

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

"Diseño de una Planta recicladora de desechos plásticos para la
producción de recipientes para el manejo de residuos peligrosos en
Hospitales y clínicas".

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:

Carlos Antonio Asencio Madesco

Hilda María León Kuontay

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme salud y sabiduría para lograr esta meta, así como mantener a mi lado a mi abuelita Fátima Posada.

Agradezco a mi familia por apoyarme en cada decisión que tomo en mi vida, en especial a mis padres Carlos Asencio y Verónica Madesco por guiarme, formarme y enseñarme desde niño que con trabajo duro puedo lograr todo lo que me proponga. A los profesores Ing. Marcos Tapia, al Ing. Andrés Rigail y al Ing. Víctor Guadalupe por su ayuda en desarrollo de este proyecto.

Carlos Antonio Asencio Madesco.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por bendecirme siempre y permitirme estar donde estoy, por darme cada uno de los dones que me ayudaron a salir adelante en esta etapa y por darme lo más especial en mi vida que es mi familia.

Agradezco a mi familia en especial a mis padres Miguel (+) y Patricia por formarme en la persona que soy, por inculcarme valores y principios, por ser mi apoyo incondicional y sobre todo a mi papa por ser mi ángel guardián que cuida cada uno de mis pasos. A mis hermanos Miguel y Ximena por su ayuda indispensable y sabias palabras, de igual manera a mi sobrina Myrka, por impulsarme a ser cada día una mejor persona.

A mis amigos por sus consejos en los momentos indicados.

A mis profesores por sus enseñanzas que contribuyeron en mi formación profesional, en especial al Ing. Marcos Tapia, al Ing. Andrés Rigail y al Ing. Víctor Guadalupe por el apoyo brindado en el desarrollo de este proyecto.

Hilda María León Kuontay.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la Materia Integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Autor 1: Carlos Antonio Asencio Madesco.

Autor 2: Hilda María León Kuontay.

Tutor de Materia Integradora: MSc. Marcos Tapia Quincha.

y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



Carlos Antonio Asencio
Madesco
Autor 1



Hilda María León
Kuontay
Autor 2



MSc. Marcos Tapia Quincha
Tutor de Materia Integradora

RESUMEN

El presente trabajo se refiere al Diseño de una planta recicladora de desechos plásticos y productora de recipientes de residuos peligrosos cortopunzantes que ayuda a conservar el medio ambiente, además de que sea sostenible en un determinado período de análisis. Este proyecto nace de la decisión de la institución de potenciar su certificación ambiental, cumpliendo todo el ciclo de reciclar el desecho plástico generado por ellos y convertirlo en productos de uso propio. En este caso los también denominados “*tachos guardianes*”.

Se estableció que la demanda requerida es de 600 tachos guardianes por mes, basado en la cantidad de desechos peligrosos cortopunzantes y que se necesita 100 kg por mes de plástico para producir dicha demanda, de los cuales el Hospital solo genera el 40%. Con lo que respecta a localización de la planta se aplicó la metodología Brown & Gibson que la cual se evaluó factores objetivos y subjetivos de las 2 posibles localizaciones que indica la organización. Luego de obtener la información necesaria se logró obtener una distribución de la planta eficiente de acuerdo con la aplicación de la metodología SLP, relacionando aspectos ambientales y organizacionales, teniendo como restricción el espacio físico disponible para la distribución. La mejor alternativa de distribución de planta se presenta en 2D y 3D.

Se estableció el balanceo de la línea gracias a la distribución del proceso productivo, el cual corresponde a una célula de manufactura manejada por 2 operarios. También se estableció el sistema de control de producción tipo CONWIP, el que consistió en mantener controlado el nivel de inventario en proceso (WIP), además se comprobó los datos teóricos del sistema de control producción con un modelo de simulación.

Se comprueba que el proyecto es rentable y sostenible; por medio del análisis de los indicadores financieros tales como el Valor Neto Actual y la Tasa Interna de Retorno con valores igual a \$3.873,32 y 34% respectivamente, además el tiempo de recuperación de la inversión es de 3 años 5 meses.

Palabras Claves: tachos guardianes, simulación, SLP, viabilidad.

ABSTRACT

The present work refers to the Design of a recycling plant of plastic wastes and producer of containers of dangerous waste that helps to conserve the environment, besides being sustainable in a determined period of analysis. This project was born from the institution's decision to strengthen its environmental certification, fulfilling the entire cycle of recycling the plastic waste generated by them and turning it into products for their own use. In this case the so-called sharps containers.

It was established that the required demand is 600 guard pans per month, based on the amount of dangerous sharps waste and that it takes 100 kg per month of plastic to produce such demand, of which the Hospital only generates 40%. About plant location, the Brown & Gibson methodology was applied, which evaluated objective and subjective factors of the 2 possible locations indicated by the organization. After obtaining the necessary information, it was possible to obtain an efficient distribution of the plant according to the application of the SLP methodology, relating environmental and organizational aspects, having as a restriction the physical space available for distribution. The best alternative of plant distribution is presented in 2D and 3D.

The rolling of the line was established thanks to the distribution of the production process, which corresponds to a manufacturing cell managed by 2 operators. The production control system was also established, which consisted in keeping the level of inventory in process (WIP) controlled, in addition, the theoretical data of the production control system was verified with a simulation model.

It proves that the project is profitable and sustainable; by means of the analysis of the financial indicators such as the Net Present Value and the Internal Rate of Return with values equal to \$ 3,873.32 and 34% respectively, plus the recovery time of the investment is 3 years 5 months.

Key Words: sharps containers, simulation, SLP, viability.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
CAPÍTULO 1.....	1
1 Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema.....	2
1.1.1 Definición del problema.....	3
1.1.2 Restricción.....	3
1.1.3 Alcance.....	3
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
1.3 Marco teórico.....	4
1.3.1 Facility layout.....	4
1.3.2 Diagrama de proceso.....	5
1.3.3 Plan maestro de producción.....	5
1.3.4 Balanceo de línea.....	5
1.3.5 Sistema de Producción.....	5
1.3.6 Sistema de Producción Push.....	5
1.3.7 Sistema de Producción Pull.....	5

1.3.8	Trabajo en proceso (WIP)	5
1.3.9	Simulación.....	5
1.3.10	Desechos infecciosos.....	6
1.3.11	Desechos infecciosos cortopunzantes	6
CAPÍTULO 2.....		7
2	Metodología	7
2.1	Entradas del método.....	8
2.1.1	Análisis de la Demanda.....	8
2.1.2	Demanda del Hospital en estudio	8
2.1.3	Pronóstico de la demanda del Hospital.....	9
2.1.4	Demanda de Hospitales de Guayaquil.	12
2.1.5	Análisis de la Materia Prima.....	14
2.1.6	Diseño detallado del Producto.	15
2.1.7	Localización	16
2.2	Fases de la Metodología SLP.....	20
2.2.1	Análisis de Producto – Cantidad	20
2.2.2	Análisis del recorrido del producto	21
2.2.3	Análisis de las relaciones entre actividades	25
2.2.4	Diagrama relacional de actividades.....	28
2.2.5	Análisis de necesidades y disponibilidad de espacio	29
2.2.6	Generación de alternativas de distribución de planta.....	30
2.2.7	Evaluación de las alternativas de distribución de planta	31
CAPÍTULO 3.....		33
3	Resultados	33
3.1	Sistema de Producción.....	33
3.1.1	Planificación de producción.....	33

3.1.2	Tiempos de producción	33
3.1.3	Balanceo de Línea de producción	33
3.1.4	Sistema de control de producción	34
3.1.5	Simulación del sistema de control de producción.	35
3.1.6	Análisis Financiero	40
CAPÍTULO 4		42
4	Discusiones y conclusiones	42
4.1	Conclusiones	42
4.2	Recomendaciones	43
BIBLIOGRAFÍA		44
APÉNDICE A		45
APÉNDICE C		46
APÉNDICE D		47
APÉNDICE E		49
APÉNDICE F		52

