serigrafiar.
- Marcos de arte gráfico: en este se realiza el quemado de los diseños como números y nombres de equipo, marcas o logos de empresas; estos

artes gráficos con anterioridad ya han sido separados, si es que existe una separación de color.

- Pulpo: el pulpo de serigrafía es el soporte donde se instalan los marcos del arte gráfico, con la que se realizarán los trabajos serigráficos, ya sean de un color o de varios colores. Se puede decir que es un elemento fundamental en el taller de serigrafía.

Existen multitud de configuraciones del pulpo según el número de brazos y estaciones (soporte donde se coloca el objeto a serigrafiar), normalmente para serigrafías monocromáticas se usan soluciones de un brazo y una estación, sin embargo, para serigrafías de varios colores más complejas y de más valor añadido se usan pulpos con varios brazos, para instalar en ellos los diferentes marcos correspondientes a los diferentes colores. En el caso de samy deportes, se cuenta con un pulpo de 8 estaciones con 6 brazos.

- Horno de secado: utilizado para presecar la serigrafía de la prenda, este trabaja paralelamente al pulpo, ya que al momento de que la estación pasa debajo del horno, el serigrafista está a su vez imprimiendo otra prenda, proporcionando eficiencia en el trabajo.
- Termoplancha: equipo industrial utilizado para darle firmeza a la serigrafía anteriormente presecada, este hace accionar las propiedades de la pintura garantizando que ésta no se disuelve con el lavado de la prenda.

### 1.4.3. Confección

- Máquina de costura: elemento fundamental en un taller de confección textil la máquina de coser se compone de una base en la cual apoya el brazo de la máquina, en la base se encuentran los mecanismos para el arrastre de la tela y en el brazo se encuentran los mecanismos de movimiento de la aguja, por fuera están las poleas que determinan la tensión del hilo. Se suelen encontrar en el cuerpo de la máquina los controles del largo de la puntada, de la tensión del hilo superior e inferior, y de presión del prensatelas. El cuerpo incluye también un mecanismo de embobinado del hilo inferior que sirve para también conseguir buena estructura en todo lo que se costure.

Existen variedades de marcas y para cada tipo de costura se necesita una distinta máquina, en la fábrica son utilizadas: *overlock*, plana, collaretera y 20 U.

- Agujas: este es el componente principal de toda máquina de coser, se han desarrollado distintos tipo de aguja para proporcionar a cada tipo máquina el mejor desempeño. Para el tipo de tela deportiva que se utiliza en la fábrica, son utilizadas agujas entre 6 – 9 tamaños diferentes según la máquina a utilizar para unir las partes de la prenda y la puntada que requiera en la misma.
- Carreteles: son piezas cilíndricas utilizadas para embobinar el hilo que va ayudando a realizar las cadenas para la costura, pueden ser plásticos o metálicos.

#### **1.4.4. Bordado**

- Máquina de bordado: en el área de bordado, realmente es utilizada una sola máquina pero ésta tiene diferentes componentes que permiten su funcionamiento; los cuales se describen a continuación:
  - El pantógrafo: se desplaza siguiendo una rutina que permite la construcción del diseño.
  - El cabezal: contiene desde una 1 hasta 15 agujas y de una a 30 cabezales, donde cada cabeza realiza un determinado trabajo a la vez. En este caso se cuenta con una máquina de 9 agujas (9 colores), con 12 cabezas.
- Bastidores: sujetan la tela mientras se está llevando a cabo el proceso de bordado para evitar que se arrugue y la imagen quede deformada.
- Programa de computación: guarda y transforma la información para que la máquina realice el trabajo, para el caso de la máquina *barudan* utiliza el software *Wilcom Es Designer 2.0*.

#### **1.4.5. Empaque y despite**

- Despitadores: son pequeñas tijeras con 2 hojas muy finas que cortan el hilo al ras de la tela, proporcionando un mejor acabado, tanto en bordados como en las prendas que ya han terminado en confección.



## 1.5. Demanda de producto

La empresa Samy Deportes proporciona el historial de ventas para los últimos 36 meses, los cuales se emplearán para realizar las proyecciones de demanda estimadas, utilizando metodologías y modelos matemáticos de pronósticos, es decir a través de un análisis cuantitativo. Vea tabla I.

Tabla I. Ventas de tres periodos completos

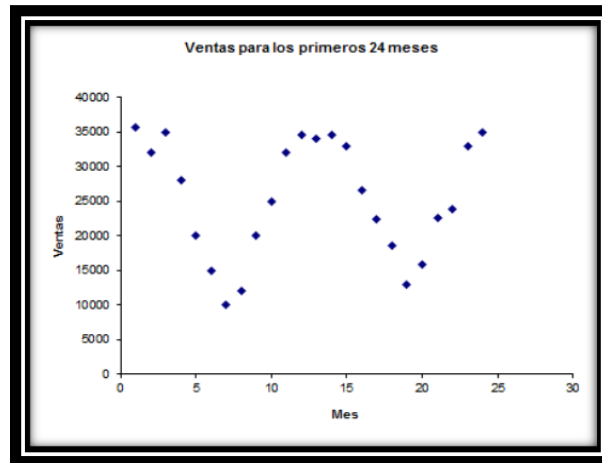
| Ventas históricas de tres periodos |        |        |        |
|------------------------------------|--------|--------|--------|
| Mes/año                            | 2013   | 2014   | 2015   |
| Enero                              | 35 600 | 34 000 | 36 800 |
| Febrero                            | 32 000 | 34 500 | 33 650 |
| Marzo                              | 35 000 | 33 000 | 34 500 |
| Abril                              | 28 000 | 26 500 | 30 200 |
| Mayo                               | 20 000 | 22 450 | 21 500 |
| Junio                              | 15 000 | 18 550 | 23 650 |
| Julio                              | 10 000 | 13 000 | 20 850 |
| Agosto                             | 12 000 | 15 800 | 18 700 |
| Septiembre                         | 20 000 | 22 600 | 17 800 |
| Octubre                            | 25 000 | 23 800 | 22 000 |
| Noviembre                          | 32 000 | 33 000 | 27 500 |
| Diciembre                          | 34 500 | 35 000 | 32 480 |

Fuente: elaboración propia.

### 1.5.1. Proyección de ventas

- Análisis primario
  - Ventas reales
    - Utilizando 24 datos

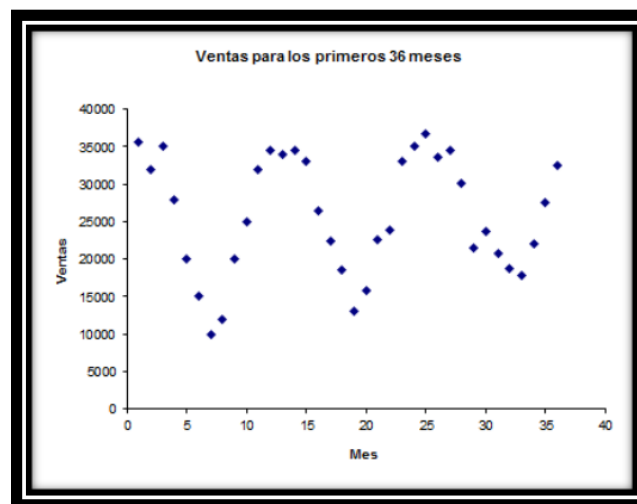
Figura 2. **Gráfico de ventas durante 24 meses**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2015.

- Utilizando 36 datos

Figura 3. **Gráfico de ventas durante 36 meses**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2015.

Después de haber realizado el gráfico se puede observar claramente que el mismo muestra un comportamiento cíclico, puesto que son notorios los picos y valles en su trayectoria, manteniendo demandas similares para meses en común pero de distintos periodos.

#### **1.5.1.1. Análisis secundario**

Se obtienen los valores promedio de  $X_{hor}$ ,  $X_{ver}$ , e índice estacional por 24 y 36 meses; estos valores se realizan con el fin de obtener el pronóstico de evaluación del periodo que se congela de ventas o sea los meses 33, 34, 35 y 36 para los cuales se toman en cuenta los dos últimos periodos completos, es decir, los meses del 1 al 24.

Para el cálculo de los pronósticos son necesarias las siguientes formulas:

$X_{hor}$  = promedio de ventas en forma horizontal.

$X_{ver}$  = promedio de ventas en forma vertical.

$$i = \frac{X_{prom \text{ horizontal}}}{X_{prom \text{ vertical}}}$$

- Promedio horizontal

El promedio horizontal con 24 datos como con 36 se calcula como se muestra a continuación:

$$X_{hor} (24) = \frac{(35\,600 + 3\,400)}{2} = 34\,800$$

$$X_{hor} (36) = \frac{(35\,600 + 3\,400 + 36\,800)}{3} = 35\,466,67$$

Este cálculo se realiza para las ventas de cada mes en forma horizontal, como su nombre lo indica.

- Promedio vertical

El promedio vertical con 24 datos como con 36 se calcula como se muestra a continuación:

$$X_{ver} (24) = \frac{(35\,600 + 32\,000 + 35\,000 + 28\,000 + \dots + 35\,000)}{24} = 25\,470,83$$

$$X_{ver} (36) = \frac{(35\,600 + 32\,000 + 35\,000 + 28\,000 + \dots + 32\,480)}{36} = 25\,859,17$$

Tabla II. **Resumen de promedio vertical de ventas**

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| Promedio vertical (24) | 25 470,83 |
| Promedio vertical (36) | 25 859,17 |

Fuente: elaboración propia.

La sumatoria de las ventas para este caso, es en forma vertical como su nombre lo indica

- Índices para 24 datos de ventas

Los índices estacionales se calculan con las siguientes fórmulas para cada mes con la cantidad de datos que corresponde, según sea requerido, 24 o 36 meses.

$$ie = X_{hor}(24)/X_{vertical}$$

$$ie = X_{hor}(36)/X_{vertical}$$

En la tabla III se muestra un resumen de los datos finales obtenidos tanto de promedios horizontales y verticales como de los índices estacionales para 24 y 36 meses.

Tabla III. **Resumen de datos necesarios para pronóstico de riesgo**

| Mes/año           | 2013   | 2014   | 2015   | Xhor (24 ) | Xhor (36) | I(24) | I(36) |
|-------------------|--------|--------|--------|------------|-----------|-------|-------|
| <b>Enero</b>      | 35 600 | 34 000 | 36 800 | 34 800     | 35 466,67 | 1,37  | 1,37  |
| <b>Febrero</b>    | 32 000 | 34 500 | 33 650 | 33 250     | 33 383,3  | 1,31  | 1,29  |
| <b>Marzo</b>      | 35 000 | 33 000 | 34 500 | 34 000     | 34 166,7  | 1,33  | 1,31  |
| <b>Abril</b>      | 28 000 | 26 500 | 30 200 | 27 250     | 28 233,3  | 1,07  | 1,09  |
| <b>Mayo</b>       | 20 000 | 22 450 | 21 500 | 21 225     | 21 316,7  | 0,83  | 0,82  |
| <b>Junio</b>      | 15 000 | 18 550 | 23 650 | 16 775     | 19 066,7  | 0,66  | 0,74  |
| <b>Julio</b>      | 10 000 | 13 000 | 20 850 | 11 500     | 14 616,7  | 0,45  | 0,57  |
| <b>Agosto</b>     | 12 000 | 15 800 | 18 700 | 13 900     | 15 500    | 0,55  | 0,60  |
| <b>Septiembre</b> | 20 000 | 22 600 | 17 800 | 21 300     | 20 133,3  | 0,84  | 0,78  |
| <b>Octubre</b>    | 25 000 | 23 800 | 22 000 | 24 400     | 23 600    | 0,96  | 0,91  |
| <b>Noviembre</b>  | 32 000 | 33 000 | 27 500 | 32 500     | 30 833,3  | 1,28  | 1,19  |
| <b>Diciembre</b>  | 34 500 | 35 000 | 32 480 | 34 750     | 33 993,3  | 1,36  | 1,31  |

Fuente: elaboración propia.

### 1.5.1.2. Pronóstico de riesgo

Se estima la demanda futura del periodo 4 empleando los 3 periodos completos de ventas reales dadas, los datos requeridos son los calculados con anterioridad y se muestran en la tabla I.

Por último se obtiene el producto de las ventas reales del último período conocido de ventas y se multiplica por su índice estacional asociado a nivel horizontal y se obtiene la proyección de ventas para el año siguiente, a continuación se muestra el cálculo para obtener el pronóstico de riesgo. Ver tabla IV.

Tabla IV. **Pronóstico de riesgo para el cuarto periodo, Samy Deportes**

| Mes        | Cálculo= ventas * i(36) | Pronóstico |
|------------|-------------------------|------------|
| Enero      | 36 800 * 1,37           | 50 472,37  |
| Febrero    | 33 650 * 1,29           | 43 441,04  |
| Marzo      | 34 500 * 1,31           | 45 361,09  |
| Abril      | 30 200 * 1,09           | 32 972,70  |
| Mayo       | 21 500 * 0,82           | 17 723,24  |
| Junio      | 23 650 * 0,74           | 17 437,79  |
| Julio      | 20 850 * 0,57           | 11 785,28  |
| Agosto     | 18 700 * 0,60           | 11 208,79  |
| Septiembre | 17 800 * 0,78           | 13 858,66  |
| Octubre    | 22 000 * 0,91           | 20 077,99  |
| Noviembre  | 27 500 * 1,19           | 32 789,79  |
| Diciembre  | 32 480 * 1,31           | 42 696,79  |

Fuente: elaboración propia.



## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Diseño de una planta industrial**

El diseño de plantas industriales es de vital importancia, ya que una buena distribución de los ambientes de trabajo donde se genera diversidad de productos debe de existir un buen manejo de maquinaria y equipo con el fin de minimizar tiempos, costos y espacios, logrando la máxima producción posible y a su vez, resguardando la salud y la seguridad de los colaboradores.

#### **2.1.1. Definición de diseño de planta**

Para lograr un exitoso diseño de planta deben combinarse todos los factores posibles que integran el convertir la materia prima en un producto final, cumpliendo con los objetivos empresariales que el mercado demanda, esto quiere decir que el diseño debe acoplarse a una posible expansión con el paso de los años de modo que se busque el proceso más eficiente y no generar mayores inversiones ante la demanda producida con el posicionamiento en el mercado.

Un buen diseño de planta requiere de un estudio detallado, no se ejecuta la obra si el diseño no se ha analizado, se deben de tomar puntos clave como la integración del conjunto, mínima distancia recorrida, flexibilidad según la distribución del producto y como anteriormente se ha mencionado cuidar de la ergonomía del colaborador.



### **2.1.2. Principios básicos del diseño de planta**

- Principio de la integración en conjunto: tiene por objetivo el ordenamiento justo para que los factores que afectan en la transformación de la materia, prima tengan la mejor coordinación entre los mismos.
- Principio de la mínima distancia recorrida: siempre buscará la mejor distribución que permita que la distancia a recorrer del material con las operaciones sea la más corta.
- Principio del flujo de materiales: el objetivo es lograr que la secuencia en que se van transformando los materiales tenga un orden lógico, de manera que el producto no tenga que ir y volver al mismo lugar.
- Principio de la satisfacción y de la seguridad: siempre será más efectiva la distribución de una planta, que haga que el trabajo sea más satisfactorio y seguro para el trabajador, provocando en este el deseo de realizar sus actividades con mayor fuerza y exactitud.
- Principio de la flexibilidad: el mercado es cambiante, es por ello que un buen diseño de planta debe ajustarse a este factor, de manera que la planta pueda ser reordenada o ajustada en el momento que se necesite con el costo e inconvenientes mínimos.

## **2.2. Ventilación industrial**

La ventilación industrial es el acondicionamiento del aire en el ambiente de trabajo, el objetivo es eliminar los contaminantes como polvo, gases, calor, polvillo (producto de procesos industriales), olores, entre otros y por medio de

una adecuada ventilación aportar aire respirable, una climatización y humedad adecuada para el ambiente de trabajo.

### **2.2.1. Tipos de ventilación**

A continuación se describen los tipos de ventilación que se utilizan en la empresa Samy Deportes.

#### **2.2.1.1. Ventilación natural**

Esta ventilación controla muy bien las emisiones moderadas de calor, es una técnica que permite el ingreso del aire exterior dentro de un edificio. Se obtiene por medio de ventanas o cualquier otro tipo de abertura que, por medio del movimiento del aire dentro del edificio, se renueva el aire sin la inducción de sistemas mecánicos.

- Ventajas de la ventilación natural
  - Consumo de energía reducido
  - Fácil y económico de implementar
  - El cuerpo humano reacciona favorablemente
- Desventajas de la ventilación natural
  - Es difícil de controlar, por ejemplo la dirección a donde va dirigido exactamente, velocidades excesivas, contraflujos, entre otros.

- No permite controlar la calidad de aire, existen sistemas de colocación de filtros de aire en las aberturas pero la entrada por esta, provoca regularmente pérdida de carga, lo cual reducirá el caudal del aire.
- Posibilidad de acceso de agua, insectos, entre otros.

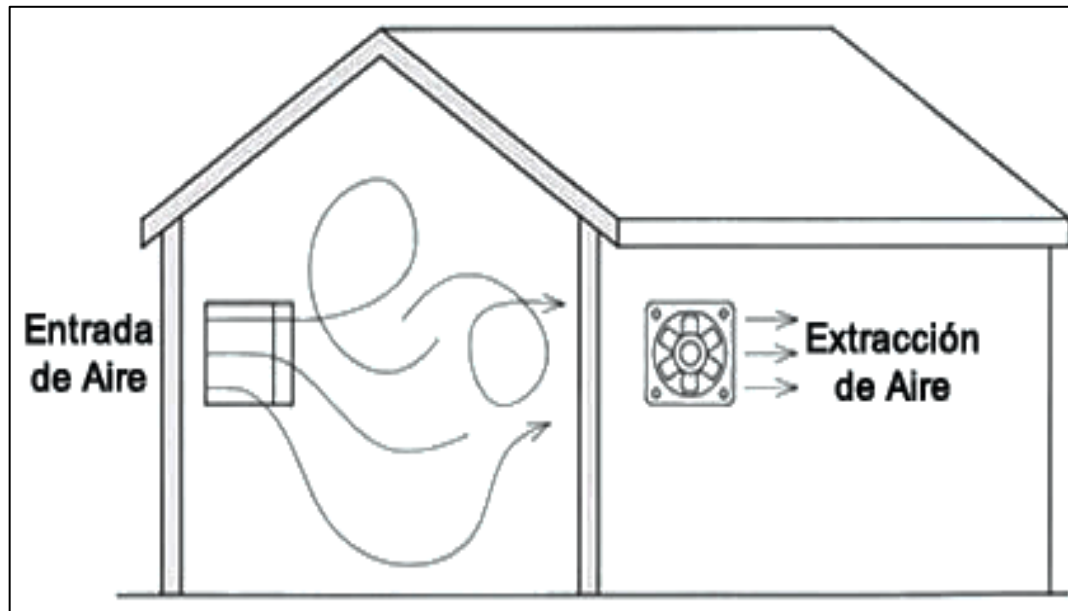
#### **2.2.1.2. Ventilación forzada**

También conocida como ventilación mecánica, se realiza por medio de la creación artificial de depresiones o sobrepresiones de aire un determinado ambiente, utilizando dispositivos mecánicos (ventiladores, aire acondicionado) proveyendo oxígeno necesario para el personal o ambientes del edificio, la ventilación forzada es utilizada cuando la ventilación natural no es suficiente o no tiene la capacidad de mantener los ambientes de trabajo en condiciones confortables.