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
VOC	Voice of Customer (Voz del Cliente)
SLP	Systematic Layout Planning
D.E	Decreto Ejecutivo 2393
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
WIP	Work In Process (Trabajo en Proceso)
CONWP	Constant Work In Process (Trabajo en Proceso Constante)
VAN	Valor Neto Actual
TIR	Tasa Interna de Retorno
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
OMS	Organización Mundial de la Salud
MAD	Mean Absolute Deviation (Desviación Absoluta Media)
PET	Polietileno Tereftalato

SIMBOLOGÍA

gr	Gramos
Kg	Kilogramos
m	Metro
mm	Milímetro
h	Horas

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Herramienta 5W's	3
Figura 2.1. Esquema del Systematic Layout Planning.....	7
Figura 2.2 Demanda de recipientes de desechos peligrosos cortopunzantes	9
Figura 2.3 Pronóstico para el año 2017 con varios métodos	9
Figura 2.4 Selección del mejor pronóstico, utilizando el MAD	10
Figura 2.5 Pronóstico mensual de recipientes de desechos cortopunzantes del 2017	10
Figura 2.6 Pronóstico mensual de recipientes de desechos cortopunzantes del 2017	11
Figura 2.7 Relación de pacientes Hospitalizados y recipientes cortopunzantes. Año 2016.....	11
Figura 2.8. Participación de Instituciones Hospitalarias en desechos corto-punzantes por provincias del Ecuador.	12
Figura 2.9. Participación de Instituciones Hospitalarias en desechos corto-punzantes en el Guayas.....	13
Figura 2.10. Participación de Instituciones Hospitalarias que demandan recipientes de desechos corto-punzantes en el Guayaquil.	13
Figura 2.11. Plan de recolección de desechos plásticos.	14
Figura 2.12. Tacho Guardián	16
Figura 2.13. Matriz de procesos y productos	21
Figura 2.14. Diagrama OTIDA de la producción de tachos guardianes	21
Figura 2.15. Diagrama relacional de las macro áreas.....	28
Figura 2.16. Representación gráfica de las relaciones de macro áreas	29
Figura 2.17. Alternativa 1 de distribución de la planta.	30
Figura 2.18. Alternativa 2 de distribución de planta	31

Figura 2.19. Evaluación por contigüidad de la alternativa 1	31
Figura 2.20. Evaluación por contigüidad de la alternativa 2.....	32
Figura 3.1. Diagrama de precedencia de célula de manufactura con 2 operarios	34
Figura 3.2. Sistema de producción CONWIP en el software con 2 operarios	36
Figura 3.3. Locaciones con respectivas capacidades programadas en el software...	37
Figura 3.4. Identificación de distribución de tiempo entre arribo de órdenes.	38
Figura 3.5. Tiempo de estabilización de las variables del modelo de simulación	38
Figura 3.6. Test de diferencia de medias entre órdenes y guardianes producidos	39
Figura 3.7. WIP y guardianes producidos según modelo de simulación	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Artículos asociados a las características Técnicas del Tacho Guardián...	15
Tabla 2.2. Características Técnicas del Tacho Guardián	16
Tabla 2.3. Cálculo de factor objetivo.....	17
Tabla 2.4. Comparación pareada de los factores	17
Tabla 2.5. Comparación con el 1° factor subjetivo.....	18
Tabla 2.6. Comparación con el 2° factor subjetivo.....	18
Tabla 2.7. Comparación con el 3° factor subjetivo.....	18
Tabla 2.8. Comparación con el 4° factor subjetivo.....	18
Tabla 2.9. Cálculo del valor subjetivo	19
Tabla 2.10. Cálculo del MPL.....	19
Tabla 2.11. Especificaciones de maquinas.....	24
Tabla 2.12. Especificaciones de equipos.....	25
Tabla 2.13. Macro Áreas.....	27
Tabla 2.14. Tabla de proximidades.....	27
Tabla 2.15. Razones de proximidades.....	28
Tabla 2.16. Requerimiento de espacio para cada área.	29
Tabla 3.1. Tiempos de Producción.	33
Tabla 3.2. Tiempo de ciclo por operario y maquinas	34
Tabla 3.3. Resultados de cálculos del Sistema CONWIP.....	35
Tabla 3.4. Resultados de cálculos de la evaluación del Sistema CONWIP	35
Tabla 3.5. Parámetros de forma y escala de la distribución Gamma.....	37
Tabla 3.6. Calculo de TH a partir del modelo de simulación.....	40
Tabla 3.7. Forma de financiamiento.....	41
Tabla 3.8. Valores de Financiamiento.....	41
Tabla 3.9. Resumen de indicadores de rentabilidad	41

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad la generación de residuos produce un impacto ambiental negativo que deteriora cada vez más a nuestro ecosistema. Por lo tanto, se debe contar con una adecuada gestión de los residuos para tratar de disminuir o por lo menos controlar el impacto que estos generan al planeta. La gestión de los residuos va más allá de su disposición final; por lo tanto, es necesario analizar las diferentes variables de manera que se pueda comprender la complejidad que implican los nuevos retos ambientales.

Debido al aumento de las concentraciones humanas, se generan grandes volúmenes, de residuos tanto orgánicos, como inorgánicos, cuya difícil descomposición ocasiona una fuerte incidencia en la estabilidad de los ecosistemas. Los residuos son clasificados en diferentes grupos: los residuos ordinarios orgánicos e inorgánicos (plástico, vidrio, metal, entre otros), Hospitalarios, peligrosos, de aparatos electrónicos y eléctricos. Pese a que los residuos plásticos no son considerados como residuos peligrosos, tienen implicaciones ambientales significativas que pasan por lo general desapercibidas, y hacen parte de una problemática de gran impacto y escala al ecosistema. El plástico es un material de gran utilidad presente en infinidad de productos de uso cotidiano, pero sumado al consumismo y la cultura del uso y desecho, hacen que la generación de residuos ocurra de manera masiva y continua. Existen cadenas del reciclaje, las cuales permiten mitigar el problema de los residuos. Sin embargo, estas a su vez se enfrentan a diferentes variables culturales, sociales y económicas como: la cultura de la separación de las personas, la posibilidad de recolección, acumulación y transporte, el mercado de reciclaje; los cuales influyen en el adecuado aprovechamiento de los residuos o en su potencial arribo al relleno de la ciudad.

Ecuador cuenta con el Plan Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos. Desde 2010, cuando se creó el programa, se han emitido dos Acuerdos Ministeriales (031 y 052) destinados a fomentar iniciativas como la recolección de

botellas plásticas -que se realiza desde 2012- en un país como Ecuador, que tiene un índice per cápita de 0,73 kilogramos de desechos diarios por habitante, lo que representa aproximadamente 4'000.000 de toneladas anuales, de las cuales más del 60 % son productos orgánicos. Le siguen el plástico (11 %), cartón (9 %), entre otros componentes. Según datos del Ministerio, Ecuador es un país que tiene unos 20.000 recicladores, pero muy pocos técnicos en residuos sólidos y por lo cual es importante "educar a la ciudadanía" para que aprenda a clasificar la basura; el proceso de reciclaje no finaliza cuando se colocan tachos destinados para aquello, en realidad ahí comienza este proceso.

El proceso de reciclaje debe ser aplicado en las diferentes instituciones tanto públicas como privadas del país; es decir cada una de ellas debe contar con procedimiento de Gestión de Residuos.

El desarrollo de este proyecto contempla los estudios de tal manera que demuestren que es sustentable para realizar su implementación. Hasta la presente fecha se ha realizado el análisis respectivo para determinar la cantidad de desecho plástico que genera el Hospital y por ende la demanda a cubrir de los tachos guardianes; además de las condicionantes para el diseño de una planta tales como: el diseño del producto y del proceso. El siguiente paso corresponde a la condicionante que trata sobre la planificación de la producción.

El presente proyecto está enfocado al diseño de una planta recicladora de desechos plásticos para la producción de recipientes para tratar residuos peligrosos y corto punzantes.

1.1 Descripción del problema

Este proyecto surge del requerimiento de la institución en estudio por mantener el mérito de ser el primer Hospital ecológico de Latinoamérica. El equipo de trabajo de la organización desea sacar provecho de los desechos plásticos que se generan en cada una de las unidades de la misma.