Algunos tipos de ventilación forzada con:

- Ventilación por sobrepresión: consiste en suministrar aire a un espacio determinado, aumentando la presión interna con respecto al a ventilación atmosférica. Se calcula un volumen de presurización con el fin de extraer menos aire de que se inyecta, ya si mantener las condiciones internas de sobrepresión.

Figura 4. **Ventilación por sobrepresión**

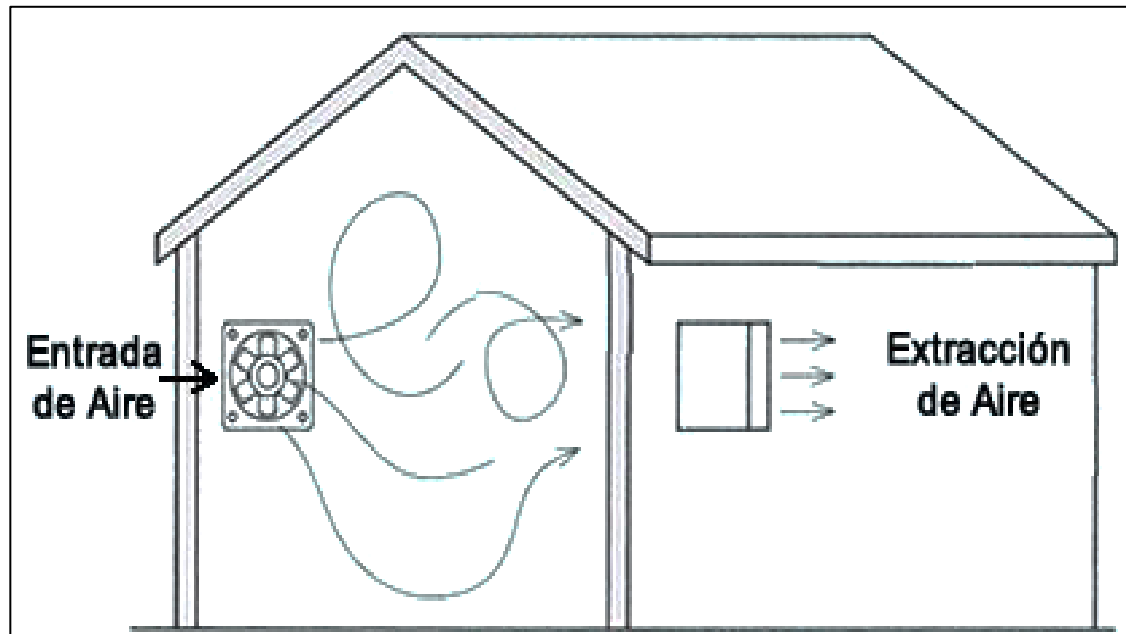


Fuente: *Sistemas de ventilación*. [http://abaco.com.co/ventilacion\\_mecanica.html](http://abaco.com.co/ventilacion_mecanica.html).

Consulta: 5 de marzo de 2016.

- Ventilación por depresión: en este tipo de ventilación se colocan extractores en el ambiente en donde se desea renovar el aire del interior, provocando una caída de presión respecto a la atmósfera, de esta manera penetra por el diferencial de presión a través de las distintas aberturas

Figura 5. **Ventilación por depresión**



Fuente: *Sistemas de ventilación*. [http://abaco.com.co/ventilacion\\_mecanica.html](http://abaco.com.co/ventilacion_mecanica.html).

Consulta: 5 de marzo de 2016.

### **2.3. Iluminación industrial**

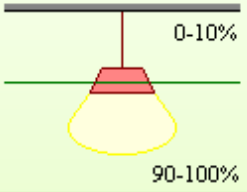
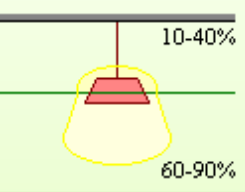
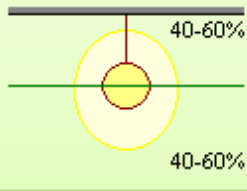
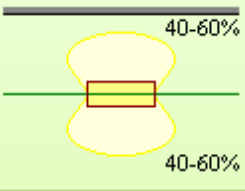
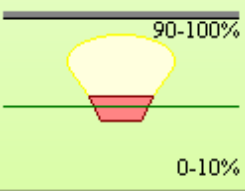
La iluminación apropiada para una fábrica industrial es necesaria para garantizar y desarrollar de manera eficaz la tarea encomendada. Un ambiente con una buena iluminación, no solo mantiene a los trabajadores atentos y concentrados, también aligera las tareas y se reducen los accidentes, los beneficios de esta son más evidentes.

Para seleccionar la iluminación correcta para la fábrica, es necesario realizar un análisis previo comenzando con determinar la tarea a realizar, seguidamente el tamaño, el brillo, el contraste y el terminado que se desea del objeto en cuestión. En la práctica la selección de la fuente de luz depende tanto

de razones económicas como los de la naturaleza, también la zona a iluminar, la reflectancia de las paredes, techos, suelos, las horas de funcionamiento, la potencia, entre otros.

La elección de las luminarias está condicionada por la lámpara utilizada y el entorno de trabajo de ésta. La forma y tipo de las lámparas o luminarias oscilará entre las más funcionales, donde lo más importante es dirigir el haz de luz de forma eficiente. A continuación se muestra en la tabla IV una clasificación de luminarias según sus características ópticas:

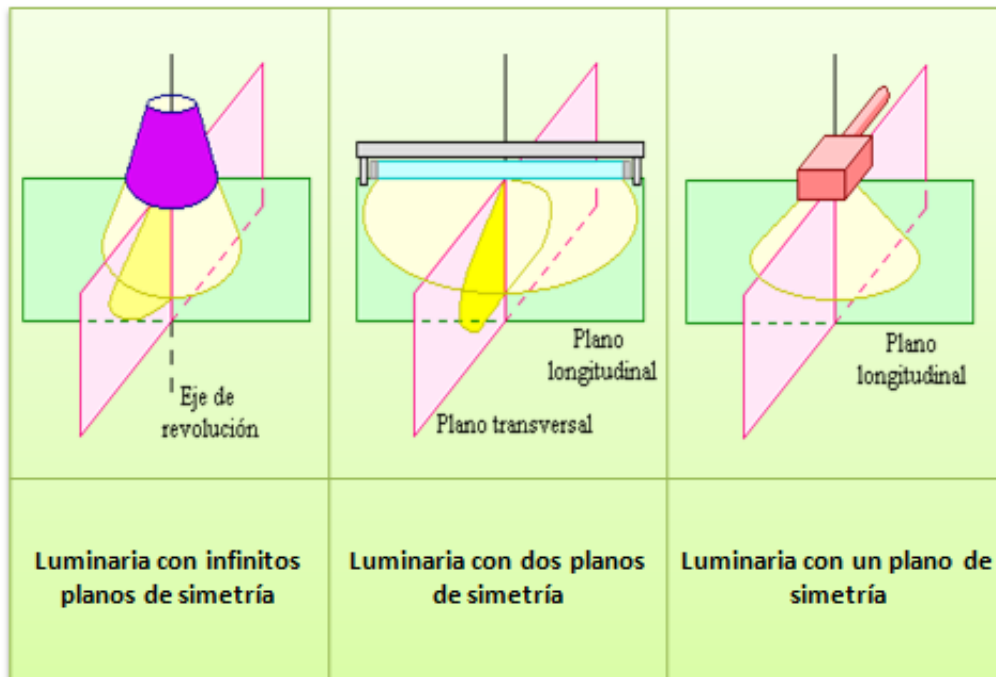
Figura 6. **Clasificación de luminarias según sus características ópticas**

|                |                                                                                     |                   |                                                                                       |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Directa        |  | Semi-directa      |  |
| General difusa |  | Directa-indirecta |  |
| Semi-indirecta |  | Indirecta         |  |

Fuente: *Iluminación*. <https://www.google.com.gt/search?q=clasificacion+de+luminarias>.

Consulta: 15 de abril de 2016.

Figura 7. **Luminarias según el plano**

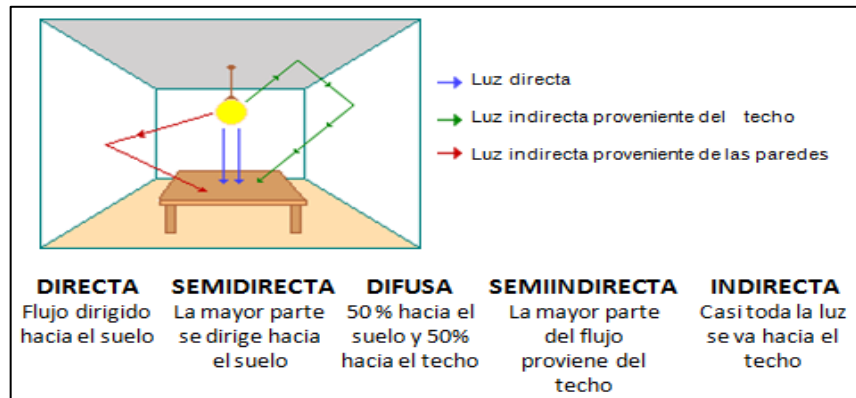


Fuente: *Iluminación*. <https://www.google.com.gt/search?q=clasificacion+de+luminarias>.

Consulta: 15 de abril de 2016.

Cuando una lámpara es encendida, el flujo emitido puede llegar a un punto específico de forma directa o indirecta por reflexión de las paredes y techo de la fábrica, estos factores influyen y determinan los diferentes sistemas de iluminación que se deben de calcular según la necesidad del ambiente, sin embargo, la iluminación directa representa ser el sistema más económico, pero existe factores estudiados como el deslumbramiento que llevan a cabo la contemplación de sistemas de iluminación difusa, semidirecta o indirecta. En la figura 8 se representa estos sistemas.

Figura 8. **Sistemas de iluminación**



Fuente: *Iluminación*. <https://www.google.com.gt/search?q=clasificacion+de+luminarias>.

Consulta: 15 de abril de 2016.

## 2.4. **Propiedades del sonido**

Son aquellos que producen una sensación agradable, por ejemplo sonidos musicales o como las sílabas que forman las palabras, sonidos armónicos, que encierran cierto significado al tener oído educado para ellos. La percepción del sonido produce una sensación llamada audición, que es la respuesta sensorial principal. En resumen entonces se puede decir que el sonido es producido por algún cuerpo sonoro vibrante y éste produce ondas en el aire que son las que llegan al tímpano.

### 2.4.1. **El oído**

Con el fin de lograr una mejor comprensión de la fisiología del oído, se examinará la estructura y el funcionamiento de este, mostrando así como un alto nivel de presión sonora puede causar daños irreparables en el sentido auditivo.



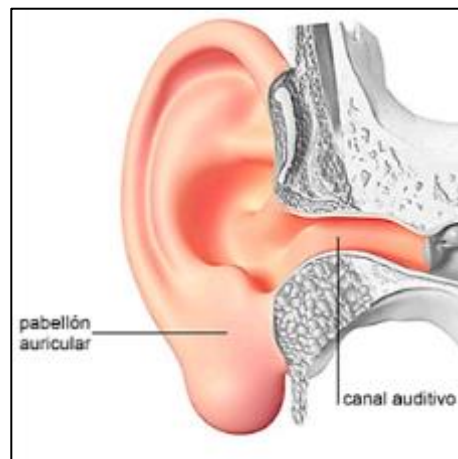
#### **2.4.1.1. Anatomía y fisiología**

El oído externo: las partes que componen al oído externo son: el pabellón de la oreja y el canal auditivo externo, está separado del oído medio por una estructura en forma de disco llamada membrana timpánica (tímpano).

El pabellón auricular se une a la cabeza mediante la piel y se compone de cartílago, y su función es reunir las ondas sonoras y hacerlas pasar por el canal auditivo externo mide aproximadamente 2,5 cm y termina en la membrana timpánica.

La piel del conducto tiene glándulas especializadas que segregan una sustancia cerosa amarillenta llamada cerumen, el cual ayuda a proteger el oído medio y a lubricarlo.

**Figura 9. Oído externo**



Fuente: *El oído y sus defectos*. <http://eloidoysusdefectos.blogspot.com/2015/01/el-oido-externo.html>. Consulta: 15 de abril de 2016.

Oído medio: actúa como un multiplicador de la función sonora, ya que existe una interface de aire/líquido entre el oído medio e interno que provoca una reflexión del 99,9 % de la energía sonora, esto quiere decir, que sin oído medio se pierden aproximadamente 30dB.

Cuando el sonido penetra al oído y éste es muy intenso se activa un mecanismo de freno que está determinado por los músculos del estribo y martillo que aumentan la resistencia a la vibración de los huesillos protegiendo las células ciliadas del oído interno.

Entonces se puede resumir que una lesión del tímpano producirá una pérdida de audición de hasta 30 dB, y si no existe juego de ventanas hasta 60 dB, si la pérdida es mayor implica que existe lesión en el oído interno.

Figura 10. **Oído medio**

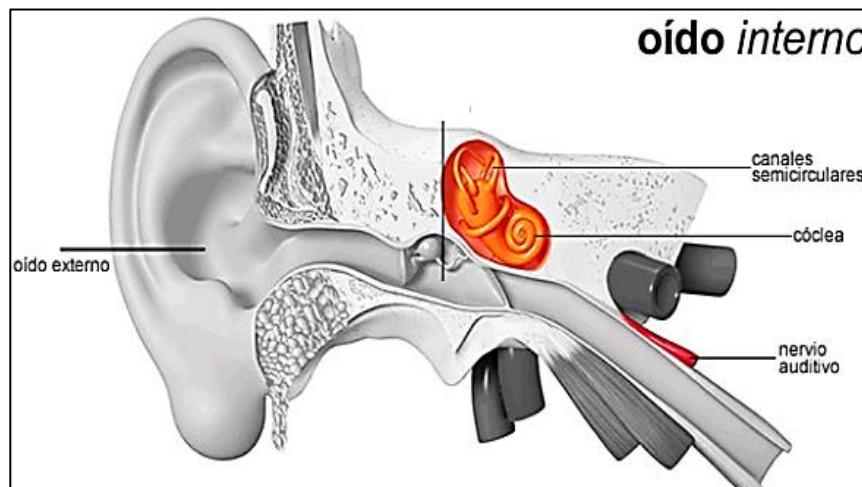


Fuente: *Biología en tono menor*. <http://biologiaentonomenor.blogspot.com/2015/12/oidos-equilibrados.html>. Consulta: 20 de abril de 2016.

Oído interno: este es el último paso de la cadena de procesos mecánicos del sonido, y en él se llevan a cabo tres funciones principales: filtraje de la señal sonora, transducción y generación posible de impulsos nerviosos. En las partes del oído interno se encuentra la cóclea o caracol, éste es un conducto rígido en forma de espiral de unos 3,5 cm de longitud, en su interior está dividido en dos, en membrana reissner y membrana basilar las cuales forman tres compartimientos.

El sonido es transmitido desde el tímpano hasta la cóclea por tres huesecillos, llamados osículos. Los dos primeros (el martillo y el yunque) están unidos con cierta rigidez, de modo que cuando la punta del martillo es empujada por el tímpano estos dos huesecillos giran al unísono y transmiten la fuerza al estribo (tercer huesecillo).

Figura 11. **Oído interno**



Fuente: *La percepción del sonido: La audición.*

<https://lidiaconlaquimica.wordpress.com/tag/oido/>. Consulta: 20 de abril de 2016.

#### **2.4.2. Ruido**

Muchos de los trabajadores están expuestos a fuentes variadas de ruido, tales como: rotores, engranajes, flujos líquidos turbulentos, procesos de impresión, máquinas eléctricas, motores de combustión interna, bombas, compresores, entre otros. Además los sonidos emitidos por estas máquinas son reflejados en las paredes, techos, suelos y los propios equipos, con lo que el riesgo del trabajador aumenta.

En muchos casos se toman medidas de prevención, como la reducción de ruido de máquinas, pero en ciertas ocasiones el aumento de la producción genera niveles mayores de ruido, la exposición durante una jornada de trabajo de 8 horas con ruidos por encima de 85-90 dB es potencialmente peligrosa pues el oído es capaz de recuperarse después de unas horas lejos de esos niveles, pero después de un tiempo entre 6 y 12 meses, la recuperación no llega a ser completa y el daño es permanente, además la aparición de zumbidos transitorios es un sistema bastante común en las personas que han estado expuestas a ruidos, este zumbido debe ser considerado como una advertencia de exposición excesiva al ruido.

Los niveles del ruido pueden disminuir utilizando absorbentes, silenciadores o deflectores en la zona donde se ubica la maquinaria y equipos de protección como tapones u orejeras para el trabajador.

#### **2.4.3. Factores que influyen en el ruido**

A continuación se describen los factores que influyen en el ruido.

#### **2.4.3.1. Ondas sonoras**

Es importante reconocer que el sonido entra al oído por medio de las ondas sonoras, comenzando con el oído externo, pasando por el oído medio y llega al tímpano con vibraciones, este trayecto provoca que se muevan muchas pequeñas células y a lo largo de este proceso se transforma en impulsos que el cerebro lo descifra como sonido.

#### **2.4.3.2. Frecuencia**

La frecuencia del sonido es la cantidad de veces que se repite un sonido en un lapso de tiempo. Los seres humanos son más sensibles a las frecuencias entre los 3 000 y 4 000 Hz. La unidad de medida de la frecuencia son los Hertzios (Hz). La frecuencia es inversamente proporcional a la distancia entre las crestas, llamadas longitud de onda.

#### **2.4.3.3. Decibeles**

El decibel es utilizado para medir el nivel de sonido, también puede expresarse que es una representación logarítmica y su unidad de medida son los decibelios (dB). El nivel más bajo de decibelios es 0, y una persona con buen oído puede escucharlo en un lugar silencioso y el más alto es 140 dB.

#### **2.4.3.4. Intensidad**

La sensación del sonido depende de la intensidad y de la frecuencia. Muchas de las mediciones de la intensidad se relacionan con el umbral, el umbral de la curva inferior es de 100Hz que equivale a 40dB y el nivel de

umbral que se caracteriza como doloroso para el oído es 1 000Hz que equivale a 120dB

## **2.5. Enfermedades ocupacionales**

Una enfermedad ocupacional es un deterioro lento y paulatino en la salud del trabajador producido por la exposición crónica, ya sea que estas sean producidas por el ambiente en el que se desarrolla el trabajo o por la forma en que se está organizando. Teniendo en cuenta esto, las enfermedades ocupacionales que pueden producirse en una fábrica de ropa o textiles pueden ser:

- Afecciones respiratorias (gripe, sinusitis, faringitis, bronquitis, entre otros.)
- Dolor de espalda (lumbago, tortícolis, entre otros).
- Afecciones de la piel (alergias, dermatosis, descamación, hongos, caspa, entre otros).
- Estrés (dolores de cabeza, nerviosismo, insomnio, colitis, dolores de vientre, entre otros.)
- Intoxicaciones (mareos, dolor de cabeza, somnolencia, dependencia, cáncer ocupacional, entre otros).
- Alcoholismo y fármaco-dependencia.

## 2.6. Ergonomía

La ergonomía es la adaptación del medio al hombre, ésta se aplica a todo el entorno de las personas, ya sea en el ámbito laboral, en el hogar, en el transporte, en el deporte, entre otros Suele definirse como la humanización del trabajo y el confort laboral.<sup>1</sup>

Por ejemplo la ergonomía en la costura implica tomar la materia prima (telas), colocarlo en el montaje de la costura y luego ejecutarlo a través de una máquina de costura; esta operación puede requerir apretones del sujetador y posturas inadecuadas del brazo, cuello y tronco (ver figura 12); por lo que la ergonomía se encarga de encontrar un mejor modo de realizar la tarea, en este ejemplo es unir las mangas, cerrar costados, pegar cuello, entre otros.

Para un operario de una máquina de costura, según el departamento de trabajo de los Estados Unidos, los porcentajes de molestias en un trabajador son los que se muestran en la tabla V.

---

<sup>1</sup> MELO, José Luis. *Ergonomía práctica*. p. 1.

Tabla V. **Porcentaje de molestias en operario de máquina de costura**

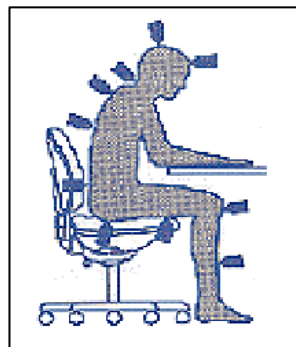
| Porcentaje | Molestia                    |
|------------|-----------------------------|
| 14 %       | Dolor de cabeza             |
| 24 %       | Dolor en cuerpo y hombros   |
| 57 %       | Dolor en la espalda         |
| 16 %       | Dolor en glúteos            |
| 19 %       | Dolor en los muslos         |
| 29 %       | Dolor en piernas y rodillas |

Fuente: *La salud y la seguridad en el trabajo*.

<https://www.google.com.gt/search?q=porcentaje+de+molestias+del+operario+de+c.>

Consulta: 20 de abril de 2016.

Figura 12. **Postura de un operario de costura**



Fuente: *La costura y procedimientos relacionados..*

<https://www.google.com.gt/search?q=postura+de+un+operario+de+costu.>

Consulta: 20 de abril de 2016.

La ergonomía tiene dos grandes ramas: una se refiere a la ergonomía industrial, biomecánica ocupacional, la cual tiene por objeto concentrarse en los aspectos físicos del trabajo y capacidades humanas como la fuerza, postura y repeticiones.



La segunda rama se refiere a factores humanos, que es la que está orientada a los aspectos psicológicos del trabajo como una carga mental y la toma de decisiones.

Cuando un operario no tiene las condiciones adecuadas para realizar la tarea asignada, pueden tener consecuencias como:

- Aumento de la fatiga
- Aumento de los accidentes de trabajo
- Disminución del rendimiento y producción
- Aumento de tensión nerviosa

## **2.7. Diagramas de procesos**

Un diagrama de procesos es una representación gráfica que facilita al encargado del área a administrar de mejor manera los recursos como el tiempo y el personal dentro de un proceso de fabricación de un producto, identificándolo mediante símbolos.

Toda la información se considera necesaria y útil para el análisis, datos como distancias recorridas, tiempo requerido, entre otros. Estas se conocen bajo el término de operaciones, transportes, inspecciones, retrasos o demoras y almacenajes, todos los detalles de la operación se aprecian globalmente

### **2.7.1.1. Diagrama de flujo**

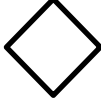
Un diagrama de flujo, como la mayoría de diagramas de procesos, es una representación gráfica de los distintos procedimientos lógicos que tiene como objetivo primordial la simplificación y comprensión de éstos. Se utiliza

especialmente en el área de informática para el desarrollo de programas, pero a su vez también es utilizado para una variedad de distintos procesos técnicos en el área de la industria.

Los diagramas de flujo existen para incrementar la producción, ya que en él se detectan los movimientos innecesarios, distancias, entre otros, de modo que pueda obtenerse el mayor beneficio del tiempo en la jornada laboral y el proceso de fabricación sea eficiente.

Los símbolos utilizados en los diagramas de flujos indican por medio de flechas la secuencia de la operación, y para que puedan ser comprensibles a todas las personas los símbolos se universalizaron. Los símbolos utilizados en el diagrama de flujo se presentan en la tabla VI.

Tabla VI. **Símbolos de un diagrama de flujo**

| Símbolo                                                                             | Significado                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Inicio/fin: se utiliza para definir dónde comienza y dónde termina un diagrama.                                                                                            |
|  | Proceso: representa una actividad en proceso.                                                                                                                              |
|  | Decisión: es utilizado para la toma de decisiones y plantear una selección alternativa, normalmente tiene dos salidas Sí o No, pero pueden existir más, según sea el caso. |
|  | Inspección: utilizado para aquellas acciones que requieren de una supervisión o visto bueno.                                                                               |
|  | Conector a otra página: se utiliza para conectar un mismo diagrama pero en distinta página.                                                                                |
|  | Línea de flujo: indican el sentido de ejecución de las operaciones.                                                                                                        |

Fuente: elaboración propia.

### **2.7.1.2. Diagrama de recorrido**

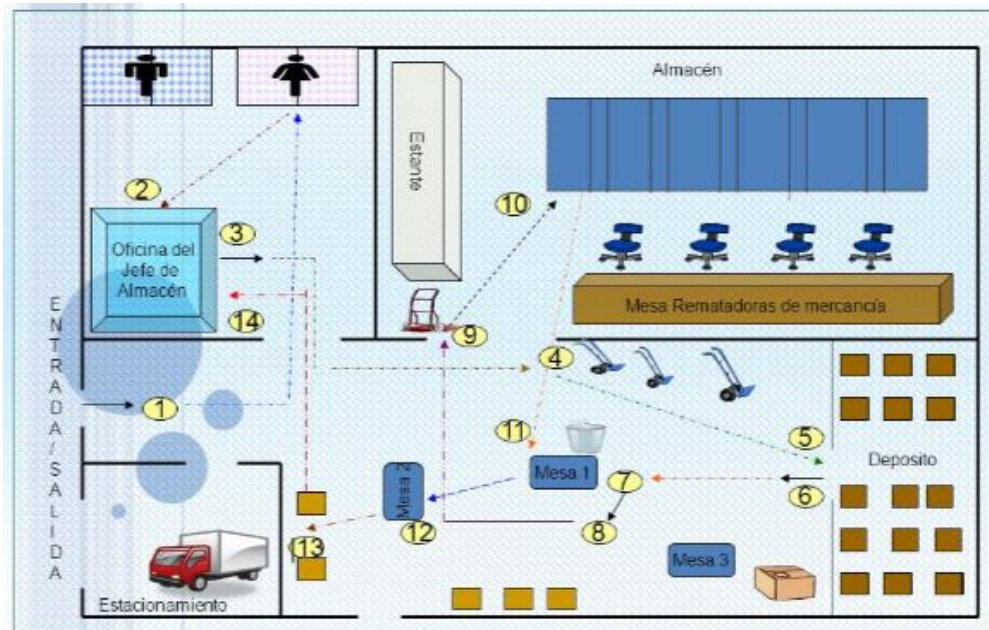
A pesar de que el diagrama de flujo proporciona la mayor información concerniente a un proceso de manufactura, no muestra un plan del flujo de trabajo, a veces esta información es útil para desarrollar un nuevo método.

Por ejemplo, antes de que se pueda reducir un transporte, el analista necesita visualizar donde hay suficiente espacio para construir una instalación, de tal manera que la distancia del transporte pueda ser mínima, de la misma manera es de utilidad visualizar las áreas potenciales de almacenamiento, las estaciones de inspección, entre otros.

La mejor manera de obtener esta información es conseguir un diagrama de las áreas involucradas e indicar el movimiento del material entre una estación y otra.

Con toda certeza pueden encontrarse posibilidades de mejorar la distribución de una fábrica, si se busca sistemáticamente. Cuando se hacen modificaciones en los sistemas ya existentes, el analista debe realizarlas eficazmente para que, ante un crecimiento de mercado, ingresos de maquinaria o aumento de personal, se obtenga la mínima dificultad de poder ser modificadas y estas a su vez menos costosas de alterar. A continuación en la figura 13 se muestra un ejemplo de diagrama de recorrido.

Figura 13. Diagrama de recorrido



Fuente: Diagrama de recorrido.

[https://www.google.com.gt/search?q=diagrama+de+recorrido&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjY46PAkubZAhXGxFkKHe7KA9IQ\\_AUICigB&biw.](https://www.google.com.gt/search?q=diagrama+de+recorrido&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjY46PAkubZAhXGxFkKHe7KA9IQ_AUICigB&biw.)

Consulta: 20 de abril de 2016.



### 3. INFRAESTRUCTURA ACTUAL DE LA EMPRESA

#### 3.1. Ubicación geográfica

Samy Deportes se encuentra en la 14 calle 7-02 colonia Colinas de minerva, zona 11 de Mixco, con una latitud de  $14^{\circ} 40'52,45''$  N, y una longitud de  $90^{\circ} 33'0,69''$  O. Cuenta con  $280 \text{ m}^2$  de terreno y un área construida de  $80,02 \text{ m}^2$

Figura 14. Ubicación geográfica Samy Deportes



Fuente: *Samy Deportes*. <https://www.google.com/maps/place/Samy+Deportes/@14.6814245,-90.5524669,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x85899f6cb351a99f:0x8a99bb5735201525!8m2!3d14.6814245!4d-90.5502782>. Consulta: 20 de abril de 2016.

### **3.2. Infraestructura actual**

La estructura actual de los techos es empírica, razón por la cual se produce calor excesivo en época de verano en algunos de los departamentos.

#### **3.2.1. Techos**

La estructura de los techos está compuesta por vigas y travesaños de madera, la cubierta es de lámina galvanizada, ambos elementos en muy mal estado, como se puede apreciar en la figura 15.

Figura 15. **Estado actual de techos**



Fuente: elaboración propia.

La altura de techo a piso es de 2,6 m, la lámina puede ser reutilizada al momento de realizar un cambio de vigas o parales de madera, que actualmente sostienen dicho elemento.

### **3.2.2. Pisos**

Un piso industrial es una superficie diseñada para soportar usos rudos y ataques físicos o químicos que un piso de condiciones normales no resistiría.<sup>2</sup>

La superficie de este elemento en la fábrica es de hormigón; el hormigón es un elemento compuesto por una mezcla de 4 componentes: cemento, arena, piedrín y agua, la relación más común es 1:2:3. Lo cual quiere indicar que es 1 porción de cemento, 2 de arena y 3 de piedrín.

Por el desgaste de la carga viva y estática del piso, es necesario que se realice un mantenimiento, ya que el actual en el área de despiste y corte, provoca incomodidades como desniveles en la mesas, tropezones, la limpieza se vuelve más tediosa y absorbe más tiempo porque los hilos se quedan sujetos a los pequeños picos del piedrín.

### **3.2.3. Paredes**

Las paredes son de madera de pino rústica para construcción con medidas de 9'X1"X1", sin ningún tipo de tratamiento. Se encuentran en su mayor parte apolilladas, situación que provoca que las tablas se desprendan con facilidad, exponiendo a los trabajadores a que sufran un accidente, ya sea que estas se desprendan o las vigas no soporten el techo.

---

<sup>2</sup> "pisos" (s/f.). En Wikipedia.com Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Piso\\_industrial](https://es.wikipedia.org/wiki/Piso_industrial). Consultado: 31 de octubre de 2016.



La figura 16 muestra el estado deteriorado de las paredes de 2 departamentos, despite y corte.

Figura 16. **Estado de paredes**



Fuente: elaboración propia.

Además de que ocurra un incidente en el ambiente de trabajo, el estado de las paredes que circulan estas áreas permite que bichos, roedores y otro tipo de animales puedan acceder con facilidad y dañar prendas terminadas o tela que está en uso. También el clima lluvioso o muy cálido tiene consecuencias visibles y palpables en estos departamentos.

#### **3.2.4. Ventilación**

La empresa no cuenta con un sistema de ventilación industrial, como se observó en las figuras 15 y 16, con las paredes y techos ilustrados, la ventilación es netamente natural; razón por la cual se torna ineficiente, provocando incomodidades y fatiga en los trabajadores, dificultad para controlar el acceso de agua e insectos, y además controlar la calidad de aire que está

siendo introducido al edificio se torna complejo porque no se sabe con exactitud la dirección del aire.

### **3.2.5. Iluminación**

Lo recomendable para este tipo de talleres, según el Ministerio de Trabajo y Previsión Social de Guatemala, en el artículo 167, el nivel de exigencia visual para talleres es alta por lo que el nivel de lumínico debe de ser como mínimo entre 1 500 a 2 000 de donde se está realizando el trabajo para no afectar la vista de los trabajadores.

Actualmente la empresa cuenta con lámparas incandescentes de 40 watts, y con una utilidad por más de 1 500 horas, razón por la que, según las tablas de Westinghouse, las luminarias ya no producen el mismo nivel lumínico, por lo que se vuelven obsoletas. En el capítulo 4 se realizarán los cálculos de la cantidad de luminarias y el nivel lumínico necesario para esta fábrica.

### **3.2.6. Ruidos**

El área de corte, confección y bordados son áreas considerables de estudio ya que en ellas se encuentran sonidos fuertes y consecutivos, en dichas áreas no se ha realizado ningún tipo de estudio de ruidos, razón por la que es una necesidad latente ya que, ninguno de los trabajadores que están operando la maquinaria cuenta con protección auditiva y no se sabe con exactitud a cuantos decibels están expuestos diariamente.

La tabla VII muestra los límites de decibels, según el tiempo de la exposición al ruido.

Tabla VII. Límites permitidos de exposición de ruido por hora

| No. de horas de exposición | Nivel del sonido en dB |
|----------------------------|------------------------|
| 8                          | 90                     |
| 6                          | 92                     |
| 4                          | 95                     |
| 3                          | 97                     |
| 2                          | 100                    |
| 1 1/2                      | 102                    |
| 1                          | 105                    |
| 1/2                        | 110                    |
| 1/4 o menos                | 115                    |

Fuente: OIT, Organización Internacional del Trabajo. *El ruido en el lugar del trabajo*. p. 5.

### 3.3. Distribución de planta

- Área de corte y serigrafía

Es aquí donde la materia prima comienza a tomar forma y lugar, la tela es marcada por los patrones ya establecidos, dependiendo de este, se cortan camisas tipo polo, ropa industrial, y todo lo relacionado a los deportes (futbol, basquetbol, voleibol, batas para laboratorio, entre otros).

El área de corte es un área de 24,38m<sup>2</sup>, actualmente el espacio es compartido con serigrafía, situación que provoca que por accidente las piezas cortadas listas para ser trasladadas al área de confección, puedan tener defectos por los materiales utilizados en esta área como tintas látex, *thinner*,

entre otros. Estos departamentos son parte de la estructura empírica anteriormente descrita; además el desorden del equipo y herramientas utilizadas es provocado debido al reducido espacio y la falta de señalización del taller.

- Área de confección

En esta área ya se cuenta con una estructura más formal, con piso cerámico y paredes de block, sin embargo, debido a la creciente demanda, la empresa Samy Deportes, se ha visto en la necesidad de contratar a más personal para operar mayor cantidad de máquinas de costura, por lo que el espacio es muy reducido para maquinaria y operarios necesarios para cumplir con las metas establecidas y satisfacer la necesidad de la demanda.

La iluminación y la ventilación en el área tendrán que ser evaluadas ya que no se sabe actualmente, con exactitud, la cantidad de luz ni de aire que en ella existe, razón por la cual es necesario el cálculo de las mismas para un mejor control de la higiene ambiental del lugar.

- Área de bordado

Cuenta con un área construida de  $68,40\text{m}^2$ , este espacio incluye lugar para la preparación de prendas y pegado de entretela, la máquina es una bordadora de 12 cabezas, que mide 6m de ancho x 1,90 de alto x 1,20 de profundidad. La iluminación es técnicamente la necesaria, ya que la bordadora cuenta con luz propia colocada por los fabricantes proporcionando así al trabajador la luz necesaria para realizar la tarea. Además en esta misma área se encuentra la embobinadora de carretes y las estanterías para la colocación de los hilos en inventario, es una de las áreas mejores construidas porque

cuenta con 2 sanitarios y un patio pequeño. En esta área también se encuentra la bodega de telas y suministros de la fábrica.

- Área de empaque y despiste

Como anteriormente se mencionó, esta área es compartida con el área de corte; cuenta con estanterías, algunas ya en mal estado, en donde se almacenan los modelos de algunos uniformes para una próxima replica de ello, pedazos de tela reutilizables y el almacenamiento de pintura para serigrafía; una mesa para el despiste en donde las operarias, quienes son las encargadas del control de calidad del producto, rectifican las prendas antes de su salida.

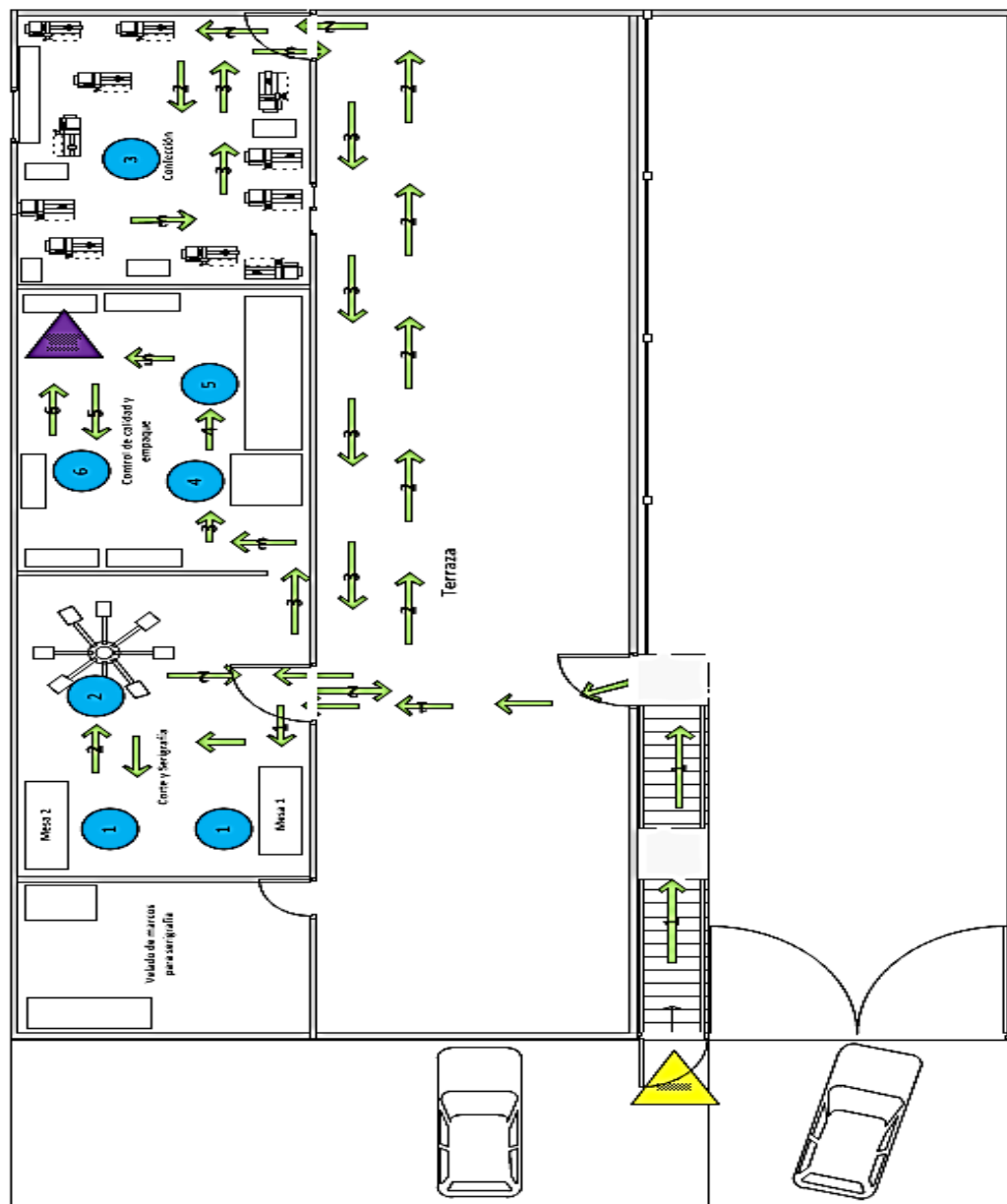
Las termoplanchas también se encuentran en este espacio, las cuales son utilizadas para el amarre de la pintura de las serigrafía en las prendas, planchado de piezas para un mejor acabado, piezas pequeñas para sublimación, entre otros. La señalización del espacio es ineficiente, situación que afecta en el desorden reduciendo aún más el espacio y el producto terminado no cuenta con un espacio específico.