Estos desechos plásticos se producen a diario por el consumo de productos como bebidas, alimentos y de limpieza que generan las personas que se

encuentran en las instalaciones. En la Figura 1.1 se plantea el problema con la herramienta 5W's:

Qué?	Dónde?	Cuándo?	Por qué?	Qué tanto?
<ul style="list-style-type: none"> • Se produce desechos plásticos que generan un impacto ambiental negativo, que son recolectados a través de un procedimiento de recolección de desechos, sin un buen control de clasificación. 	<ul style="list-style-type: none"> • En el Hospital, salas de Hospitalización, emergencia, consulta, bodega, comedor y oficinas administrativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Durante las 24 horas del día, todos los días del año. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se generan recipientes plásticos de bebidas y alimentos que consumen las personas dentro del Hospital, además de los recipientes que contienen productos de limpieza que son utilizados en las diferentes actividades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se produce 320 kg/año de desecho plástico, equivalente al 65% de todo el material clasificado.

Figura 1.1. Herramienta 5W's

Elaboración propia.

1.1.1 Definición del problema

La institución genera 320 Kg/año en desechos plásticos que impactan negativamente al ambiente, debido al consumo diario de productos como bebidas, alimentos e insumos de limpieza.

1.1.2 Restricción

- ✓ Localización de la planta establecida por la organización.
- ✓ Maquinaria con tecnología apropiada para la sostenibilidad.

1.1.3 Alcance

Diseñar una planta recicladora de desechos plásticos para la producción de recipientes para el manejo de residuos peligrosos necesarios para la institución en estudio utilizando resina de plástico reciclado.

Las necesidades y requerimientos obtenidos en el Voice of Customer (VOC), fueron transformadas en variables y atributos del proyecto. Estas son las siguientes:

1.1.3.1 Variables

Diseño de una planta para producir recipientes para residuos peligrosos generados por la institución a partir de material plástico reciclado con capacidad que asegure su sostenibilidad.

1.1.3.2 Atributos

- ✓ Tecnología apropiada para el sistema de producción.
- ✓ Cumplimiento de normas técnicas del producto final.
- ✓ Materia prima generada por la institución.
- ✓ Los beneficios que genere el proyecto cubran los costos operativos.
- ✓ Eficiente manejo de material.
- ✓ Distribución de planta eficiente.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar una planta recicladora de desecho plástico para la producción de recipientes utilizados por el Hospital para tratar residuos peligrosos cortopunzantes.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Establecer la demanda de “tachos guardianes” requeridos por la institución en estudio, por medio de una proyección de la demanda.
- ✓ Establecer la cantidad de materia prima para cumplir con la demanda.
- ✓ Establecer el manejo de materiales, requerimiento de personal y espacio
- ✓ Elaborar alternativas para la distribución de la planta.
- ✓ Establecer sistema de producción
- ✓ Simular Sistema de producción
- ✓ Elaborar un plano de la distribución de la planta considerando requerimientos técnicos, legales, ambientales.
- ✓ Realizar la evaluación financiera del proyecto para determinar la rentabilidad a largo plazo.

1.3 Marco teórico

1.3.1 Facility layout

Organización de las actividades, procesos, departamentos, estaciones de trabajo, áreas de almacenamiento, pasillos y áreas comunes dentro de una instalación existente o propuesta. (Russell & Taylor III, 2011)

1.3.2 Diagrama de proceso

Esquema que mediante el uso de símbolos analiza el movimiento de personas o materiales. (Heizer & Barry, 2009)

1.3.3 Plan maestro de producción

Programación de cantidades de producción en tiempos específicos. (Chapman, 2006)

1.3.4 Balanceo de línea

Con el fin que la línea de producción cumpla una tasa de producción requerida minimizando el desequilibrio entre máquinas y operarios se utiliza el balanceo de línea. (Heizer & Barry, 2009)

1.3.5 Sistema de Producción

“Aquello que toma un insumo y lo transforma en una salida o producto con valor inherente” (Sipper & Bulfin Jr., 1998)

1.3.6 Sistema de Producción Push

“Un sistema Push programa el lanzamiento del trabajo basado en la demanda” (Hopp & Spearman, 2001)

1.3.7 Sistema de Producción Pull

“Un sistema Pull autoriza el trabajo basado en el estado del sistema” (Hopp & Spearman, 2001)

1.3.8 Trabajo en proceso (WIP)

“El inventario entre los puntos inicial y final de un enrutamiento de producto se denomina trabajo en proceso (WIP)” (Hopp & Spearman, 2001)

1.3.9 Simulación

Existen varios significados para el termino simulación, habitualmente se considera al uso de una computadora para desarrollar ensayos en un modelo de sistema real. (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009)

1.3.10 Desechos infecciosos

“Son aquellos que contienen gérmenes patógenos que implican un riesgo inmediato o potencial para la salud humana y para el ambiente”. (Ministerio de Salud Pública, 2010)

1.3.11 Desechos infecciosos cortopunzantes

“Objetos cortopunzantes que han sido utilizados en la atención de seres humanos o animales; en la investigación, en laboratorios y administración de fármacos.” (Ministerio de Salud Pública, 2010)

CAPÍTULO 2

2 METODOLOGÍA

Para el diseño de este proyecto se utiliza la metodología SLP (Systematic Layout Planning) desarrollada por Richard Murther (1968). Esta metodología ha sido la más aceptada y utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta a partir de criterios cualitativos, aunque fue concebida para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza. Este método reúne las ventajas de las aproximaciones metodológicas precedentes e incorpora el flujo de materiales en el estudio de distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que, como el propio Murther describe, permite identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos. (Ver Figura 2.1)

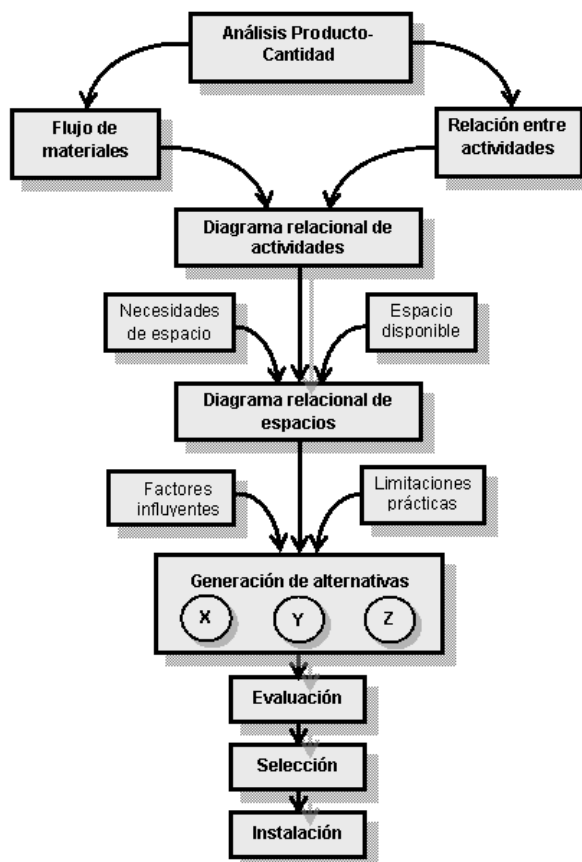


Figura 2.1. Esquema del Systematic Layout Planning

Fuente: Richard Murther (1968)

2.1 Entradas del método

A continuación, se describen los datos e información necesaria para el desarrollo de las diferentes fases establecidas en la metodología SLP, los cuales nos ayudarán a obtener la mejor alternativa.

2.1.1 Análisis de la Demanda

La demanda representa una data importante en el desarrollo de este proyecto; la demanda es representada por los “tachos guardianes” que requieren las diferentes instituciones de salud para el almacenamiento de desechos cortopunzantes.

2.1.2 Demanda del Hospital en estudio

El Hospital recolecta todos sus residuos peligrosos generados a partir de sus actividades diarias; los residuos son clasificados en desechos infecciosos, cortopunzantes y especiales. Los desechos peligrosos son entregados a una empresa especializada en la disposición final, esta empresa por lo general visita el Hospital 3 veces por semana para retirar los desechos peligrosos y entrega al Hospital un certificado con las cantidades en Kg.