### **3.4. Diagrama de recorrido actual**

El diagrama de recorrido no es más que la muestra de cómo la materia prima se mueve a lo largo de una fábrica, este muestra a su vez cómo se pueden optimizar dichos movimientos, ya que al analista le permite ver con mayor precisión los transportes, operaciones, entre otros, que dentro de la fábrica existen y este realizar las mejoras necesarias para acortar tiempos y realizar un buen ordenamiento del movimiento de la materia prima.

En la figura 17 se observa el movimiento de la materia prima (tela) de la fábrica.

Figura 17. Diagrama de recorrido actual de materia prima



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### **3.5. Recursos de producción**

Cada departamento necesita personal con diferentes habilidades y capacidades, la cantidad de trabajadores por área varía.

- Corte: para esta área se necesitan como mínimo 2 personas, las cuales deben de ser capaces de proveer trabajo al área de confección. La capacidad espacial en estas personas es indispensable, pues es necesario que puedan imaginarse la colocación de los patrones sobre los lienzos de tela, con el objetivo de aprovechar al máximo la materia prima; además los conocimientos básicos de matemática, conversiones (metro a pulgada, pulgada a centímetros, entre otros) y la utilización de metro y regla.
- Despiste y empaque: el personal debe tener el hábito del orden, pues lleva el control de salidas y entradas de productos terminados o por entregar al consumidor final, por lo que debe tener conocimientos de matemática básica y una caligrafía aceptable para la presentación de reportes. En el área, en temporada de producción alta es necesario por lo menos 5 personas.
- Confección: la exactitud en esta área es parte fundamental de la calidad que ofrece Samy Deportes, es aquí donde los acabados marcan una gran diferencia respecto a la competencia. Para los distintos efectos en los productos, ausencias de fibras expuestas es necesario que el personal sea capaz de: acelerar y desacelerar la máquina, facilidad de comprender las distintas formas de las prendas, posicionamiento correcto de la tela, ya que las distintas telas demandan diferentes grados de

esfuerzo y capacidad mental por parte de los operarios. En esta área son 5 operarios para cubrir la demanda del producto.

- Bordado: el área necesita 3 operarios de los cuales al menos 2 deben tener conocimientos básicos de computación, 1 para el manejo del panel de la máquina y el otro operario capaz de digitalizar en el programa establecido y predeterminado para la bordadora, todos deben tener conocimientos básicos de matemática.
- Sublimación: el personal requerido para esta área son 3, de los cuales es indispensable un diseñador gráfico, ya que debe manejar programas de diseño como *illustrator*, *photoshop*, *freehand*, *coreldraw*, entre otros. Los otros 2 operarios se encargan de velar de la impresión en el plotter y el planchado por lo que es necesario conocimientos básicos de computación y colocación de patrones en la tela, en el caso del operario de plancha.

### **3.5.1. Materiales**

La materia prima utilizada en el área de corte es el tipo textil, más comúnmente conocida como tela, esta materia prima tiene mucha variedad en textura, grosores, colores, diseños, entre otros. El tipo de tela a utilizar dependerá de la exigencia del cliente y la finalidad para la cual vaya a ser utilizada la prenda de vestir; además de la tela son utilizados lapiceros, tizas o yesos para marcar el patrón.

En confección, los hilos, carreteles, elásticos para el cinturón de las prendas, etiquetas, entre otros, son algunos de los materiales complementarios utilizados, son complementarios porque es donde la prenda de vestir comienza



a tomar forma agregándole cada uno de los elementos formando así el producto final especificado en la orden de compra.

Los bordados son elementos de ornamentación para las prendas de vestir, el hilo utilizado en esta área de la fábrica es material coreano de la mejor calidad del mercado a nivel nacional, también son utilizados pegamento en spray, lapiceros, entretela, tizas o yesos.

La sublimación es una técnica de última tecnología, pues consiste en utilizar tintas para textiles con los colores básicos *CMYK (Cian, Magenta, Yellow, Key)*, además de utilizar papel con adhesivo. Es el área que menos materia prima utiliza, pero la maquinaria y equipo son indispensables para un trabajo de calidad, lo que implica que la maquinaria a utilizar es bastante pesada.

### **3.5.2. Maquinaria y equipo**

El inicio de todo el proceso en general para la confección de una prenda es el corte, el equipo utilizado son las tijeras industriales y cuando son tirajes de tela grandes, las cortadoras industriales utilizan cuchillas especiales, las cuales pueden ser redondas o rectas y de fábrica tienen sistema de protección para los dedos, sin embargo, el operario no está completamente libre de alguna cortadura por lo que deberá utilizar protección con guantes especiales de aluminio para evitar cortaduras y llegar a perder hasta uno o varios dedos.

Las mesas de corte también es equipo utilizado en esta área, estas no deben de tener clavos fuera de la fórmica, deben de estar perfectamente balanceadas (a nivel), ya que si la mesa tiene algún tipo de juego puede afectar al momento de cortar el trazo en la tela. Los patrones también son herramientas

fundamentales porque con estos se define el tamaño, forma y posición de las partes para formar una pieza final, como lo es una playera, un juego de pants o cualquier otro artículo deportivo de vestir.

Figura 18. **Cortadoras industriales**



Fuente: elaboración propia.

Las máquinas de costura son industriales también, estas no ocupan demasiado espacio y en comparación de la otra maquinaria de la fábrica son las de peso menor, con ellas se realiza la unión de todas las piezas cortadas para un producto final. Las máquinas utilizadas por Samy Deportes son las más comunes entre las cuales se encuentran: collaretera, plana, 20U y *overlock* cada una realiza una puntada especial para la confección de la prenda.

Figura 19. Máquinas de costura



Fuente: elaboración propia.

## **4. DISEÑO DE LA PLANTA INDUSTRIAL**

### **4.1. Ventilación**

En los capítulos anteriores se mencionan los distintos tipos de ventilación que existen para las plantas industriales, y en estos explica la forma en que actúan;

#### **4.1.1. Importancia de la ventilación en una planta**

La importancia que tiene la ventilación es promover comodidad, evitar en un porcentaje de enfermedades ocupacionales y dar calidad de condiciones térmicas al capital humano, además la ventilación ayuda a controlar la calidad del proceso de manufactura, los agentes contaminantes o ambas.

Como agentes contaminantes, para este caso, se puede mencionar la mota que genera la tela al momento de ser manipulada, los trabajadores, hornos de serigrafía, entre otros.

#### **4.1.2. Parámetros para el diseño de ventilación en planta**

Los parámetros deben de ser establecidos para saber qué orden y qué camino tomar a fin de que se satisfagan las necesidades que la fábrica presenta, por el espacio y el área que se dispone es necesario utilizar los dos tipos de ventilación, forzada y natural. Los parámetros que se necesitan son:

- Velocidad de viento: este es determinado por medio de un velómetro realizando mediciones en distintos días, horas y temperaturas para obtener el valor promedio de la velocidad del sistema en análisis.
- Coeficiente de entrada por las ventanas: este se determina dependiendo como actúa el viento: longitudinalmente o perpendicularmente, el coeficiente es de 0,25-0,35 o 0,3-0,5 respectivamente.
- Volumen del área: este será utilizado para calcular el caudal del aire que debe renovar el edificio, para un taller o una fábrica en general se observa en la tabla VI , que es de 5 a 10 veces el contenido total de aire por hora.
- Caudal de aire se define como:

$$Q = C * A * V$$

Donde:

Q: flujo de aire en m<sup>3</sup>/Ra

C: coeficiente de entrada de la ventana

A: área de paso de las ventanas en metro cuadrado

V: velocidad del aire

Además:  $CA = V * \#de\ renovaciones/hora$

Donde:

CA: caudal de aire necesario (m<sup>3</sup>/hora)

V: volumen de aire que se desea renovar

### **4.1.3. Efectos agudos de calor**

A continuación se describen los efectos agudos de calor.

#### **4.1.3.1. Golpe de calor**

El golpe de calor se da por una exposición al calor muy alta, provocando en las personas poca sudoración, temperatura rectal por arriba de los 41 °C, el golpe de calor es una emergencia médica<sup>3</sup>

El caso de Samy Deportes no ha llegado a niveles de provocar un golpe calor, sin embargo, es necesario el estudio de ventilación ya que un porcentaje de las personas que trabajan en las distintas áreas suelen sofocarse en época de verano debido al calor que provoca el tipo de construcción de esta fábrica, además es conveniente mencionar que se desea una mejora para la planta en sí, y un ambiente más agradable y confortable para los trabajadores.

#### **4.1.3.2. Agotamiento por calor**

El agotamiento por calor se produce cuando el cerebro no contiene la suficiente agua para producir la refrigeración que el cuerpo necesita, provocado por el calor que se encuentra en un ambiente, lo que se llama refrigeración en el cuerpo es cuando el sistema detecta calor ajustando las temperaturas produciendo el sudor, cuando el sistema no cuenta con suficiente agua y este a su vez se encuentra expuesto al calor no existe sudoración, por lo tanto el cuerpo reacciona con una temperatura corporal aumentada.

---

<sup>3</sup> GOBERNA, Ricardo. *Ventilación Industrial*. p. 34.

Algunos síntomas y signos de que una persona está padeciendo de agotamiento por calor son: sudoración profusa, sentirse mareado, débil o cansado, respiración acelerada, dolor de cabeza, calambres musculares o en caso extremo puede llegar a presentar vómitos.

#### **4.1.3.3. Calambres por calor**

Son muchas las causas por las cuales se pueden producir los calambres por calor, estos pueden ser provocados por movimientos bruscos después de un tiempo prolongado en una misma posición.

Las personas corren riesgo de adquirir un calambre por calor durante los primeros días de una actividad a la cual no está acostumbrada y además a temperaturas muy altas, en cuando a confección se refiere los operarios pasan tiempos prolongados en casi una misma posición, sentados, por lo que si, además de estar tiempos prolongados sentados y están en una ambiente con excesivo calor las piernas, principalmente, contraen los músculos o los tendones provocando calambres.

Además la obesidad es otro factor importante en la provocación de los calambres por calor, y en personas que se mantienen por lo menos 8 horas diarias sentadas los niveles de obesidad son altos.

#### **4.1.4. Diseño del sistema de ventilación**

A continuación se describe el sistema de ventilación de Samy Deportes.

#### **4.1.4.1. Volúmenes necesarios por persona**

Los volúmenes que se necesitan para una ventilación adecuada en una planta industrial se miden con respecto al número de veces que cambia el volumen por hora. En la tabla VIII se puede observar los volúmenes necesarios por persona para distintas actividades.

**Tabla VIII. Volúmenes de aire necesarios por persona**

| <b>INSTALACIÓN</b>               | <b>CANTIDAD</b> |
|----------------------------------|-----------------|
| Hospitales, salas generales      | 60              |
| Hospitales, salas de heridos     | 100             |
| Hospitales, sala de enfermedades | 150             |
| Talleres                         | 60              |
| Industrias insalubres            | 100             |
| Teatros y salas de reuniones     | 50              |
| Escuela niños                    | 15              |
| Escuela adultos                  | 30              |
| Estancias ordinarias             | 10              |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de Plantas*. p. 108.

#### **4.1.4.2. Renovación de aire en número de veces por hora**

Para realizar un diseño de ventilación es necesario que se defina la actividad que se realiza dentro del edificio, en este caso será la confección de ropa deportiva, en función de esta definición existen varias bibliografías especializadas que presentan distintas actividades proporcionando directamente los caudales de aire por persona o metro cuadrado de superficie. A continuación se presenta la tabla IX con el número de renovaciones de aire por hora.



Tabla IX. **Número de renovaciones de aire por hora**

| TIPO DE LOCAL                      |                 | Nº Renovaciones de aire por hora |
|------------------------------------|-----------------|----------------------------------|
| WC. Inodoros                       | Privados        | 4-5                              |
|                                    | Públicos        | 8-15                             |
| Aseos y baños                      |                 | 5-7                              |
| Duchas                             |                 | 15-25                            |
| Bibliotecas                        |                 | 4-5                              |
| Oficinas                           |                 | 4-8                              |
| Tintorerías                        |                 | 5-15                             |
| Cabinas de pintura                 |                 | 25-50                            |
| Garajes y parkings                 |                 | 5                                |
| Salas de decapado                  |                 | 5-15                             |
| Locales de acumuladores            |                 | 5-10                             |
| Armarios roperos                   |                 | 4-6                              |
| Restaurantes y casinos             |                 | 8-12                             |
| Industrias de fundiciones          |                 | 8-15                             |
| Remojos                            |                 | 70-80                            |
| Auditorios                         |                 | 6-8                              |
| Salas de cines y de teatros        |                 | 5-8                              |
| Aulas                              |                 | 5-7                              |
| Salas de conferencias              |                 | 6-8                              |
| Cocinas                            | Privadas        | 15-25                            |
|                                    | Colectivas      | 15-30                            |
| Laboratorios                       |                 | 8-15                             |
| Locales de aerografías             |                 | 10-20                            |
| Salas de fotocopias                |                 | 10-15                            |
| Cuartos de máquinas                |                 | 10-40                            |
| Talleres de montaje                |                 | 4-8                              |
| Salas de laminación                |                 | 8-12                             |
| Talleres de soldadura              |                 | 20-30                            |
| Piscinas cubiertas                 |                 | 3-4                              |
| Despachos de reuniones             |                 | 6-8                              |
| Cámaras blindadas                  |                 | 3-6                              |
| Vestuarios                         |                 | 6-8                              |
| Gimnasios                          |                 | 4-6                              |
| Tiendas y comercios                |                 | 4-8                              |
| Salas de reuniones                 |                 | 5-10                             |
| Salas de espera                    |                 | 4-6                              |
| Lavanderías                        |                 | 10-20                            |
| Talleres                           | Alta alteración | 10-20                            |
|                                    | Poca Alteración | 3-6                              |
| Habitaciones (hoteles...)          |                 | 3-8                              |
| Iglesias modernas (techos bajos)   |                 | 1-2                              |
| Oficinas de bancos                 |                 | 3-4                              |
| Cantinas (de industrias militares) |                 | 4-6                              |
| Hospitales                         |                 | 5-6                              |
| Fábricas en general                |                 | 5-10                             |
| Discotecas                         |                 | 10-12                            |
| Cafés                              |                 | 10-12                            |
| Restaurantes de comida rápida      |                 | 15-18                            |
| Obradores de panadería             |                 | 25-35                            |

Fuente: *Número de renovaciones de aire por hora.*

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn251.html>. Consulta: 15 de julio de 2017.

#### 4.1.4.3. Cálculos

Para el cálculo de la cantidad de aire que se necesita en la fábrica es necesario conocer de qué manera actúa el aire, si perpendicular o longitudinal y a qué velocidad recorre, para lo cual se utilizan instrumentos de medición como el velómetro, bibliografías especializadas presentan un cuadro pequeño del coeficiente a tomar en cuenta para conocer cómo sopla el viento.

Tabla X. Coeficiente para cálculo del flujo de aire

| C         | CARACTERISTICAS                 |
|-----------|---------------------------------|
| 0.25-0.35 | Cuando actua longitudinalmente  |
| 0.3-0.5   | Cuando actua perpendicularmente |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 110.

Para el ubicación de Samy Deportes el viento recorre a 2 Km/h por lo que se tomará un coeficiente =  $C = 0,25$ .

Igualando la fórmula del caudal se obtendrá el área necesaria de ventilación por hora para la fábrica. Cabe mencionar que las medidas proporcionadas son las mínimas por lo que, según se requiera, puede ser más de lo calculado.

Para obtener cuánto volumen total de aire a evacuar se realizan los cálculos siguientes:

$$V = ancho * largo * altura$$
$$V = 14m * 20m * 3,20m = 896m^3$$

Se necesita el área de aire que se requiere para la fábrica por lo que:

$$Q = \text{coeficiente} * \text{area} * \text{velocidad} = c * a * v$$

Las renovaciones necesarias para la fábrica son 5 veces por hora por lo tanto:

$$896m^3 * 5\text{renov}/h = 4\,480\,m^3$$

Despejando

$$a = \frac{Q}{c*v(m/h)} = \frac{4\,480m^3}{0,25 * 2\,000(m/h)} = 8,96m^2$$

$$A = \text{largo} * \text{ancho} \quad 8,96m^2 = 20m * \text{ancho}$$

$$\text{ancho} = \frac{8,96m^2}{20m} = 0,448 \sim 0,5\,m$$

El volumen del aire necesario mínimo se obtiene con ventanas de 0,5m de ancho, la altura queda a discreción del diseñador ya que con este ancho obtenemos las renovaciones necesarias por persona para la fábrica.

#### 4.2. Iluminación

A continuacion se describen los conceptos y unidades básicas de la iluminación.

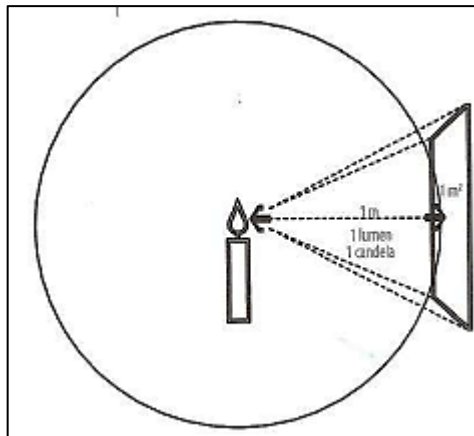
#### 4.2.1. Flujo luminoso

El flujo luminoso ( $\Phi_v$ ) es la parte de la potencia radiante total emitida que es capaz de afectar el ojo humano, o sea la cantidad de luz visible emitida por una fuente de luz por segundo.

Por ejemplo en una lámpara incandescente, solo el 10 % de la luz que emite es flujo luminoso. Ver figura 21.

Además, es un promedio ponderado de del flujo radiante en el espectro visible.

Figura 20. Flujo luminoso



Fuente: Física Four. *Flujo luminoso*.

<http://aravazquez87.blogspot.com/2009/11/la-intensidad-luminosa-es-la-magnitud.html?m=1>.

Consulta 30 de junio de 2017.

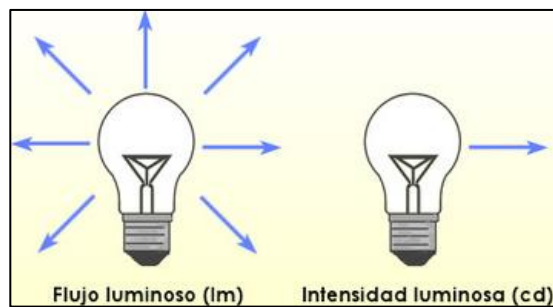
Generalmente el flujo luminoso es medido en lúmenes pero no siempre es necesario calcularlo puesto que el fabricante proporciona una lista de lúmenes

iniciales, ya que el envejecimiento de la lámpara provoca que la potencia se desplace y ya no tiene la misma magnitud de ondas precisas que cuando esta era nueva.

#### 4.2.1.1. Intensidad luminosa

La intensidad luminosa a diferencia del flujo luminoso es la cantidad de luz concentrada en una dirección específica. Ver figura 17. Esta se puede medir y su unidad de medida en el Sistema Internacional de Unidades es la candela (Cd).