A partir de la cantidad de residuos cortopunzantes generados por el Hospital se obtuvo la cantidad de “tachos guardianes” para satisfacer la demanda del mismo. Para lograr estas cantidades se pesó un recipiente de desechos cortopunzantes lleno al 75% de la capacidad máxima, tal como indican reglamentos de manejo de desechos Hospitalarios.

En la Figura 2.2 que se muestra a continuación, podemos observar los tachos guardianes que necesitó el Hospital en los últimos 3 años:

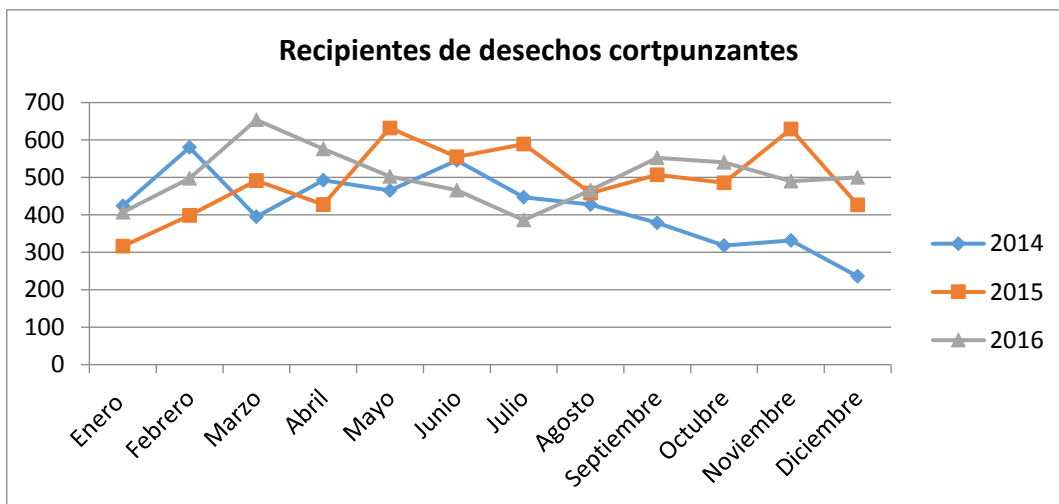


Figura 2.2 Demanda de recipientes de desechos peligrosos cortpuzantes

Elaboración propia.

2.1.3 Pronóstico de la demanda del Hospital.

Con la demanda real, se procedió a estimar la cantidad necesaria de recipientes cortpuzantes del presente año. Se utilizaron varios métodos para pronosticar la demanda anual. En la Figura 2.3 se puede observar la cantidad estimada de recipientes cortpuzantes:

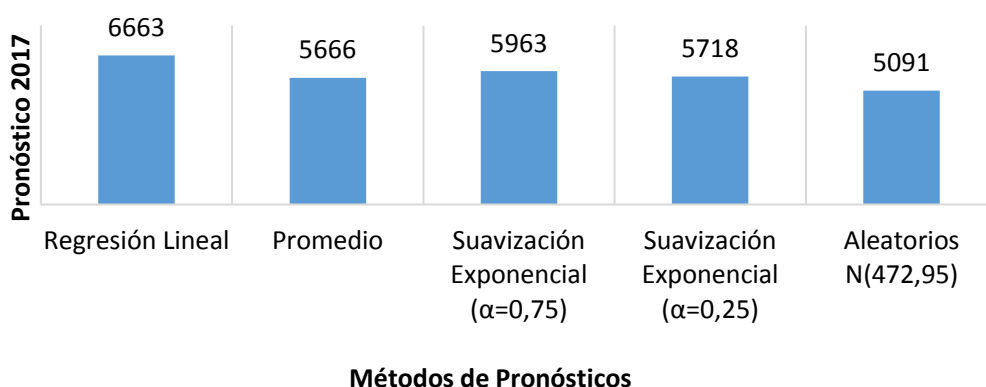


Figura 2.3 Pronóstico para el año 2017 con varios métodos

Elaboración propia.

Para cada método, se calculó el respectivo error cuadrático medio (MAD). A menor MAD el pronóstico tiene menor error, como se puede observar en la Figura 2.4 el pronóstico con Regresión lineal tiene un menor error cuadrático

medio. Por lo tanto, la cantidad estimada de recipientes cortopunzante en el año se obtendrá por la Regresión Lineal.

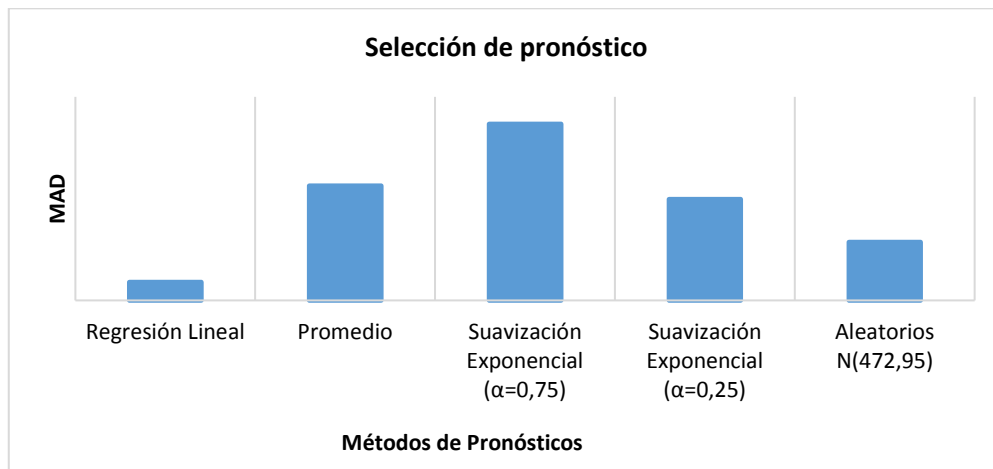


Figura 2.4 Selección del mejor pronóstico, utilizando el MAD

Elaboración propia.

Con la cantidad anual, se debe saber cuánta cantidad se necesita mensual. Como podemos observar en la figura 2.2 la demanda en los últimos años tiene picos en ciertos meses, Por esto se utilizaron índices de estacionalidad mensual. Todos los valores para obtener la gráfica se muestran en el **Apéndice A**.

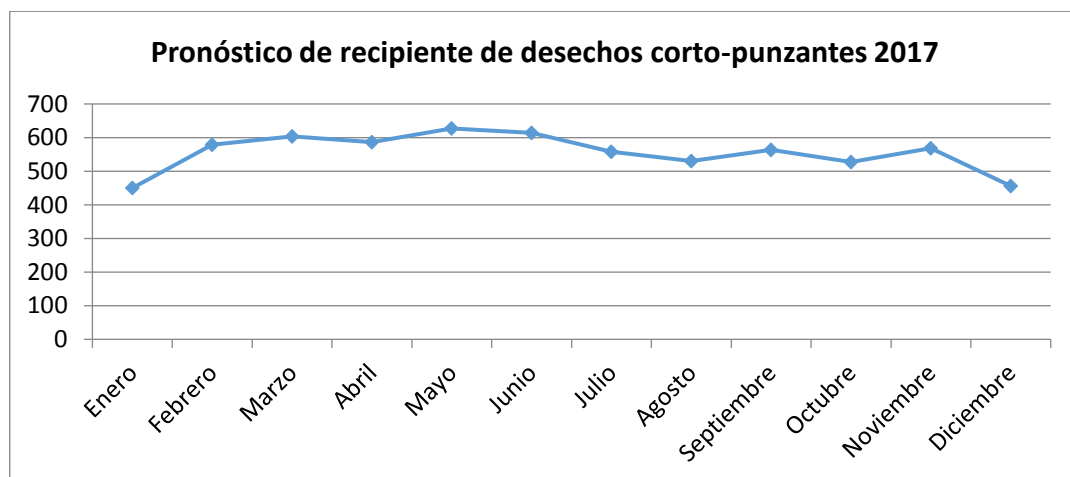


Figura 2.5 Pronóstico mensual de recipientes de desechos cortopunzantes del 2017

Elaboración propia.

2.1.3.1 Proyección de la demanda

La demanda de recipientes de desechos cortopunzantes del Hospital es creciente. (Ver Figura 2.6)



Figura 2.6 Pronóstico mensual de recipientes de desechos cortopunzantes del 2017

Elaboración propia.

Con los datos proporcionados por el Hospital de pacientes hospitalizados en el 2016, se procedió a realizar un diagrama de correlación. El cual muestra una relación directamente proporcional. (Ver Figura 2.7)

Como podemos darnos cuenta los pacientes hospitalizados es un factor importante que debemos considerar al proyectar el crecimiento de la necesidad de tachos guardianes en un futuro.

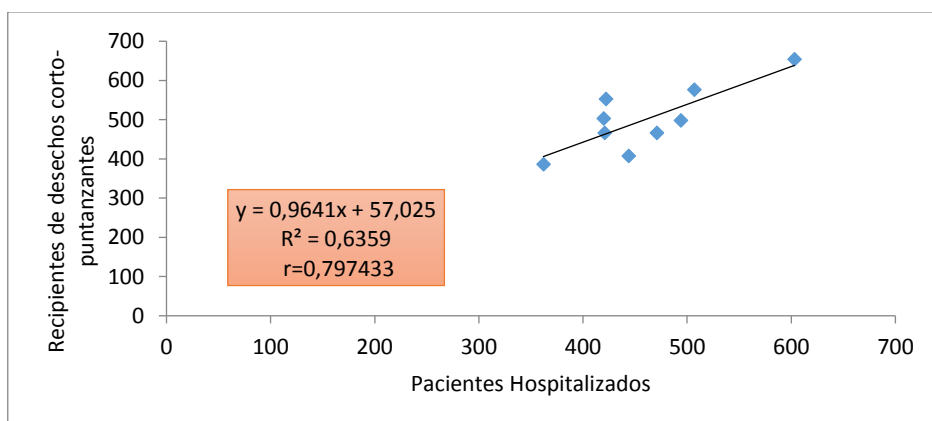


Figura 2.7 Relación de pacientes Hospitalizados y recipientes cortopunzantes. Año 2016

Elaboración propia.

2.1.4 Demanda de Hospitales de Guayaquil.

El INEC anualmente realiza un estudio para obtener estadísticas de los desechos hospitalarios generados por Instituciones de Salud en el Ecuador, para tener una referencia de la cantidad de desechos peligrosos que producen las instituciones y como los gestionan.

En el 2015 se generó aproximadamente 1139834 Kg. de desechos cortopunzantes en establecimientos hospitalarios del Ecuador. Entre las provincias con mayor generación de desechos cortopunzantes se encuentran Guayas, Pichincha y Los Ríos. **(Ver Figura 2.8).**

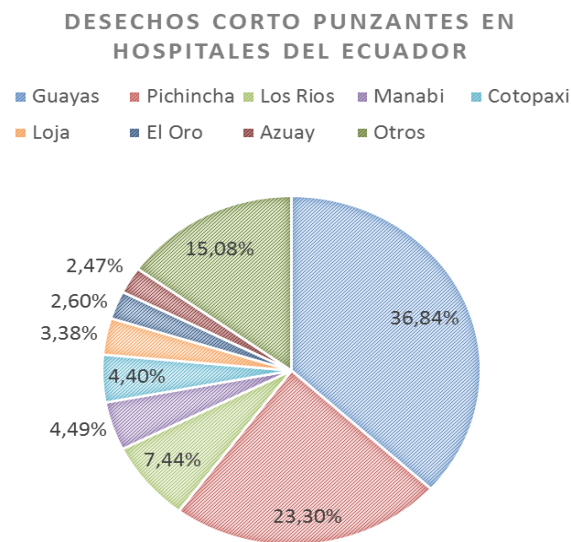


Figura 2.8. Participación de Instituciones Hospitalarias en desechos corto-punzantes por provincias del Ecuador.

Fuente: (INEC, 2015)

Elaboración propia.

Tomando como referencia la provincia con mayor participación en generación de desechos peligrosos, y por ende el Cantón con mayor generación de desechos cortopunzantes en esta provincia. Se considera las posibles ventas de “Tachos Guardianes”.

DESECHOS CORTO PUNZANTES EN HOSPITALES DE GUAYAS

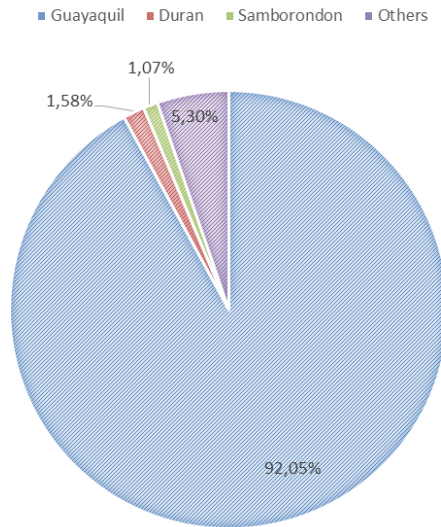


Figura 2.9. Participación de Instituciones Hospitalarias en desechos corto-punzantes en el Guayas.

Fuente: (INEC, 2015)

Elaboración propia.

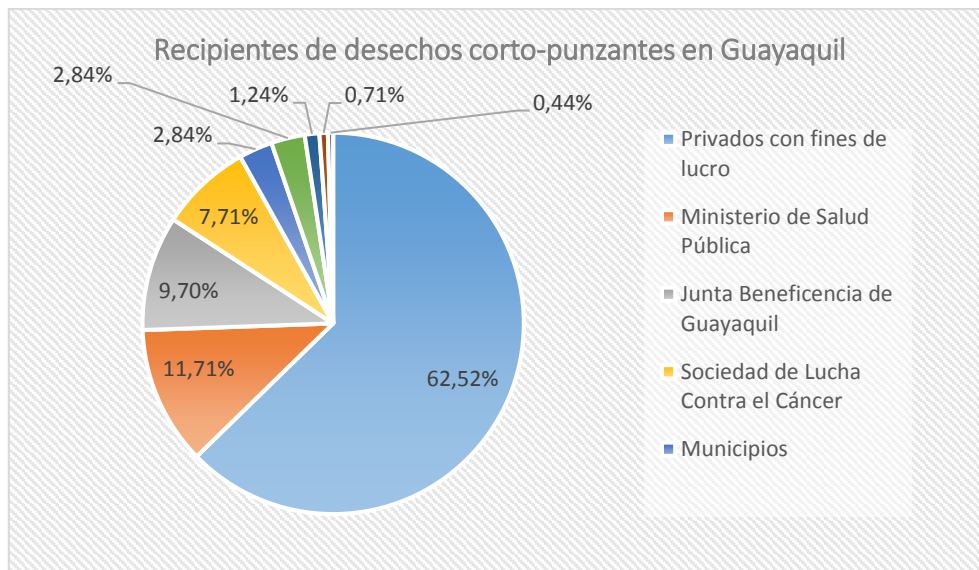


Figura 2.10. Participación de Instituciones Hospitalarias que demandan recipientes de desechos corto-punzantes en el Guayaquil.

Fuente: (INEC, 2015)

Elaboración propia.

2.1.5 Análisis de la Materia Prima

La materia prima se representa por medio de las botellas plásticas que se generan debido a diferentes funciones. Para medir la cantidad de desechos plásticos que genera el Hospital, se implementó un plan de recolección de desechos plásticos que consistió en colocar tachos en diferentes áreas del Hospital exclusivos para material plástico. En la Figura 2.11 se puede observar un modelo de los tachos que se colocaron en las áreas para el depósito de los desechos plásticos.

Al colocar el tacho se daba una pequeña charla a los colaboradores para que vigilen que los visitantes solo coloquen desechos plásticos, por otro lado, se capacitó al personal de limpieza indicándoles el proceso a llevar. Se comenzó con una prueba piloto recolectando la cantidad de desechos plásticos, la recolección se realizaba diaria. En total se tomaron 36 datos debido que este era el tamaño de la muestra calculada en la prueba piloto.