Figura 21. **Diferencia entre el flujo luminoso y la intensidad luminosa**



Fuente: Física Four. *Diferencia entre el flujo luminoso y la intensidad luminosa.*

<http://aravazquez87.blogspot.com/2009/11/la-intensidad-luminosa-es-la-magnitud.html?m=1>.

Consulta 30 de junio de 2017.

Es la medición entre la cantidad de luz emitida reflejada desde una superficie específica desde un ángulo sólido (intensidad luminosa), indica cuanta energía luminosa se puede percibir por el ojo humano esto significa que la luminancia indica el brillo reflejado fuera de la superficie.

La unidad de medida para la luminancia en el Sistema Internacional es candela/metros cuadrados ( $\text{Cd/m}^2$ ), se cuantifica utilizando un espectro radiómetro, medidor de color o un medidor de luminancia.

#### **4.2.2. Tipos de iluminación**

Los tipos de iluminación pueden ser natural y artificial.

##### **4.2.2.1. Iluminación natural**

La iluminación natural es la que proporciona el sol, esta a su vez es variante debido a la rotación que el astro tiene. La desventaja que se encuentra en este tipo de iluminación es que no se puede controlar con exactitud la calidad, dirección, intensidad o color de la luz y se ve determinada por las condiciones de la naturaleza.

Una de las ventajas más notorias en la utilización de la luz natural es el ahorro de energía, además esta preferencia provocan sensaciones agradables y efectos positivos en los empleados, está demostrado que ese mayor bienestar de trabajar con luz natural los empleados presentan un incremento en su productividad.

##### **4.2.2.2. Iluminación artificial**

La iluminación es la acción y el efecto de iluminar pero también alude aquellas luces dispuestas a iluminar un lugar determinado con el objetivo de tener la visión optima sobre el o los objetos a trabajar.

Esta luz proviene de objetos tales como lámparas, flash, entre otros. Para estos casos la dirección, el color, la intensidad, la calidad, entre otros, pueden ser manipulados y controlados de manera que satisfagan la necesidad del usuario y proporcionar a este un descanso visual, que es lo que se busca con una iluminación de este tipo. Una de las desventajas que ésta presenta es que se requiere de conocimientos técnicos y resulta mucho más costosa que la natural ya que se llevan a cabo estudios minuciosos del espacio a iluminar y además el costo de las lámparas.

#### **4.2.3. Tipos de lámparas industriales**

La iluminación es un campo que con el avance del tiempo va evolucionando, gracias a la ciencia y a los avances tecnológicos existe gran variedad de luminarias, también se considera que las necesidades que presentan los usuarios cambian y evolucionan por lo que es necesario contar con fuentes de iluminación económicas, ahorradoras de energía, eficiencia energética y excelente capacidad lumínica.

En el caso de las lámparas industriales es necesario brindar la cantidad de luz suficiente para iluminar el espacio de trabajo ya sea en una planta, fábrica, edificios o cualquier otra zona en donde se requiera iluminación industrial.

El campo de las luminarias industriales al igual que las de uso cotidiano existen en gran variedad con distintas formas, tamaños, posibilidades de aplicación, características y sobre todo capacidades que están desarrolladas con distintas tecnologías convirtiendo cada una en la opción ideal para el usuario.

A continuación se describe brevemente los cuatro principales tipos de lámparas industriales:

- Luminarias HID: esta tecnología es de las más utilizadas actualmente, estos elementos generan luz mediante un proceso de canalización de electricidad por medio de un tubo (que contiene gas y sales de metal) y este al recibir carga genera plasma un elemento que posee brillo muy intenso.

Este tipo de luminarias ofrece una alta eficiencia, durabilidad y resistencia, bajo consumo de energía, que es lo que la mayoría si no es que todas las industrias buscan, gran potencia lumínica.

Debido a la gran potencia lumínica se utilizan principalmente en el exterior como alumbrados públicos, estacionamientos, vías públicas, entre otros, pero en el sector de la industria es común encontrar este tipo de luminarias por su gran resistencia y durabilidad, ya que, estas expuestas al polvo, altas temperaturas y suciedad no pierde la capacidad de iluminar espacios amplios.

- Luminarias fluorescentes: este es el tipo de luminaria más común en las industrias, estos dispositivos producen luz cuando el gas contenido dentro del tubo recibe una carga eléctrica que proporcionan dos electrodos, uno de los beneficios que generan es el que genera poco calor, consume aún menos energía que las lámpara *HID* , y tienen tipo de vida útil más prolongado, estas son las utilizadas en bodegas, oficinas, almacenes comercios, entre otros.



- Luminarias LED: por sus siglas en inglés *Ligth Emiting Diode* (led), los diodos emisores de luz, es un tipo de lámpara bastante convencional hoy en día en el mercado de la industria.

Los diodos de estos elementos son semiconductores lo que conlleva a que los electrones al pasar por el diodo se convierten en luz, esta tecnología que se tienen hoy en mano son los elementos más efectivos, rápidos y prácticos para convertir la energía en luz, trabajo por el cual la cantidad de energía consumida es mínima, la eficiencia energética es grande, poseen gran durabilidad, entre otras ventajas.

- Luminarias por inducción: esta tecnología es conocida porque las lámparas ofrecen colores fluorescentes híbridos que eliminan la necesidad de utilizar electrodos para generar luz.

La luz se genera a través de un proceso de transmisión de energía con alta frecuencia y esta se combina con descargas de gas, dependiendo el tipo de gas y los elementos utilizados cada elemento puede generar diferentes tonos de color y es por ello que existen subtipos de lámparas de inducción.

Estas lámparas en las industrias que trabajan 24 horas son las más cotizadas ya que el tiempo de vida útil puede superar las 100 000 horas de uso.

#### **4.2.4. Métodos de cálculos de iluminación**

A continuación se describen los métodos de cálculos de iluminación.

#### **4.2.4.1. Método cavidad zonal**

Este método permite considerar el procedimiento para la iluminación el número y el tipo de luminarias o lámparas que se necesitan proporcionar a un espacio de trabajo, tomando en cuenta el flujo luminoso como la reflectancia de los elementos que la rodean como: paredes, techos, pisos.

Este método utiliza 3 cavidades fundamentales:

- Cavidad de techo: este espacio es el que se encuentra entre la lámpara y el techo, como su nombre lo indica, regularmente esta cavidad tiene un valor igual a cero pues la lámparas están pegadas al techo, pero para luminarias colgantes dependerá del diseño y del tipo de trabajo a realizar para considerar este espacio.
- Cavidad local: este espacio es el que se encuentra entre el plano o banco de trabajo y la luminaria, el banco de trabajo normalmente se encuentra arriba del piso, pero si en algún caso el trabajo es a nivel de piso, esta cavidad se considera igual a cero.
- Cavidad de piso: como su nombre lo indica es la parte que se mide desde la parte superior del área de trabajo y el nivel del piso, regularmente para oficinas estas distancias se consideran aproximadamente de 0,76m, para bancos de trabajo o tareas con más dificultad se puede considerar hasta 0,92m, si el trabajo se realizará directamente en el suelo, esta cavidad no existe.

Lo que hace realmente interesante y completo este método es que el cálculo se basa tomando en cuenta todas las superficies en donde es reflejada la luz, por lo que los datos importantes para este método son:

- Dimensiones del espacio a iluminar
- Reflectancias del techo, paredes y piso.
- Tipo de lámpara a utilizar
- Factor de mantenimiento
- Alturas de piso al cielo, de piso a área de trabajo y de techo a lámpara
- Edad de usuarios
- Nivel lumínico
- Potencia de lámpara

El sistema considera todas estas variables razón por la cual muchas de las condiciones variables que antiguamente se ignoraban, se pueden calcular minuciosamente con este método.

#### **4.2.4.2. Método del rendimiento**

Este método es uno de los más sencillos y prácticos de calcular, se utiliza para un alumbrando en general y proporciona la iluminancia media con un error de  $\pm 5$  y da una idea aproximada de las necesidades de la iluminación, ya que se utilizan varios datos de tablas establecidas.

Para poder escoger el nivel lumínico de acuerdo a las normas existen tablas donde se puede seleccionar el coeficiente de reflexión, como anteriormente se mencionó y además el tipo de lámpara a utilizar.

A continuación se muestran las tablas que ayudan a la realización del método.

Tabla XI. **Coeficientes de reflexión**

| COLOR         | COEF. DE REFLEXION | CLAROS      |
|---------------|--------------------|-------------|
| Blanco        | 75-85              |             |
| Marfil        | 70-75              |             |
| Col. Pálidos  | 60-70              |             |
| COLOR         | COEF. DE REFLEXION | SEMI-CLAROS |
| Amarillo      | 55-65              |             |
| Marrón claro  | 45-55              |             |
| Verde Claro   | 40-50              |             |
| Gris          | 30-50              |             |
| COLOR         | COEF. DE REFLEXION | CLAROS      |
| Azul          | 25-35              |             |
| Rojo          | 15-20              |             |
| Marrón oscuro | 10-15              |             |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 139.

Se determina además el flujo de la lámpara, dividiendo el flujo total entre el número de lámparas y se escogen los tubos adecuados para proporcionar como mínimo ese flujo de acuerdo con la tabla XII.<sup>4</sup>

Tabla XII. **Flujo lumínico por lámpara**

| LÁMPARA                 | W   | LÚMENES INICIALES | VIDA UTIL (HORAS) |
|-------------------------|-----|-------------------|-------------------|
| Incandescentes estándar | 25  | 230               | 2 500             |
| Incandescentes estándar | 40  | 450               | 1 500             |
| Incandescentes estándar | 60  | 890               | 1 000             |
| Incandescentes estándar | 75  | 1 200             | 850               |
| Incandescentes estándar | 100 | 1 700             | 750               |
| Incandescentes estándar | 150 | 2 850             | 750               |

---

<sup>4</sup> TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 140.

Continuación de la tabla XII.

| LÁMPARA                         | W    | LÚMENES INICIALES | VIDA UTIL (HORAS) |
|---------------------------------|------|-------------------|-------------------|
| Fluorescente estándar           | 20   | 1 220             | 900               |
| Fluorescente estándar           | 40   | 3 200             | 18 000            |
| Fluorescente <i>High Output</i> | 85   | 6 450             | 12 000            |
| Fluorescente <i>High Output</i> | 110  | 9 000             | 12 000            |
| Fluorescente Slimline           | 38,5 | 2 900             | 12 000            |
| Fluorescente Slimline           | 56   | 4 400             | 12 000            |
| Fluorescente Slimline           | 73,5 | 6 300             | 12 000            |
| Fluorescente Tipo "U"           | 40   | 3 000             | 12 000            |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 140.

#### 4.2.4.3. Método punto por punto

Este método es utilizado mayormente en la iluminación exterior, quiere decir que la luz no se distribuye uniformemente. Este método permite obtener luminosidades en puntos determinados y está basado en la ley inversa de los cuadrados.

Una de las desventajas de este método es que cuando la fuente sea demasiado grande, el método no funciona por lo que no es recomendable utilizarlo la menos que la distancia no sea significativa.

El método requiere conocer las características de las lámparas, la disposición y la altura de estas sobre la planta del local. Una vez conocidos todos los elementos necesarios se comienza a calcular las iluminancias ya que mientras más puntos sean calculados más información se obtendrá sobre la distribución correcta de la luz.

#### **4.2.5. Diseño del sistema de iluminación**

El método de cavidad zonal es recomendado por la *Illuminating Engineering Society* – IES, en Estados Unidos, es un método muy utilizado y la base de muchos otros sistemas de cálculos para iluminación.

##### **4.2.5.1. Cálculos**

Por las variables que toma en cuenta para el cálculo se pueden mencionar las siguientes ventajas:

- Alturas de suspensión de luminarias
- Alturas del plano de trabajo
- Distintas reflectancias en paredes, pisos y techos

Razón por la cual se realizarán los cálculos de la fábrica de ropa con el método en mención.

Para el cálculo es de suma importancia los siguientes datos:

- Altura de piso a cielo : 3,20m
- Altura de piso a área de trabajo: 0,95m
- Altura de techo a lámpara : 0,70m
- Color de piso: piso de cemento
- Color de paredes: blanco hueso
- Color de techo: blanco
- Largo: 19,9m
- Ancho: 14m
- Potencia de lámpara : incandescente estándar de 40 watts, doble tubo

- Factor de mantenimiento: 0,6
- Nivel lumínico : 300 luxes

Los niveles de reflectancia en paredes, techo y pisos son a base de la tabla XIII.

Tabla XIII. **Nivel de reflectancias en las superficies**

| ELEMENTO | COLOR              | FACTOR DE REFLECTANCIA |
|----------|--------------------|------------------------|
| TECHO    | BLANCO O MUY CLARO | 0.7                    |
|          | CLARO              | 0.5                    |
|          | MEDIO              | 0.3                    |
| PAREDES  | CLARO              | 0.5                    |
|          | MEDIO              | 0.3                    |
|          | OSCURO             | 0.1                    |
| SUELO    | CLARO              | 0.3                    |
|          | OSCURO             | 0.1                    |

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 134.

Color de piso: piso de cemento = 0,1

Color de paredes: blanco hueso = 0,3

Color de techo: blanco = 0,5

Las alturas recomendadas a base de la experiencia en otras fábricas y de libros para ergonomía e iluminación ambiental son las siguientes:

Altura de cavidad del cielo =  $H_{cc} = 0,70$

Altura de cavidad del piso =  $H_{cp} = 0,95$

Altura útil de la habitación =  $H_{ca} = (3,20 - 0,95) = 2,25$

A continuación el cálculo de las reflectancias para las cavidades zonales, las cuales son necesarias para las lecturas de las tablas de reflectancia efectiva:

$$R_{cc} = \frac{5H_{cc} * (l + a)}{(l * a)}; R_{ca} = \frac{5H_{ca} * (l + a)}{(l * a)}; R_{cp} = \frac{5H_{cp} * (l + a)}{(l * a)}$$

Sustituyendo valores

$$R_{ca} = \frac{(5 * 2,25) * (19,9 + 14)}{(19,9 * 14)} = 1,37$$

$$R_{cp} = \frac{(5 * 0,95) * (19,9 + 14)}{(19,9 * 14)} = 0,58$$

$$R_{cc} = \frac{(5 * 0,70) * (19,9 + 14)}{(19,9 * 14)} = 0,42$$

Existe una tabla de reflectancias efectivas como anteriormente se menciona, estas sirven para obtener la reflectancia efectiva de cavidad de piso para lo cual los siguientes datos son indispensables para la lectura de la misma. Ver tabla en anexos.

Nivel de reflectancia de luz sobre el suelo =  $P_f = 0,1$

Nivel de reflectancia de luz sobre la pared =  $P_p = 0,50$

Relación de cavidad zonal en el suelo =  $R_{cp} = 0,58$

EL resultado de la lectura

$P_{cc} = 11$



El coeficiente de utilización también se obtiene con la lectura de tablas.  
Para lo cual se necesitan los datos siguientes datos:

$$P_{cc} = 11$$

$$P_p = 0,50$$

$$R_{ca} = 1,37$$

Resultado de lectura en tablas  $K = 0,70$ .

El cálculo del flujo luminoso es de suma importancia para conocer la potencia recibida, ya que esta es la que percibe el ojo humano.

$$\Phi = \frac{(\text{área} * \text{nivel luminico})}{\text{factor de mantenimiento} * K}$$

$$\Phi = \frac{(19,9 * 14)(300)}{0,6 * 0,70} = 199\,000 \text{ lux}$$

Además se sabe que 1 watt equivale a 80 lumens y la lámpara que se seleccionada es:

$$\text{Potencia de lámpara} = 2 \text{ tubos} * 40 \text{ watts} * 80 \text{ lumens} = 6\,400 \text{ lumenes}$$

Entonces:

Número de lámparas

$$NL = \text{Flujo lumínico} / \text{potencia de lámpara}$$

$$NL = 199\,000 / 6\,400 = 31,09 \text{ se aproximará a } 31 \text{ lámparas}$$

Área cubierta por la luz       $AC = \text{área} * NL$

$$AC = (19,9 * 14)(31) = 8\,636,6 \text{ m}^2$$

Espaciamiento entre lámparas       $E = (AC)^{1/2}$

$$E = (8\,636,6)^{1/2} = 92,93 \text{ m}$$

Se realizará la distribución uniforme con respecto al número de lámparas encontradas, de esta manera se logrará optimizar la colocación de las lumbreras en el área de trabajo.

Número de lámparas distribuidas a lo ancho:  $E / \text{ancho del terreno}$

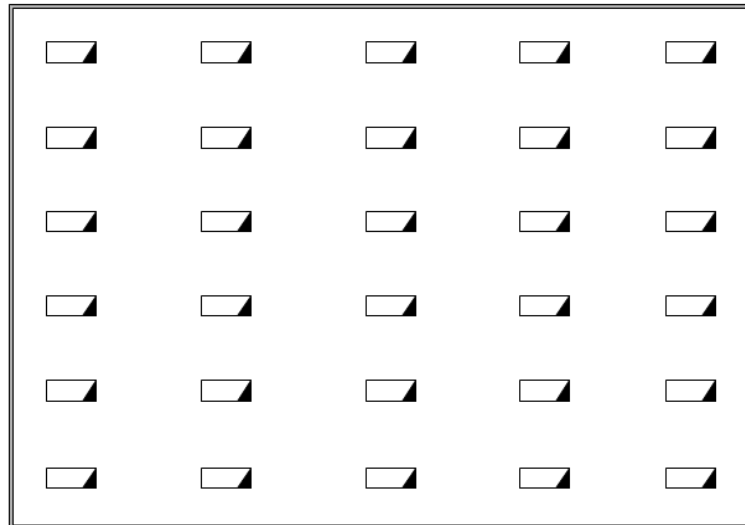
$$NL_a = 92,93 / 14 = 6,63 \text{ lámparas} \sim 6 \text{ lámparas}$$

Número de lámparas distribuidas a lo largo:  $E / \text{largo del terreno}$

$$NL_l = 92,93 / 19,9 = 4,66 \sim 5 \text{ lámparas}$$

A continuación se muestra un diagrama de la distribución de las lámparas en el área, considerando que es la óptima según los cálculos establecidos para el trabajo de fabricación de ropa deportiva, para un área total de  $79,60 \text{ m}^2$

Figura 22. **Distribución de luminarias**



Fuente: elaboración propia.

#### **4.3. Ruido**

El ruido es un sonido que no es grato al oído, en el caso de las industrias por su naturaleza ya parte de la vida cotidiana, la exposición a máquinas que ayudan en la transformación del producto final, generan decibeles altos provocando problemas de audición a largo plazo para el operario de dicha maquinaria.

En Guatemala una gran parte de las empresas, regularmente pequeñas y medianas empresas, son empresas que no tienen el cuidado necesario para los operarios que son expuestos a largos tiempos con sonidos altos molestos al oído, llamado ruido.

Muchos incidentes y accidentes laborales se producen porque el ruido impide escuchar las alertas, además produce un mayor nivel de estrés, perturban la concentración, aumentando los defectos productivos.

#### **4.4. Efectos de la exposición al ruido**

- Disminución de capacidad auditiva

Anteriormente se menciona que la exposición al ruido en una industria ya es parte de la vida cotidiana para las personas que son expuestas a ello.

La exposición al ruido durante 8 horas al día por encima de los 85 a 90 dB es peligrosa, ya que la reacción que el oído tiene a esto es recuperarse después de unas horas pero debe ser a decibeles más bajos, luego el sistema ya no lo realiza completamente este proceso a un 100 % y el daño comienza a ser permanente, a esto se suma la aparición de zumbidos transitorios y es un síntoma común de advertencia que las personas expuestas al ruido ya están comenzando con daños en el sistema auditivo.