Figura 2.11. Plan de recolección de desechos plásticos.

Elaboración Propia

Mensualmente en el Hospital se generan 462 Kg. de desechos plásticos. Esta cantidad no alcanza para cumplir la demanda de “tachos guardianes” por este motivo se deberá recolectar desechos plásticos en otras unidades de la organización.

En Ecuador hay aproximadamente 20000 recicladoras, donde el costo por kilogramo de plástico es \$ 0.65 y el consumo anual per cápita de plástico en Ecuador es de 20 kg.

2.1.6 Diseño detallado del Producto.

Para el diseño del producto se tomó como referencia reglamentos que indican las características que debe cumplir el producto como se muestra en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1. Artículos asociados a las características Técnicas del Tacho Guardián

"Manejo de los desechos infecciosos para la red servicios de salud en el Ecuador"	Art. 8.- Los objetos afilados se colocan en recipientes desechables; Resistente para perforaciones y fugas accidentales
	Art. 19.- Los envases y cubiertas deberán ser de los siguientes colores: Un rojo. Para residuos infecciosos ...
	Art. 21.- Los contenedores para objetos afilados son de plástico rígido, resistente y opaco. La abertura de entrada del recipiente no debe permitir la introducción de las manos. Su capacidad no debe exceder los 6 litros.
"Manual para el Manejo de desechos en establecimientos de salud" de OMS	Los envases llenos en sus 3/4 partes serán enviados para tratamiento a la autoclave o al incinerador.
Guía de transporte de sustancias infecciosas	Los contenedores de objetos afilados deben tener una o más etiquetas de peligro específicas.

Fuente: (Ministerio de Salud Pública, 2010), (Organización Mundial de la Salud), (Ministerio de Salud Pública)
Elaboración Propia

2.1.6.1 Especificaciones Técnicas del producto

Una vez establecidas las especificaciones del producto se procedió a dibujar el tacho guardián en un software adecuado para ello (Ver figura 2.12), con las características que se muestran en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Características Técnicas del Tacho Guardián

CARACTERÍSTICAS	
Capacidad	2.9 Lt.
Dimensiones (mm)	120 X 140 X 240
Diámetro de abertura	65 mm.
Espesor de pared	2 mm.
Peso de la Tapa	110 gr.
Peso del cuerpo del tacho	330 gr.

Elaboración propia

2.1.6.2 Presentación del Producto.

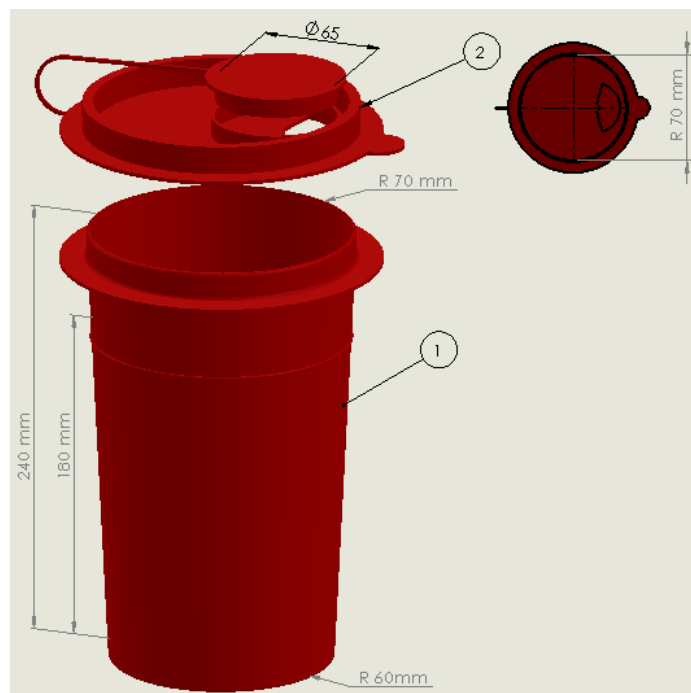


Figura 2.12. Tacho Guardián

Elaboración Propia

2.1.7 Localización

Para el estudio de la localización de la planta, se aplicó la metodología Brown & Gibson. El cual consistió en establecer factores subjetivos y

objetivos para la evaluación y selección de la mejor alternativa entre las propuestas para el diseño de la planta.

Se partió de la restricción de que se tienen dos posibles localizaciones las cuales son: Capitán Nájera y Orquídeas, por lo tanto, estas son las alternativas a las cuales se aplicarán los factores críticos para la selección la localización.

2.1.7.1 Factores Objetivos

Como factor objetivo a analizar se tiene el costo de transporte, este factor consistió en determinar la distancia entre el Hospital y las dos alternativas y se multiplicó por una tarifa de transporte. En la Tabla 2.3 se mostrará el cálculo del factor objetivo.

Tabla 2.3. Cálculo de factor objetivo

Localización	Costo de Transporte	Recíproco (1/Ci)	FO
Capitán Nájera	\$ 3,80	0,2631579	0,8249
Orquídeas	\$ 17,90	0,0558659	0,1751
Total	\$ 21,70	0,3190238	1

Elaboración Propia

2.1.7.2 Factores Subjetivos

Como factores subjetivos se tiene la disponibilidad de la materia prima en los alrededores de la localización, la seguridad, una posible ampliación de la planta, y los permisos municipales. Para asignar un grado de importancia en cada uno de los factores subjetivos, se realizó una comparación pareada, como se puede observar en la Tabla 2.4:

Tabla 2.4. Comparación pareada de los factores

Factor j	Comparación pareada				Suma preferencia	Wj
	Disponibilidad de Materia Prima	Seguridad	Ampliación	Permiso Municipal		
Disponibilidad de Materia Prima		0	1	0	2	0,2000
Seguridad	1		1	0	3	0,3000
Ampliación	0	0		0	1	0,1000
Permiso Municipal	1	1	1		4	0,4000
TOTAL					10	1

Elaboración Propia

Luego se debe determinar un cuadro de relación entre las alternativas de localización y los factores subjetivos, como se podrá observar en la Tablas 2.5, 2.6, 2.7 y 2.8:

Tabla 2.5. Comparación con el 1° factor subjetivo

Localización	Disponibilidad de Materia Prima			
	Comparaciones Pareadas		Suma Preferencia	Ri1
	Capitán Nájera	Orquídeas		
Capitán Nájera		1	1	1
Orquídeas	0		0	0
Total			1	1

Elaboración Propia

Tabla 2.6. Comparación con el 2° factor subjetivo

Localización	Seguridad			
	Comparaciones Pareadas		Suma Preferencia	Ri3
	Capitán Nájera	Orquídeas		
Capitán Nájera		0	0	0
Orquídeas	1		1	1
Total			1	1

Elaboración Propia

Tabla 2.7. Comparación con el 3° factor subjetivo

Localización	Ampliación			
	Comparaciones Pareadas		Suma Preferencia	Ri4
	Capitán Nájera	Orquídeas		
Capitán Nájera		0	0	0
Orquídeas	1		1	1
Total			1	1

Elaboración Propia

Tabla 2.8. Comparación con el 4° factor subjetivo

Localización	Permiso Municipal			
	Comparaciones Pareadas		Suma Preferencia	Ri5
	Capitán Nájera	Orquídeas		
Capitán Nájera		1	1	1
Orquídeas	0		0	0
Total			1	1

Elaboración Propia

Ahora se procede a calcular el valor subjetivo, aplicando la siguiente fórmula:

$$FS_i = \sum_{j=1}^m W_j R_{ij}$$

Tabla 2.9. Cálculo del valor subjetivo

Localización	Disponibilidad de Materia Prima	Seguridad	Ampliación	Permiso Municipal	FS
Capitán Najera	1	0	0	1	0,60
Orquídeas	0	1	1	0	0,40
Wj	0,2	0,3000	0,1	0,4	

Elaboración Propia

Finalmente, para la selección de la alternativa adecuada para el diseño de la planta, se requiere determinar la medida preferencial (MPL), donde se debe elegir la localización que entregue un mayor MPL.