- Insomnio

Otro de los factores muy comunes es la falta de sueño, el exponerse por horas consecutivas al ruido produce trastornos en el descanso, quiere decir que el sistema nervioso ha sido alterado, porque, aunque el operario de la máquina ya este acostumbrado a los ruidos de las mismas la calidad de sueño no es la más saludable.

El ruido es una de las causas principales de insomnio y puede alterar los ciclos de sueño generando un insomnio crónico. Cuando se enfrenta a un

problema de insomnio los especialistas recomiendan que una de las medidas más efectivas y sencillas contra el ruido son los tapones.

- Estrés

En la vida cotidiana el ser humano se enfrenta al estrés, el estrés es un aliado fuerte provocado por el ruido, desde estar en el tráfico hasta en los puestos de trabajo, este estrés puede provocar tensión arterial y de esto se derivan problemas graves de salud, como enfermedades cardiacas, úlceras, desgaste de sistema nervioso, entre otros

El estrés no solo tiene consecuencias físicas además se ve afectada la salud mental, por ejemplo la ansiedad, la frustración y la depresión pueden factores comunes en personas sometidas al estrés, razón por las que muchas personas reaccionan a la farmacodependencia, alcoholismo y en casos extremos hospitalizaciones.

A continuación se presenta en la tabla XIII las manifestaciones más comunes provocadas por el estrés, específicamente para las personas que son expuestas a fábricas de ropa.

Tabla XIV. **Consecuencias físicas provocadas por el estrés**

|                               |                                                                                                                                                        |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Trastornos gastrointestinales | <ul style="list-style-type: none"><li>• Úlcera péptica</li><li>• Intestino irritable</li><li>• Colitis ulcerosa</li><li>• Digestiones lentas</li></ul> |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Continuación de la tabla XIV.

|                          |                                                                                                                                                                           |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Trastornos respiratorios | <ul style="list-style-type: none"><li>• Asma bronquial</li><li>• Hiperventilación</li></ul>                                                                               |
|                          | <ul style="list-style-type: none"><li>• Disnea</li><li>• Sensación de opresión a la caja torácica</li></ul>                                                               |
| Trastornos musculares    | <ul style="list-style-type: none"><li>• Calambres y contracturas</li><li>• Rigidez</li><li>• Dolores musculares</li><li>• Alteraciones de reflejos musculares</li></ul>   |
| Otros                    | <ul style="list-style-type: none"><li>• Cefaleas</li><li>• Insomnio</li><li>• Trastornos inmunológicos</li><li>• Falta de apetito</li><li>• Artritis reumatoide</li></ul> |

Fuente: del HOYO DELGADO, María Angeles. *Estrés laboral*. p. 9.

#### **4.5. Instrumentos para medición de ruido**

Estos aparatos son los más comunes en el medio industrial, en concreto miden el nivel de ruido que existe en un determinado ambiente, en un determinado momento.

##### **4.5.1. Sonómetros**

La unidad del sonómetro es el decibelio, este instrumento de medición de ruidos es utilizado para medir la contaminación acústica con una determinada actividad.

La comisión electrotécnica internacional - CIE – ha establecido normas que los fabricantes de sonómetros deben de tomar en cuenta al pie de la letra, esto para garantizar que la variedad de marcas y modelos ofrezcan una misma medición. Existen varios tipos de sonómetros según las normas internacionales

- Sonómetro de clase 0: se utiliza en laboratorios
- Sonómetro de clase 1: utilizado en el trabajo de campo con precisión
- Sonómetro de clase 2: permite realizar mediciones generales en el campo
- Sonómetro de clase 3: es el menos preciso, ya que solo permite mediciones aproximadas, regularmente es utilizados para realizar reconocimientos.

#### **4.5.2. Dosímetro**

Este es otro de los aparatos utilizados para calcular el ruido al que está sometida una persona o un operario en una fábrica, registra el ruido y lo acumula realizando una suma total sobre un tiempo determinado. Es un aparato práctico debido a su portabilidad, lo cual permite medir todo tipo de ruidos tanto ruidos de trabajos fijos o ruidos en trabajos móviles.

El dosímetro mide las fluctuaciones en la presión atmosférica causada por el sonido y en las industrias donde el ruido varía en duración e intensidad.

#### **4.6. Tipos de ruido**

Los tipos de ruido son:

- Continuo

- Intermitente
- Aleatorio
- Rosa

#### **4.6.1. Ruido continuo**

También llamado ruido estable, se considera un ruido continuo ya que su nivel o presión sonora no varía o no sobre pasa de los 5dB en función del tiempo, estos ruidos pueden provenir de motores eléctricos, bombas, ventiladores, entre otros.

#### **4.6.2. Ruido intermitente**

Este ruido como su nombre lo indica aparece cuando la maquinaria opera en ciclos, es decir, el ruido aumenta y disminuye rápidamente. El ruido en cada ciclo de la maquinaria puede ser medido, pero también debe anotarse la duración del ciclo ya que con este dato se obtiene la exposición del operario a la maquinaria y se toma la medida de seguridad más acertada para el trabajador.

#### **4.6.3. Ruido de aleatorio**

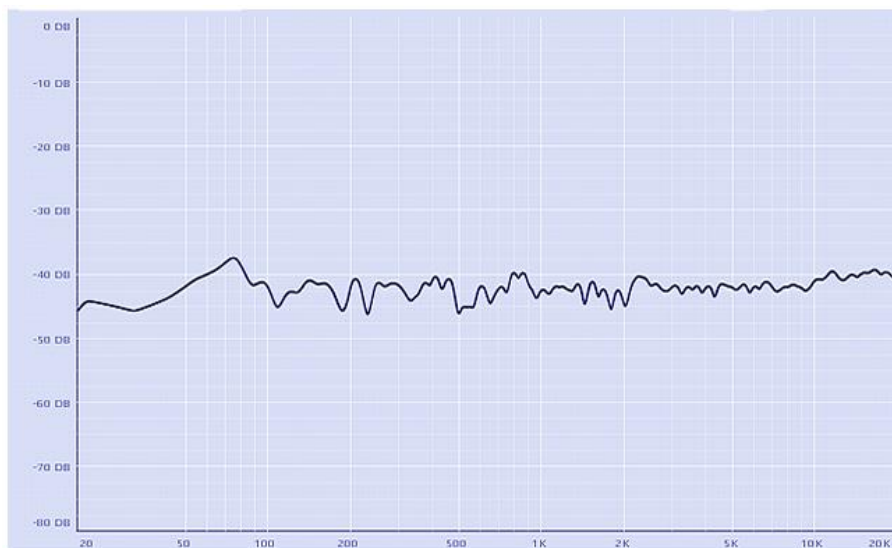
Este ruido posee valores aleatorios y además la misma densidad de potencia a lo largo de toda la banda de frecuencias, es decir que las frecuencias tienen la misma amplitud. Ver figura 23.



#### 4.6.3.1. Ruido blanco

Es un ruido que se caracteriza por un aumento de 3dB en la presión sonora cada vez que la banda aumenta.

Figura 23. **Ruido blanco, su espectro es plano en frecuencia**



Fuente: *Cosas de audio*. <http://cosasdeaudio.com/conoces-la-diferencia>.

Consulta: 17 de octubre de 2017.

#### 4.6.3.2. Ruido rosa

Este es otro tipo de ruido aleatorio y está conformado esta vez con menos amplitud para altas frecuencias, en otras palabras se puede decir que el ruido rosa es el resultado de un ruido blanco que pasa por un filtro y este se retira de manera gradual.

Figura 24. **Ruido rosa, su espectro es decreciente en frecuencia**



Fuente: *Cosas de audio*. <http://cosasdeaudio.com/conoces-la-diferencia>.

Consulta: 17 de octubre de 2017.

#### **4.7. Reglamento nacional sobre exposición al ruido**

Según el acuerdo gubernativo 229-2014, de Salud y Seguridad Ocupacional, en el artículo 182 dice: “Se consideran lugares de trabajos ruidosos aquellos que empleen para el desarrollo de su actividad, fuentes generadoras de ruidos, ya sean continuos cuyos niveles de presión sonora sean superiores a los ochenta y cinco decibeles (85dB) o de pico superiores a los noventa decibeles (90dB)”.

Algunas de las condiciones para la exposición al ruido según esta ley, las máquinas que produzcan ruidos superiores a los anteriormente descritos deben aislarse por medio de técnica de control de ingeniería y la habitación o lugar donde se encuentren estas máquinas podrá solamente trabajar el operador o personal necesario para realizar la tarea, además se prohíbe instalar máquinas o aparatos ruidosos adosados a paredes o columnas, la distancia que estos deben de tener respecto de la pared es un mínimo de 70 cm.

Además toda fuente generadora de ruido debe estar bien cimentada, según las especificaciones de cada fabricante, nivelada, ajustada y lubricada para que, de este modo pueda evitarse ruidos excesivos.

A continuación se presenta la tabla XV en donde se detalla el tiempo máximo de la exposición al ruido, según los decibeles que la maquinaria a utilizar genera:

Tabla XV. **Tiempo de exposición por día en horas, minutos y segundos**

| NPSeq<br>(dB (A) lento) | Tiempo de exposición por día |         |          |
|-------------------------|------------------------------|---------|----------|
|                         | Horas                        | Minutos | Segundos |
| 85                      | 8,00                         |         |          |
| 86                      | 6,35                         |         |          |
| 87                      | 5,04                         |         |          |
| 88                      | 4,00                         |         |          |
| 89                      | 3,17                         |         |          |
| 90                      | 2,52                         |         |          |
| 91                      | 2,00                         |         |          |
| 92                      | 1,59                         |         |          |
| 93                      | 1,26                         |         |          |
| 94                      | 1,00                         |         |          |
| 95                      |                              | 47,40   |          |
| 96                      |                              | 37,80   |          |
| 97                      |                              | 30,00   |          |
| 98                      |                              | 23,80   |          |
| 99                      |                              | 18,90   |          |
| 100                     |                              | 15,00   |          |
| 101                     |                              | 11,90   |          |
| 102                     |                              | 09,40   |          |
| 103                     |                              | 07,50   |          |
| 104                     |                              | 05,90   |          |
| 105                     |                              | 04,70   |          |
| 106                     |                              | 03,75   |          |
| 107                     |                              | 02,97   |          |
| 108                     |                              | 02,36   |          |
| 109                     |                              | 01,88   |          |
| 110                     |                              | 01,49   |          |
| 111                     |                              | 01,18   |          |
| 112                     |                              |         | 56,40    |
| 113                     |                              |         | 44,64    |
| 114                     |                              |         | 35,43    |
| 115                     |                              |         | 28,12    |
| 116                     |                              |         | 14,06    |
| 117                     |                              |         | 07,03    |
| 118                     |                              |         | 03,52    |
| 119                     |                              |         | 01,76    |
| 120                     |                              |         | 00,88    |
| 121                     |                              |         | 00,44    |
| 122                     |                              |         | 00,22    |
| 123                     |                              |         | 00,11    |
| 124                     |                              |         | 00,05    |

Fuente: *Asociación de la industria del vestuario y textiles*. Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas. <http://vestex.com.gt/wp-content/uploads/2015/04/Reglamento-de-SSO-y-sus-Reformas.pdf>. Consulta: 24 de octubre de 2017.

Los tiempos de exposición en las horas de trabajo y la protección que los operadores puedan tener como tapones u orejeras, no garantizan que este no tenga daños a la salud; deben de estar sujetos a vigilancia médica y la periodicidad de los exámenes médicos debe de ser determinada, según la exposición y el tiempo al ruido.

#### 4.8. Análisis y resultado de exposición al ruido

Para determinar la exposición al ruido es necesario conocer dos variables, el tiempo total de exposición del operario en máquina y el tiempo de exposición permitido, estas dos variables ayudan a encontrar la dosificación máxima permitida a la que un operador puede ser expuesto.

Para fines de explicación del método de cálculo para dosificación del ruido se tomará una muestra de 5 lecturas, de un total de 20, del área de bordado, ya que es el área que muestra decibeles más altos. Las áreas como corte, confección y sublimación presentan niveles por debajo de los 90 decibeles razón por la cual de admite cualquier duración de tiempo de exposición.

Tabla XVI. **Tabla de medición de exposición a la máquina de bordado**

|   | Área de bordado            |                |
|---|----------------------------|----------------|
|   | Tiempo de exposición (min) | Decibeles (dB) |
| 1 | 20                         | 87             |
| 2 | 15                         | 74             |
| 3 | 40                         | 87             |
| 4 | 15                         | 87             |
| 5 | 45                         | 89             |

Fuente: elaboración propia.

Para encontrar la dosificación y el tiempo permitido

$$D = \frac{C1}{T1} + \frac{C2}{T2} + \dots \frac{Cn}{Tn}$$

$$Ti = [21 - \left(\frac{Li}{5}\right)]$$

Dónde:

C1 = tiempo total de exposición del operario en el área

T1 = tiempo de exposición permitido

Ti = Tiempo de exposición permitido según la potencia sonora.

Li = es el nivel en decibeles

Los valores de Tn se basan en la tabla establecida por el acuerdo gubernativo 229-2014. Los valores de permisibilidad de exposición al ruido se transformaran a minutos debido a que la tabla de valores proporcionada está en minutos.

$$D = \frac{20}{302,40} + \frac{15}{480} + \frac{40}{302,40} + \frac{15}{302,40} + \frac{45}{302,40} = 0,43 \text{ min}$$

La dosificación máxima al ruido se obtiene dividiendo el tiempo de exposición permitido entre sí, de manera que este sea unidad.

$$D = \frac{302,40}{302,40} + \frac{480}{480} + \frac{302,40}{302,40} + \frac{302,40}{302,40} + \frac{302,40}{302,40} = 1 \text{ min}$$

La dosificación máxima refleja que es un minuto de exposición y se demuestra que el operario está por debajo del máximo, significa que no se necesita ninguna protección para el usuario, sin embargo, se recomienda la vigilancia médica que el acuerdo gubernativo exige para el bienestar del operario y prevenir algún tipo de enfermedad ocupacional.



## **5. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA**

### **5.1. Distribución de planta**

La misión del ingeniero industrial como diseñador de la distribución de planta es lograr que la eficiencia y la productividad en la planta sea la óptima.

#### **5.1.1. Concepto**

Es un concepto relacionado con la disposición de las máquinas. Los departamentos, las estaciones de trabajo, las áreas de almacenamiento, los pasillos y los espacios comunes dentro de una instalación productiva propuesta o ya existente.<sup>5</sup>

Algunos de los objetivos básicos de la distribución de planta, como ya se ha mencionado antes, es de proporcionar a la empresa beneficios como aumento de eficiencia y por lo tanto de la competitividad. Una buena distribución en una planta, industria o fábrica permite reducir los requerimientos de espacio y el manejo de la materia prima es menor, quiere decir que los desplazamientos que esta tiene disminuyen, por lo que el volumen de acumulación de trabajo en las áreas de proceso y el control de los materiales mejora ayudando así a que el área de control de calidad proporcione como producto final, un producto de mejor calidad.

---

<sup>5</sup> RODRÍGUEZ, María. *Distribución de una planta*. <https://es.slideshare.net/MariaGpeRdzMarthell/distribucin>. Consulta: 10 de diciembre de 2017.



### **5.1.2. Características**

Algunas de las características de una buena distribución de planta son:

- Facilitar la comunicación con los supervisores, trabajadores y clientes.
- Satisfacción y seguridad de los trabajadores.
- Reducir el ciclo de la duración de la elaboración del bien o servicio.
- Facilitar la adaptación a condiciones cambiantes del mercado
- Promover actividades de mantenimiento.
- Minimizar al máximo movimientos inútiles o redundantes.
- Utilizar el espacio con eficiencia.
- Eliminar los cuellos de botella.
- Reducir las distancias del manejo de materia prima durante el proceso de fabricación.

### **5.1.3. Tipos de distribución**

Cualquier fábrica, industria o taller busca obtener todas las características antes mencionadas de manera que se desarrolle la mejor distribución, pero no todas las fábricas obtienen el mejor desempeño con una misma distribución, esta distribución depende de los procesos llevados a cabo de los cuales se dará un detalle más profundo a continuación:

#### **5.1.3.1. Distribución por producto**

Esta distribución se caracteriza en las grandes industrias por ordenar y agrupar los elementos de acuerdo a la progresión de las operaciones que hay que realizar para la elaboración del producto como tal; algunos ejemplos

comunes de este tipo de distribución es el montaje de automóviles, el enlatado de conservas, embotelladoras de licores o gaseosas, entre otros.

Las características de la distribución por producto es que toda la maquinaria y el equipo utilizado para la fabricación de un determinado producto se agrupan en una misma zona y estas a su vez se ordenan de acuerdo al proceso, además este tipo de distribución es más común en industrias donde la demanda es elevada y existen además varios tipos productos.

Algunas de las ventajas de esta distribución es que el producto sigue rutas mecanizadas directas, lo que ayuda casi eliminar los retrasos o cruces innecesarios al momento de fabricación, además existe una estrecha coordinación de la fabricación debido al orden estricto de las operaciones entre máquina – hombre y máquina – máquina.

Otro factor muy importante es que el tiempo de la producción disminuye ayudando a que la demanda pueda ser cubierta y de esa manera provocar que las demandas sean altas, el proceso de fabricación no necesita un alto control de inspección, ya que las máquinas realizan el trabajo pesado, utilizando la observación del producto solamente antes de que entre el producto en la línea o salga de ella y muy poca inspección en entre estos puntos, razón por la cual el control de las líneas de producción es muy simplificado ya que la inspección en las líneas de producción reemplaza gran parte del papeleo.

#### **5.1.3.2. Distribución por proceso**

La distribución por procesos también es conocida como distribución funcional, es un sistema que se encarga de optimizar la colocación de la maquinaria agrupándola según las funciones y similitudes, una vez la secuencia

de las operaciones es establecida el producto cuando se está fabricando pasa de un área a otra en donde se encuentran las máquinas apropiadas para realizar acción.

El enfoque principal de este sistema es desarrollar una distribución de tal forma que cada departamento sea acondicionado con procesos semejantes de manera que la colocación de la maquinaria sea óptima, quiere decir que en su mayor parte puedan minimizarse los cruces o demoras en el proceso de fabricación.

Generalmente este sistema es utilizado en fábricas con una amplia gama de productos en donde se utiliza la misma maquinaria y los volúmenes del producto básicamente son pequeños, los ejemplos más claros para este tipo de distribución son las fábricas de tejidos, confección de ropa, talleres de mantenimiento, entre otros, además busca satisfacer a una amplia gama de clientes muy diferentes entre sí.

Como anteriormente se mencionó cada orden de trabajo es pequeña y las operaciones para que el producto sea fabricado varía entre uno y otro, el equipo y las máquinas son de uso general, razón por la que la inversión en maquinaria es menor, y si la demanda aumenta por lo general se resuelve con horas extras.

Una de las grandes ventajas de esta clase de distribución es que si una máquina se desajusta, se descompone u otra situación que implique que se detenga, no influye en el seguimiento de la operación, ya que esta máquina puede ser reemplazada y ser trasladado el producto a otra máquina si ésta, está disponible, de lo contrario la producción es alterada pero es ligera.

### **5.1.3.3. Distribución punto fijo**

Los objetivos del análisis de una distribución en planta es la integración de todos los factores como movimientos, circulación, utilización entre otros, este caso en particular es típico de los proyectos en los que la fabricación del producto frágil, muy pesado para estar en movimiento o su volumen es grande, por lo que no existe ninguno de los factores antes mencionados lo que conlleva a que las estaciones sean de posición fija.

En la distribución por punto fijo o posición fija el producto, como su nombre lo indica, esta estático durante el proceso, los trabajadores, maquinas, equipo u otro recurso son llevados al lugar de producción.

Un detalle interesante de esta distribución es que es muy utilizado el sistema de leasing, que es un arrendamiento mediante, el cual el arrendador tiene la opción de comprar el bien arrendado, esto es porque solo se utilizan por un tiempo determinado, además los sueldos de los trabajadores son elevados porque están capacitados para realizar las tareas con la maquinaria especial para la realización del producto.

## **5.2. Diagramas de distribución de planta para Samy Deportes**

- Diagrama de acuerdo al proceso

La forma que opera la fábrica, es justamente por procesos, razón por la que necesita que el diseño de la distribución de su maquinaria, personal herramientas de trabajo, entre otros, todo se acomode con un diagrama de acuerdo al proceso.

Como se ha mencionado este diagrama se realiza a base del proceso que el producto tiene, ya que este es muy similar al fabricarse pero la mayoría de veces nunca son iguales 2 productos. La flexibilidad de cambios en este tipo de procesos es grande, razón por la que las inversiones que se realicen en la maquinaria o equipo es a largo plazo, ya que una avería de una máquina no provoca que demoras en otra y además la utilización de esta es intensivo debido a la gran variedad de productos que se fabrican simultáneamente.

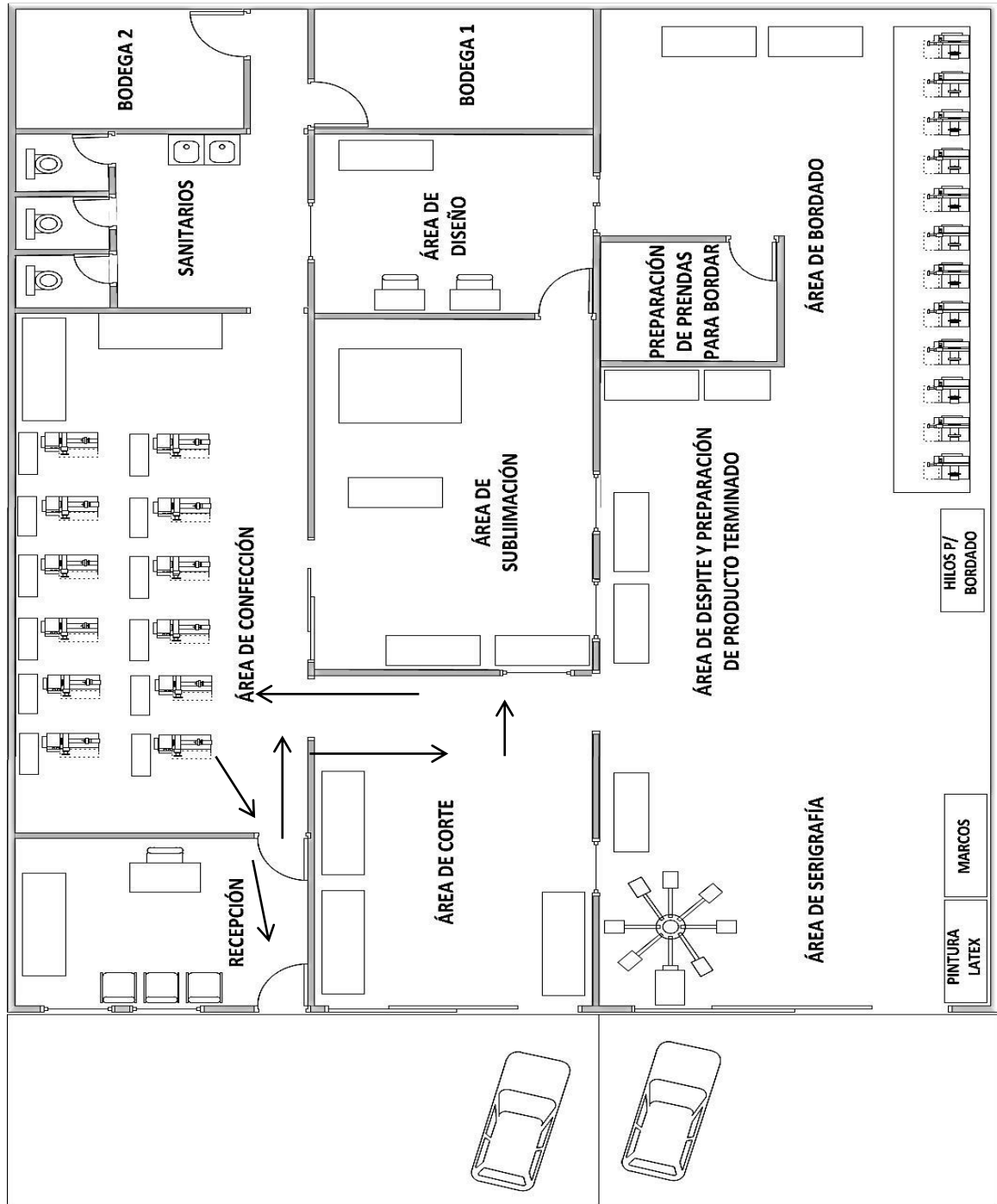
Las desventajas de este tipo de distribución es que existe mayor manipulación y transporte de la materia prima lo que conlleva a que la velocidad de producción es un tanto baja, la planificación de producción se torna difícil por la demanda intermitente que tienen este tipo de fábricas.

A continuación se presenta un diagrama de los posibles procesos en donde se presenta un mejor acomodamiento de maquinaria y equipo con la nueva planta para Samy Deportes.

- Diagrama de recorrido

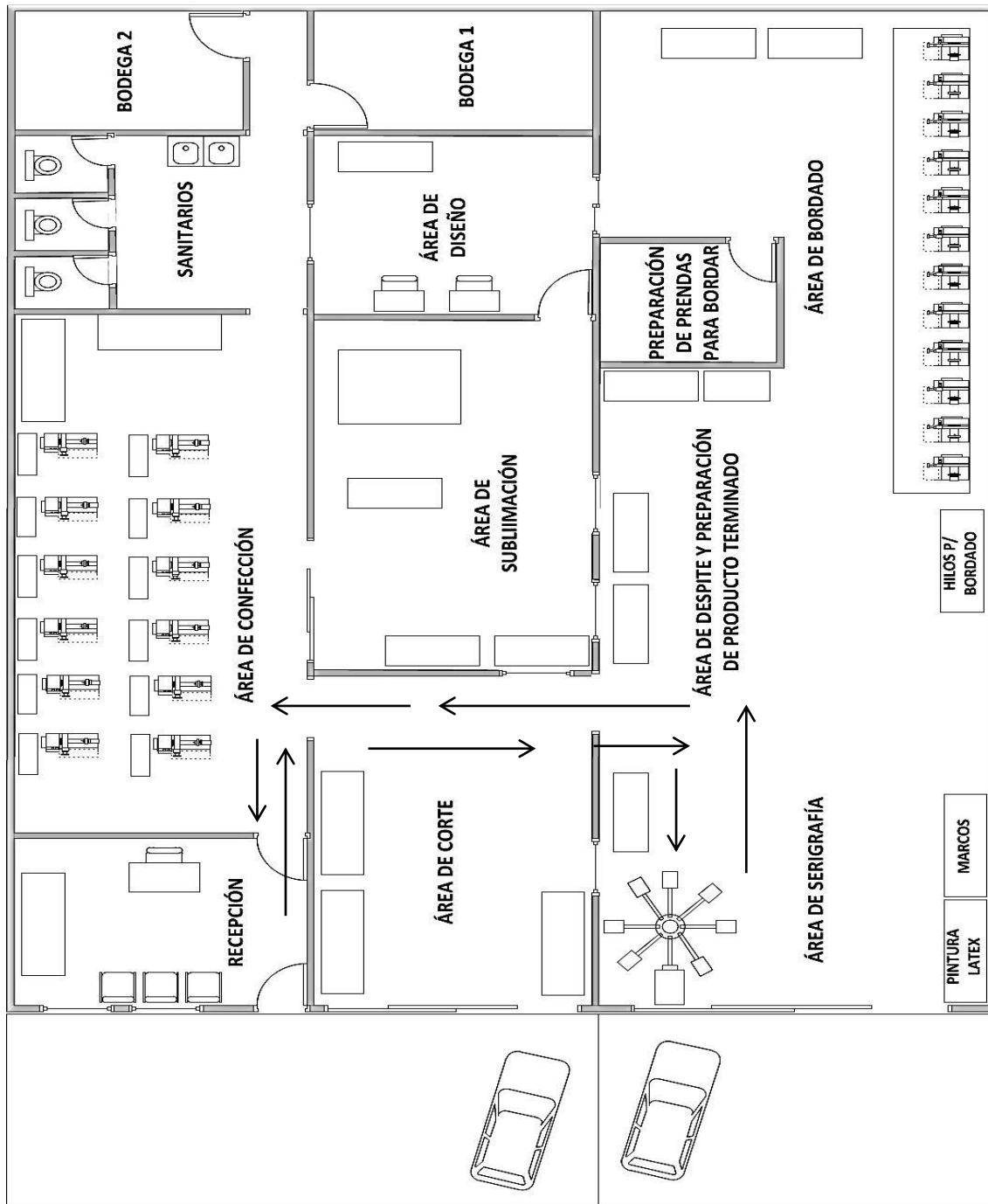
En el diagrama de la figura 25 es el que usualmente se ve y se trabaja en planta, ya que la mayoría de clientes requieren de todos los servicios que la fábrica ofrece, razón por la cual el diagrama representa lo que en la fábrica de ropa deportiva es en su 90 % la forma de trabajo.

Figura 25. Diagrama de acuerdo al proceso opción 1



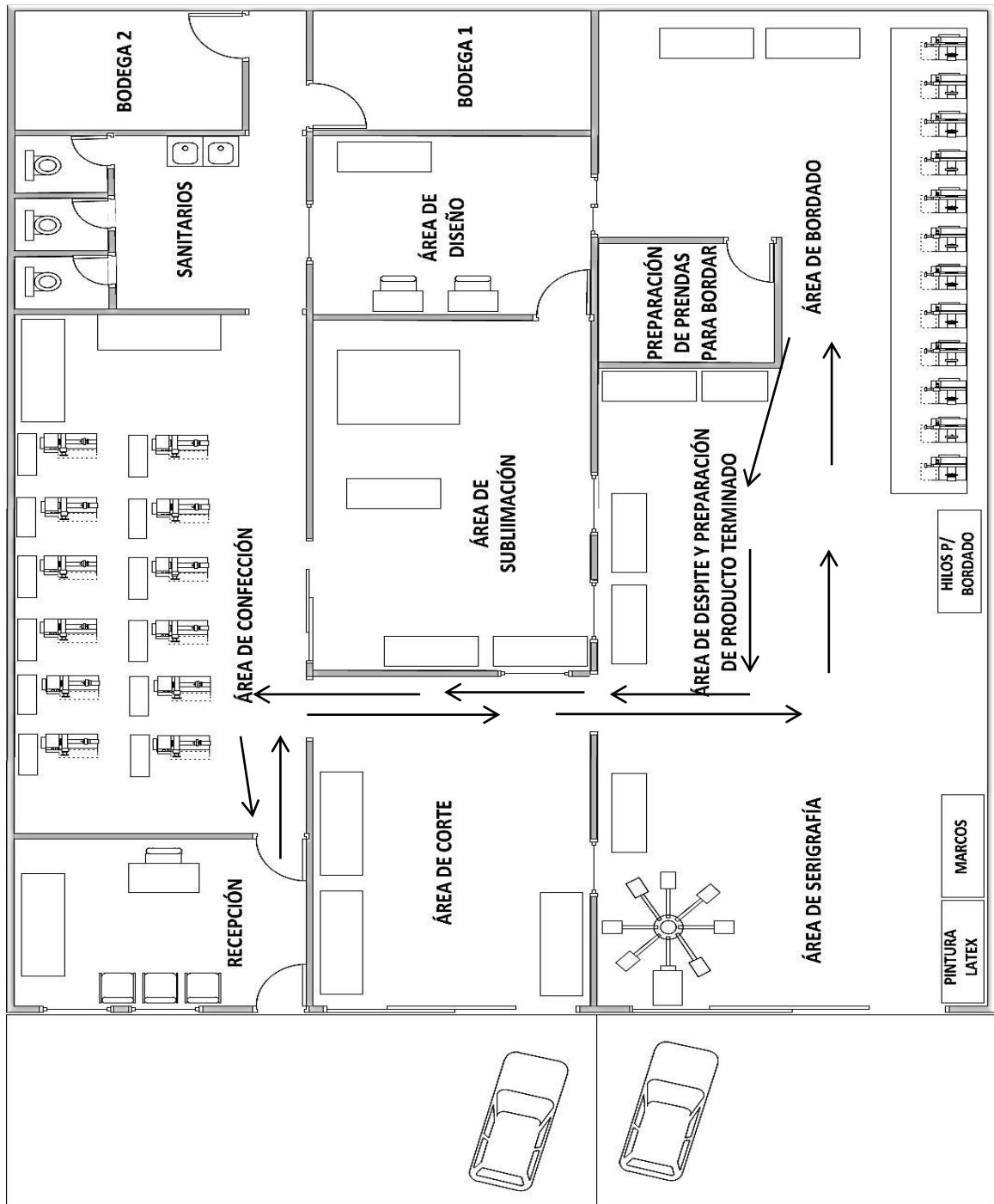
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft AutoCAD.

Figura 26. Diagrama de acuerdo al proceso opción 2



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft AutoCAD.

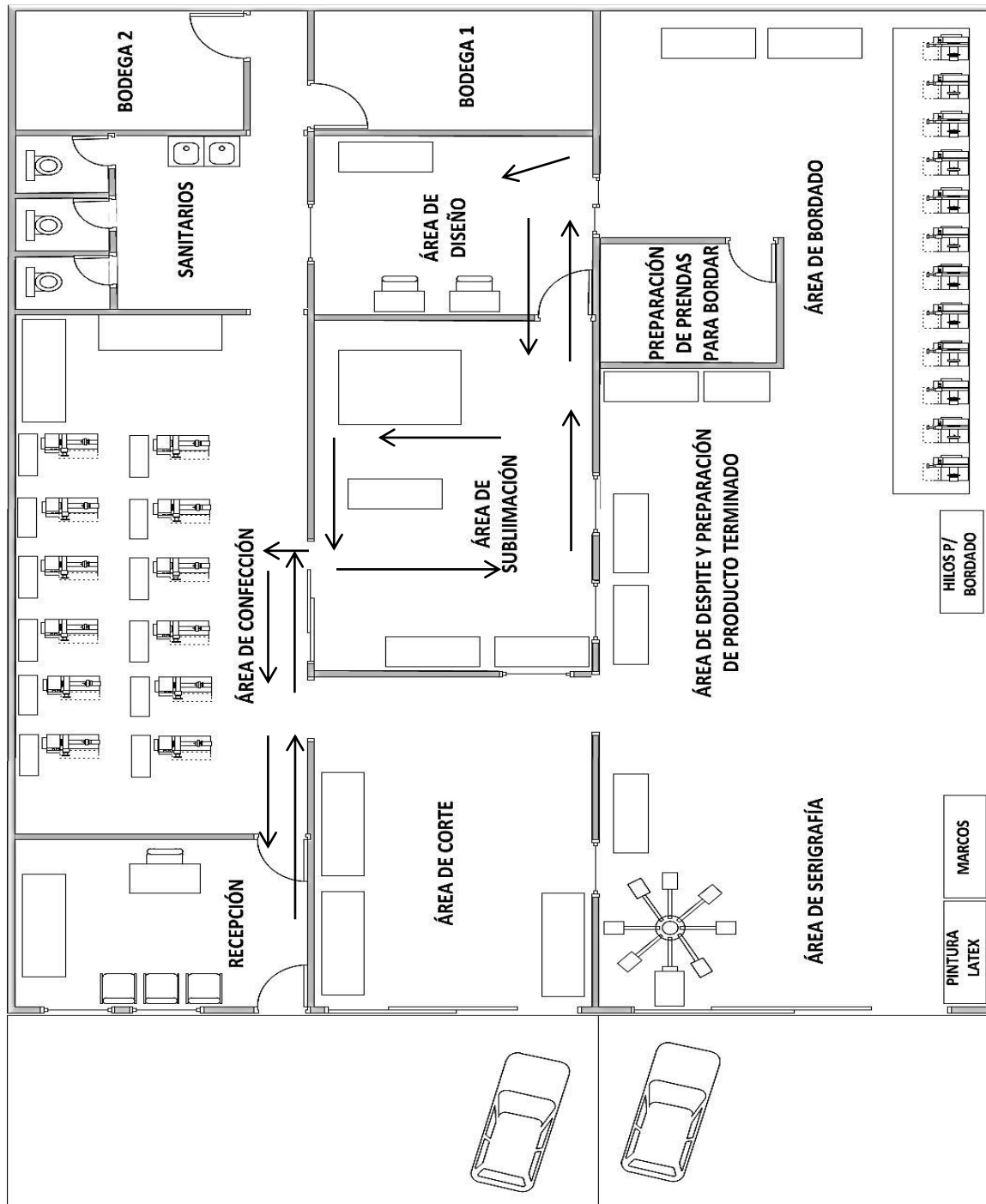
Figura 27. Diagrama de acuerdo al proceso opción 3



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft AutoCAD.

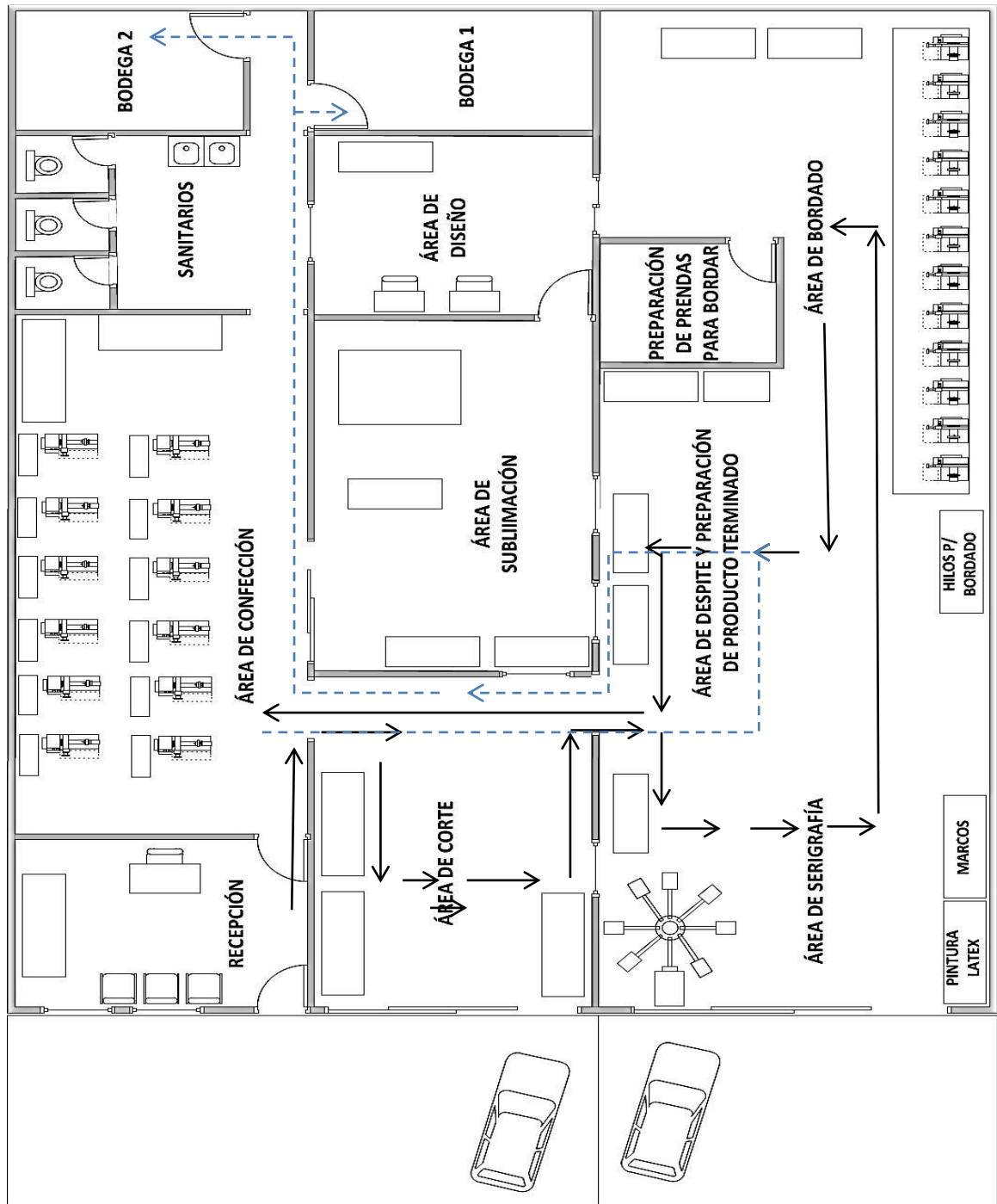


Figura 28. Diagrama de acuerdo al proceso opción 4



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft AutoCAD.