Tabla 2.10. Cálculo del MPL

	MPL
Capitán Nájera	0,689953917
Orquídeas	0,310046083

Elaboración Propia

Con un valor de $MPL=0.689$ se tiene que la planta deberá instalarse en Capitán Nájera.

2.1.7.3 Factores Influyentes

Para la distribución correcta de una planta se debe tomar en cuenta algunas consideraciones hacia el personal que laborará en la misma, entre las que tenemos las siguientes:

2.1.7.3.1 Almacenamiento para objetos personales

De acuerdo con el D.E 2393, Art. 40.- Vestuarios

La planta deberá contar con armarios para que el personal pueda almacenar sus pertenencias como ropa, calzado entre otras que no se puedan utilizar dentro del área de producción. Se contará con dos armarios, los cuales tendrán medidas de 0.30x0.30x1.50 m cada uno. (Ministerio del Trabajo)

2.1.7.3.2 Servicios Higiénicos

De acuerdo con el D.E 2393, Art. 41.- Servicios Higiénicos

Dependiendo de la cantidad de trabajadores se instalarán excusados y lavamanos; como dentro de la planta contaremos con 2 operarios se tendrá

un servicio higiénico el cual estará provisto de todos los elementos necesarios como jabón, papel higiénico y recipientes para el depósito de desechos. Este tendrá las siguientes dimensiones 1.0x1.20x2.30 m. (Ministerio del Trabajo)

2.1.7.3.3 Comedores

De acuerdo con el D.E 2393, Art. 37.- Comedores

En la planta se tomará en cuenta que el comedor no se encuentre lejos del lugar de trabajo, pero si que se mantenga alejado del cualquier foco insalubre como lo dice en el artículo. El área de comedor se hará para que el personal se sirvan sus alimentos, además de contar con una parte para que puedan servirse bebidas, contará con un surtidor de agua para consumo. (Ministerio del Trabajo)

2.2 Fases de la Metodología SLP

2.2.1 Análisis de Producto – Cantidad

El análisis de producto – cantidad representa la primera fase para realizar una distribución valida. A partir de este análisis es posible determinar el tipo de distribución adecuado para el proceso de la producción de tachos guardianes.

El proceso de producción en estudio sigue un flujo lineal con una distribución en célula de manufactura. Una de las características más importantes para elegir un flujo lineal es que el tipo de máquinas presente una tecnología media o baja, lo que hace que se adapte a este proceso; mientras que para la elección de la distribución se eligió una célula de manufactura debido a que el volumen de producción es medio y el producto cuenta con una estandarización media también.

Con lo mencionado anteriormente, se escogió la distribución de célula de manufactura. Como se puede observar en la siguiente figura 2.13:

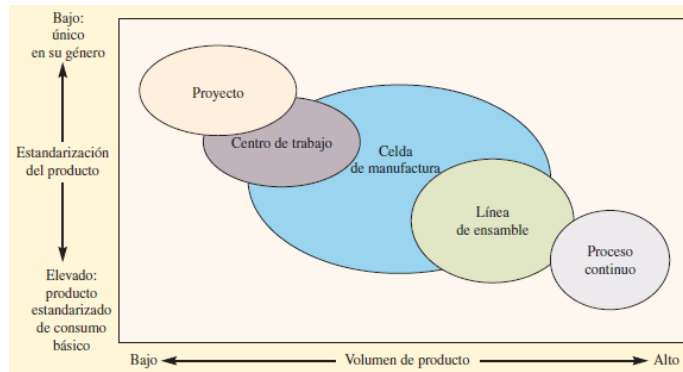


Figura 2.13. Matriz de procesos y productos

Fuente: (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009)

2.2.2 Análisis del recorrido del producto

En la gráfica 2.14 que se muestra a continuación se describe el proceso de la fabricación de tachos guardianes:

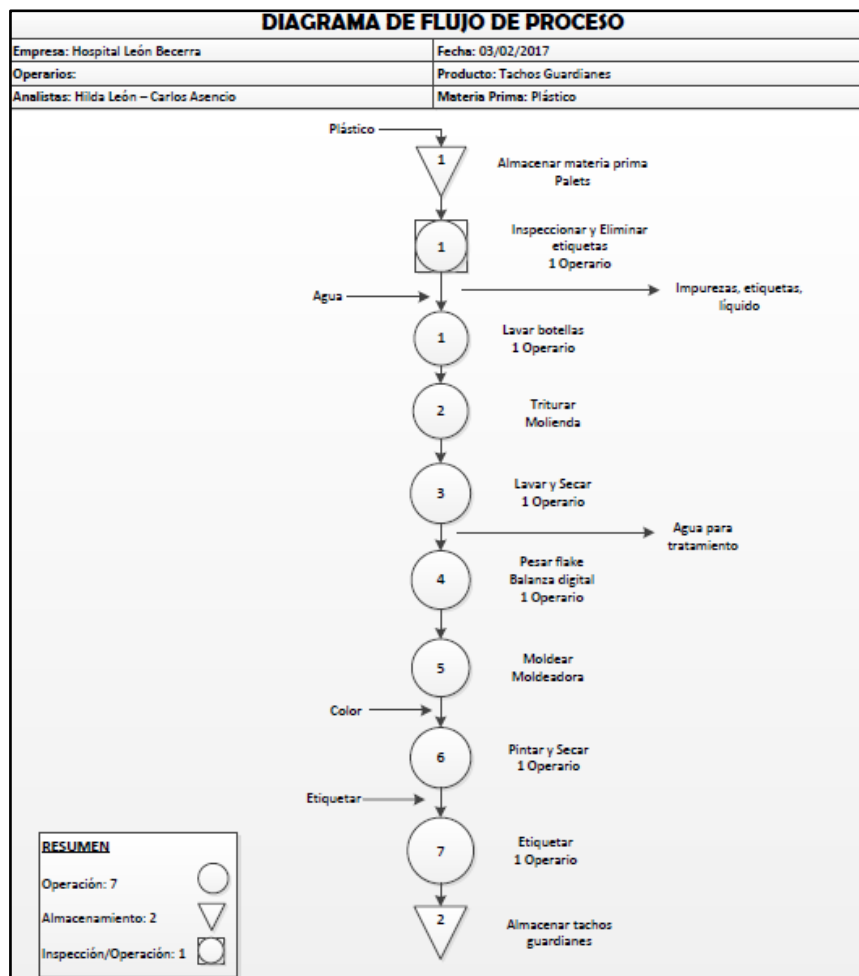


Figura 2.14. Diagrama OTIDA de la producción de tachos guardianes

Elaboración Propia

2.2.2.1 Descripción del proceso de producción de “tachos guardianes”

El proceso para la producción se detallará a continuación:

- **Recepción de la materia prima:** Las botellas plásticas serán receptadas en la bodega de materia prima, donde se almacenarán en pilas colocadas sobre pallets. La materia prima vendrá de los diferentes proveedores con los que se contará, entre los principales estarán las unidades de la institución. Se entregará un certificado a cada uno de los proveedores, en el que consta la cantidad entregada por los proveedores.
- **Eliminación de etiquetas:** Se colocan las botellas en una mesa, donde se quitarán las tapas y las etiquetas de cada una, además se desechará el líquido contenido en estas. De las tapas de las botellas se verificarán que no contengan un caucho, en ser el caso que lo contengan se eliminarán dichas tapas mientras que las que no tengan ese caucho se colocarán el respectivo compartimiento del contenedor de clasificación. Las etiquetas de las botellas serán también eliminadas. Por ultimo las botellas ya “limpias” serán almacenadas en el recipiente para luego ser trasladadas al lavado.
- **Lavado 1:** Las botellas ya sin etiquetas ni tapas serán lavadas con agua hasta eliminar alguna impureza que tenga en su interior. Luego estas serán colocadas en una mesa donde se las dejarán escurrir por un corto período hasta pasar a la siguiente operación.
- **Triturado:** Las botellas luego de tener un breve secado serán trituradas, desde aquí obtendremos el flake.
- **Lavado:** El flake debe ser lavado, esto se llevará a cabo en una tina que contendrá una red que ayudará para la siguiente etapa; el flake se lavará solamente con agua.
- **Secado:** El flake debe estar lo más seco posible para poder ingresar a la siguiente etapa, el secado se hará en una centrífuga.