Figura 29. Diagrama de acuerdo al proceso opción 5

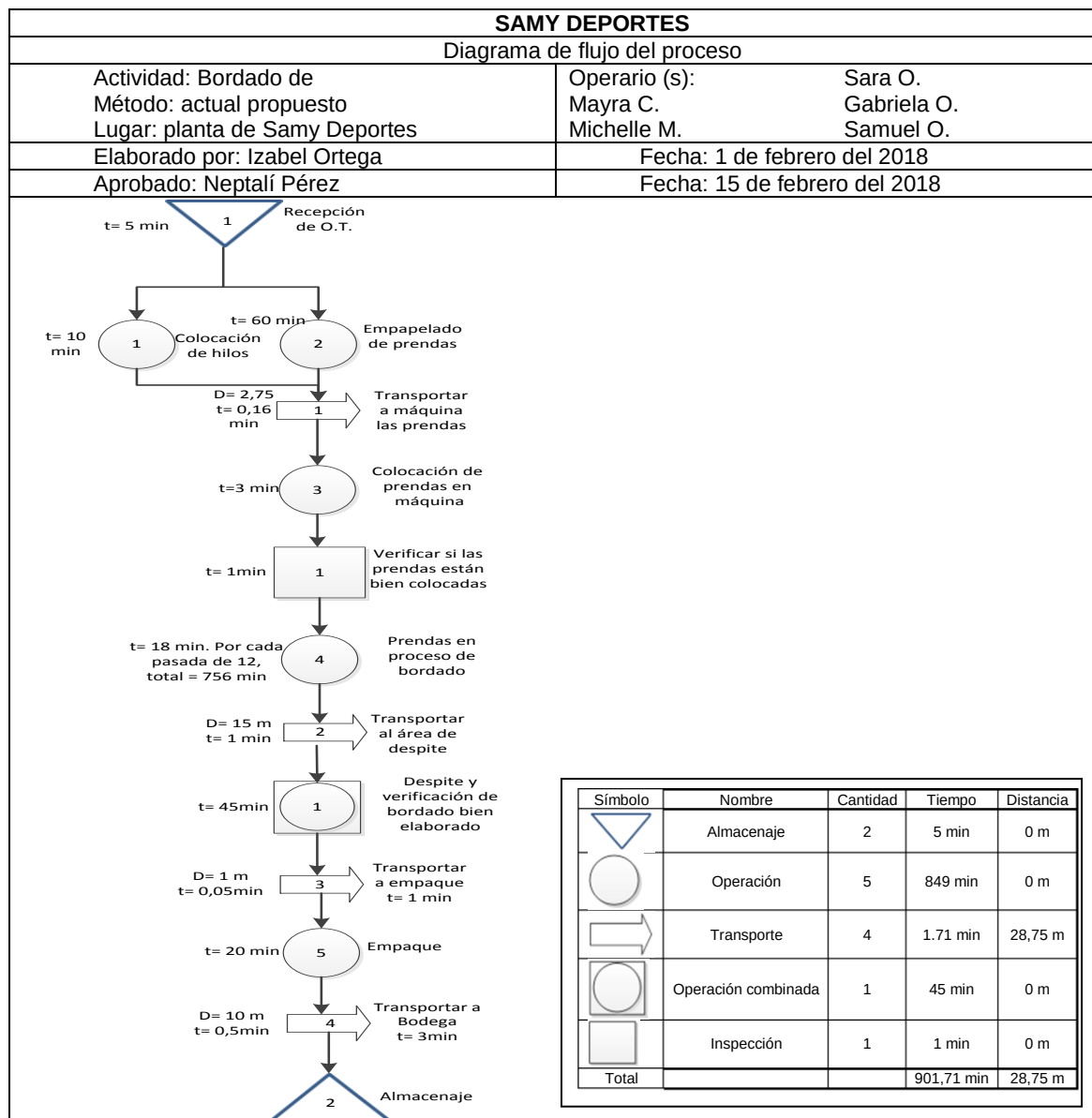


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft AutoCAD.

### 5.2.1. Diagrama de flujo

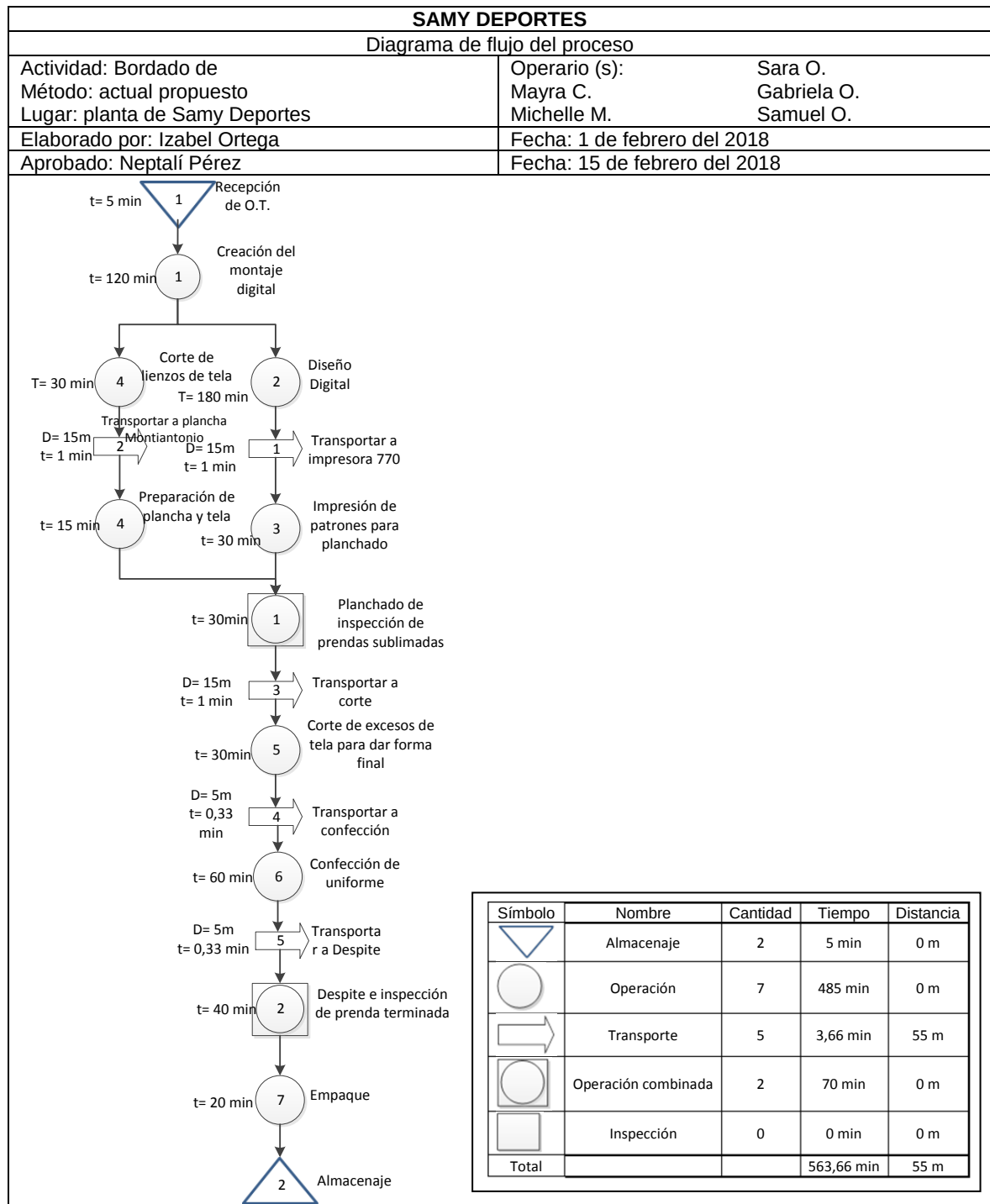
En la figura 30 se muestra el diagrama de flujo de proceso para bordado.

Figura 30. Diagrama de flujo de proceso para bordado



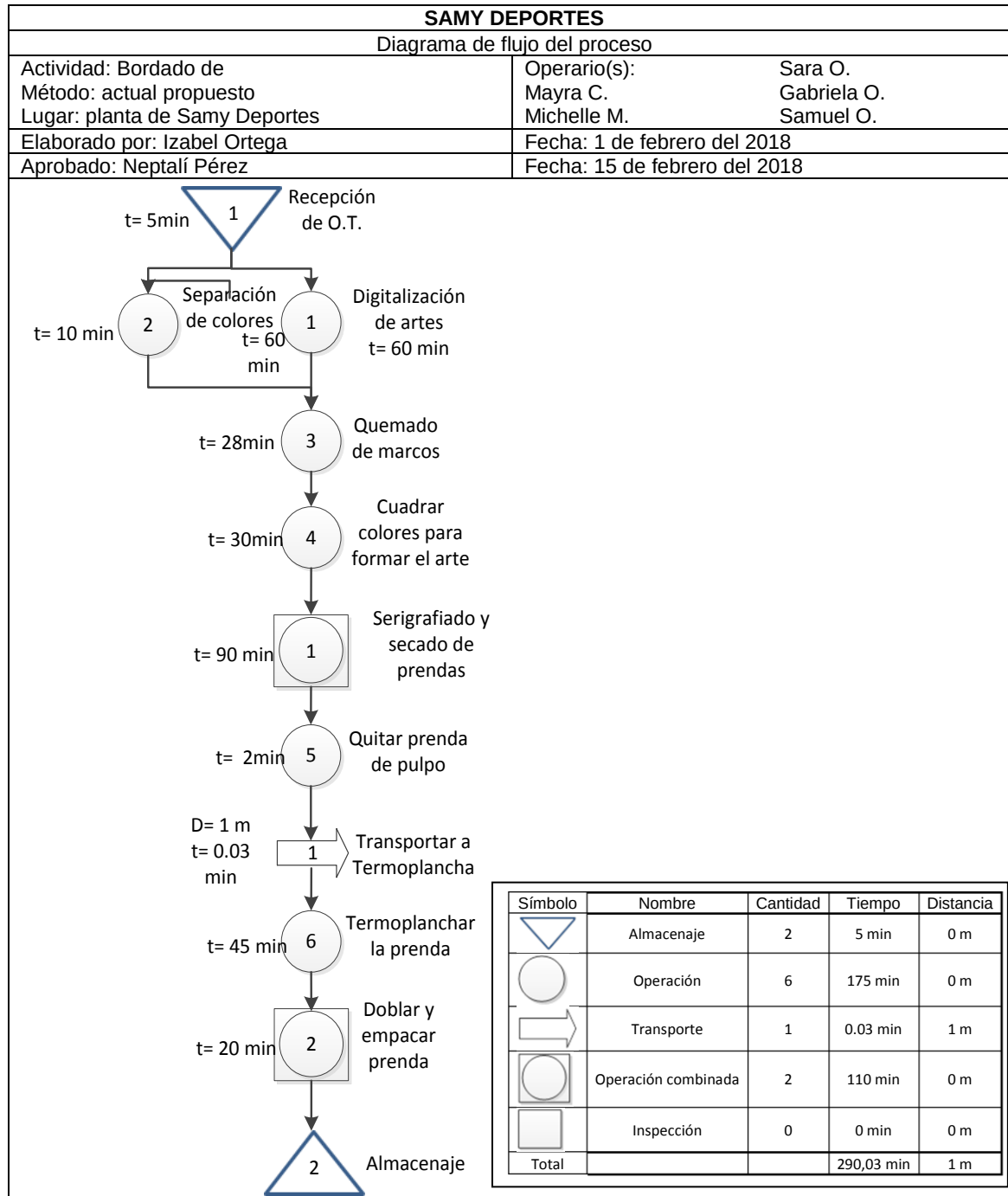
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft AutoCAD.

Figura 31. Diagrama de flujo de proceso para costura y sublimación



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft AutoCAD.

Figura 32. Diagrama de flujo de proceso para serigrafía



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft AutoCAD.

## CONCLUSIONES

1. Para determinar la demanda de los productos en la fábrica se utilizaron metodologías y modelos matemáticos de pronósticos esto a través de un análisis cuantitativo que con ayuda de datos de ventas que proporcionó la empresa se obtuvo un valor promedio de ventas para el 2013 de Q 24 925,00 mensuales; para el 2014 de Q 26 016,667 mensuales y para el 2015 de Q 26 635,83, con estos valores se realizó un análisis primario realizando un gráfico de ventas para observar el comportamiento de la demanda durante el año, concluyendo que presenta un comportamiento cíclico ya que en las gráficas existen picos y valles manteniendo un comportamiento similar durante los años que se estudió. Por el comportamiento de la demanda se opta por calcular el promedio de ventas horizontal que es igual a Q 35 466,67 y un promedio de ventas vertical igual a Q 25 859,17 con estos datos y el índice estacional por mes se realiza el pronóstico de riesgo para el 2016, dando como resultado un promedio de ventas mensual de Q 28 318,79; con lo que se comprueba que la demanda para Samy Deportes va en aumento cada año razón por la que el diseño debe de ser adaptable sin que se requieran inversiones de gran magnitud.
2. La empresa Samy Deportes cuenta con una infraestructura empírica, porque a base de las necesidades que han surgido a través del tiempo se ha acomodado la maquinaria y el equipo adquirido para satisfacer la demanda del mercado. El ordenamiento del área de producción propuesto se realizó con varias opciones de flujos de proceso que define

cada producto de acorde a las necesidades de los colaboradores de tal manera que no se tengan tiempos de ocio o muertos.

3. El diseño de ventilación en la fábrica dio como resultado  $896\text{m}^3$  de aire a renovar por el tipo de taller , taller de costura, y los 16 colaboradores que existen en ella, se requiere de 5 renovaciones/hora, la ventanas tendrán que ser diseñadas con un mínimo de  $8,96\text{m}^2$  cada ventana. La iluminación se diseñó con el método de cavidad zonal, los datos de alturas de piso, techo y área útil,  $H_{cc}=0,70$ ,  $H_{cp}=0,95$ ,  $H_{ca}=2,25$ , ayudan a encontrar las reflectancias y el flujo lumínico que da como resultado 199 000 lux, las potencias de las lámparas se proponen que sean de 40W, el área total a cubrir es de  $8\,636,6\text{m}^2$ , área que logra cubrirse con 30 lámparas. Por último el ruido es medido con un sonómetro digital con intervalos entre 20 y 40 minutos, de los cuales se mide que los decibeles a los que está expuesto el bordador y estos tienen un promedio de 84,8 dB y se determinó que está por debajo del máximo tiempo de exposición al ruido.
4. Los factores que integran la distribución de maquinaria y recurso humano se analizó por medio de diagrama de flujo por procesos, la propuesta para la infraestructura de la planta industrial es, como ya se cuenta con el 50 % de techo de primer categoría , ampliar con el mismo tipo de techo para que la planta cuente, más adelante, con un segundo nivel; y acomodarse fácilmente al crecimiento de la demanda del mercado además por la seguridad de los trabajadores la planta contará con áreas específicas para herramientas y equipo, ventilación e iluminación adecuada, con las renovaciones necesarias y las luminarias adecuadas; además el gerente general hace algunas observaciones con respecto al

cuidado de la maquinaria, la cual requiere cuidados especiales y áreas especiales.





## RECOMENDACIONES

1. Considerar la implementación del equipo de seguridad para los colaboradores, ya que durante el estudio del diseño se observaron algunos incidentes pequeños ocasionados por no tener equipo de protección personal adecuado.
2. Planificar capacitaciones para los operarios para las nuevas adquisiciones de maquinaria y equipo, de manera que se evite el mal uso de los mismos y obtener el mejor provecho de la inversión realizada.
3. Realizar al menos 3 cotizaciones de diferentes proveedores cuando se pretenda una mejora de infraestructura o ampliación de la misma, para un análisis de la mejor calidad al menor costo.
4. Ampliar las instalaciones de manera que se obtenga la optimización del espacio disponible, y así conseguir no solo la satisfacción del colaborador si no la reducción de material en proceso y la pérdida de tiempo porque no existen áreas específicas y un orden para el producto en proceso, ni herramientas ni equipo.



## BIBLIOGRAFÍA

1. BRUSIL TOCTO, Diana Germania. *Análisis y Rediseño de la distribución física de una fábrica panificadora*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador. 2009. 25 p.
2. CAMPOSECO ESPINA, Lesbia Ivonne. *Medición, evaluación y control del ruido en una industria de maquilado de tubería de acero*. Escuela de Mecánica Industrial. Guatemala. 2003. 58 p.
3. CASTRO GUTIERREZ, Sergio Ernesto. *Sistemas modulares de producción aplicados a la industria de confección en Guatemala*. Escuela de Mecánica Industrial. Guatemala. 1999. 102 p.
4. Diseño y distribución de planta (s/f.). En *ingenieríaindustrialonline.com*. [En línea] <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/>. Consulta: 12 de marzo de 2016.
5. MONDELO, Pedro, TORADA Enrique Gregori, et. al. 2da. Edición. Barcelona España. Editorial Edicions UPC, S.L. 269 p.
6. Renovación de aire. En *InnoCons*. [En línea] [http://www.construmatica.com/construpedia/Renovaci%C3%B3n\\_de\\_Aire\\_seg%C3%BA\\_n\\_el\\_CTE\\_y\\_Otros\\_Sistemas#Relaci.C3.B3n\\_entre\\_Contaminaci.C3.B3n\\_y\\_Renovaci.C3.B3n\\_del\\_Aire](http://www.construmatica.com/construpedia/Renovaci%C3%B3n_de_Aire_seg%C3%BA_n_el_CTE_y_Otros_Sistemas#Relaci.C3.B3n_entre_Contaminaci.C3.B3n_y_Renovaci.C3.B3n_del_Aire). Consulta: 13 de marzo de 2016.

7. TORRES Sergio. *Ingeniería de Plantas*. Edición 2014. Guatemala 2013. Editorial c.c dapal. 296 p.
8. URIARTE, Pedro. *Condiciones del trabajo y desarrollo humano*. Madrid. Editorial Iberico Europea de Ediciones, S. A. 616 p.
9. VERA MARTINEZ, Yamil Javier. *Análisis de la distribución de las plantas de una empresa dedicada a la elaboración de chocolates y galletas*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador. 2006. 65 p.