- **Pesado:** Se pesa el flake en la cantidad requerida para la elaboración ya sea de la tapa del tacho guardián o para el cuerpo del mismo.
- **Moldeadora:** Aquí se hará ya el moldeo del tacho guardián por partes (tapa y cuerpo).
- **Pintado:** Una vez que se obtiene las partes del tacho guardián éstas se pintarán de acuerdo con el color estipulado por la norma. Además, se esperará que estén secas para la siguiente etapa del proceso.
- **Etiquetado:** Luego de que la parte del cuerpo del tacho guardián este pintado y seco, se colocará la etiqueta correspondiente.
- **Almacenamiento:** Las tapas y los cuerpos que forman el tacho guardián se almacenarán en raps en la bodega de producto terminado.

2.2.2.2 Detalle de la maquinaria requerida

Una vez establecido el proceso de producción de los tachos guardianes, se establecen el tipo de maquinaria necesaria para dicho proceso. Se tuvo en cuenta la restricción establecida inicialmente de que la tecnología de las máquinas ser adecuada para mantener la sostenibilidad del proyecto.

El análisis consistió en elegir cuál sería la mejor maquinaria para cumplir con uno de los puntos críticos de la elaboración del producto, este es el proceso de moldeo de las piezas. Esta operación puede ser realizada por dos tipos de moldeo (inyección y compresión), pero las máquinas requeridas para esta operación tienen restricciones. En una inyectora no se puede procesar material mezclado, es decir se debe separar por tipo de plástico, además existe solo una inyectora para PET que es el plástico con mayor porcentaje de producción en residuos; por lo tanto, cada uno de estos aspectos sin contar los costos elevados de este tipo de maquinarias hacen que esta opción sea descartada. La otra opción es por compresión, la cual se adapta

más con el volumen de producción y el tipo de producto a fabricarse; pero aquí se realizó un análisis adicional para determinar si la máquina debería ser comprada o ser fabricada con especificaciones establecidas en el proceso de producción. Al realizar este análisis se consultó con proveedores locales dando como consecuencia que en el país no se cuenta con este tipo de máquinas, lo cual haría que sea necesario importar dichos equipos; entonces como resultado final del análisis, se tiene que para la operación de moldeo la máquina será fabricada de acuerdo con las especificaciones requeridas. Se realizó el mismo análisis para la operación de triturado, dándonos como resultado que esta también será fabricada.




Además, en el proceso productivo se cuenta con otros equipos para realizar las operaciones necesarias, dichos se encuentran en la Tabla 2.11:

Tabla 2.11. Especificaciones de maquinas

MÁQUINA	ESPECIFICACIONES	CANTIDAD
<p>TRITURADORA</p> 	<p>Fabricación local Capacidad: 20Kg/h Tamaño de flake: 5 mm Dimensiones: 600x280x1142 (mm) Costo: \$469.30</p>	1
<p>COMPRESORA</p> 	<p>Fabricación local Capacidad: 2 recipientes Tiempo de producción: 18 min/recipientes Dimensiones: 1000x590x560 (mm) Costo: \$269.54</p>	1

Elaboración Propia

Tabla 2.12. Especificaciones de equipos

EQUIPOS	ESPECIFICACIONES	CANTIDAD
<p>BALANZA DIGITAL</p> 	<p>Peso Máximo: 5Kg Dimensiones: 0.2x0.5 (m) Costo: \$20</p>	<p>1</p>
<p>COMPRESOR CON AERÓGRAFO</p> 	<p>Motor: ¼ Hp Watts: 50 V Cost= \$92</p>	<p>1</p>
<p>CENTRÍFUGA</p> 	<p>Dimensiones (m) = 1x1x0,8 Costo= \$600</p>	<p>1</p>

Elaboración Propia

2.2.2.3 Detalle del personal requerido

Por medio de un balanceo de línea se pudo determinar que el proceso operativo debería contar únicamente con 2 operarios, este balanceo se podrá observar más adelante cómo se lo realizó. Pero la planta va a ser manejada administrativamente por la organización.

2.2.3 Análisis de las relaciones entre actividades

Después de haber definido el recorrido del producto, se debe plantear cuál es el tipo y la intensidad de las relaciones entre las diferentes actividades que se realizan en la planta. Las relaciones de actividades se pueden

calificar no únicamente por el flujo de material, sino por la relación organizacional, ambiental, de proceso, de control, etc. Para realizar el análisis de las relaciones entre actividades primero plantearemos los departamentos con las que contará nuestra planta y lo que se realizará en cada una de ellas.

- **Recepción y despacho:** Aquí será la parte donde entrarán los camiones a dejar la materia prima en el día indicado, al igual que cuando se realice el despacho del producto final. Por lo tanto, aquí solo se caracterizará de ser el estacionamiento de los camiones.
- **Oficina:** Esta área será destinada para realizar ciertas actividades como el control de la llegada de proveedores, generación de certificados, verificar la planeación de la producción diaria, etc.
- **Bodega de Materia Prima:** Aquí se almacenarán los desechos plásticos que llegarán por parte de los proveedores; estos se colocarán en pallets.
- **Bodega de Producto Terminado:** Aquí se almacenarán el producto final que es el tacho guardián en partes (la tapa y el cuerpo), esto se colocará en raps.
- **Lavado:** En esta área se realizarán las actividades de eliminación de etiquetas, de líquidos y la clasificación de los mismos. Además, se realiza el lavado de las botellas plásticas de forma manual, y el respectivo secado de las mismas para luego de que estén secas, clasificarlas de acuerdo al tipo de plástico.
- **Triturado:** Aquí se realizará la parte de la trituración del plástico, el lavado del flake y el respectivo secado.
- **Moldeo:** En esta área se hará el pesado del flake, el respectivo moldeo de las partes del tacho guardián, el pintado y el etiquetado.

- **Baño:** Se contará con un servicio higiénico para la planta.
- **Comedor:** Aquí se les facilitará a los operarios tener su almuerzo, además de los recesos necesarios.

Para representar las relaciones primero definiremos los nodos que conformarán las macro áreas de la planta, los cuales quedan como se muestra en la siguiente Tabla 2.13:

Tabla 2.13. Macro Áreas




NODOS	Abreviatura
OFICINA	OA
RECEPCIÓN Y DESPACHO	RD
BODEGA DE MP	BMP
LAVADO	LAV
TRITURADO	TR
MOLDEO	MO
BODEGA DE PT	BPT
BAÑO	BÑ
COMEDOR	CO

Elaboración propia

Después de haber definido las macro áreas, se deberá representar las relaciones entre éstas de tal forma, que permita clasificar la intensidad de dichas relaciones, se emplea el diagrama relacional de actividades, la que consiste en colocar el grado de proximidad entre las diferentes áreas de acuerdo con las actividades, además de las razones de proximidad definido para las mismas.

Por lo tanto, primero se definirá el código, la relación de proximidad, y el tipo de línea y color que se usarán luego para la representación nodal, tal y como se muestra en la Tabla 2.14:

Tabla 2.14. Tabla de proximidades

CÓDIGO	RELACIÓN DE PROXIMIDAD	VALOR	TIPO DE LÍNEA
A	Absolutamente necesario	3	
E	Importante	2	
X	Indeseable	1	

Elaboración Propia

Luego de haber definido la Tabla de proximidades, se deberá tener las razones de proximidad también ya definidas. Las cuales quedarán establecidas de la siguiente manera:

- **Macro Áreas**

Tabla 2.15. Razones de proximidades

CÓDIGO	RAZONES
1	Relación Ambiental
2	Relación Organizacional

Elaboración Propia

2.2.4 Diagrama relacional de actividades

Una vez definidos los parámetros de proximidad, se realizará el diagrama relacional de las actividades de las macro áreas con sus respectivas valoraciones de acuerdo con las relaciones entre éstas y las razones planteadas para cada una de éstas.

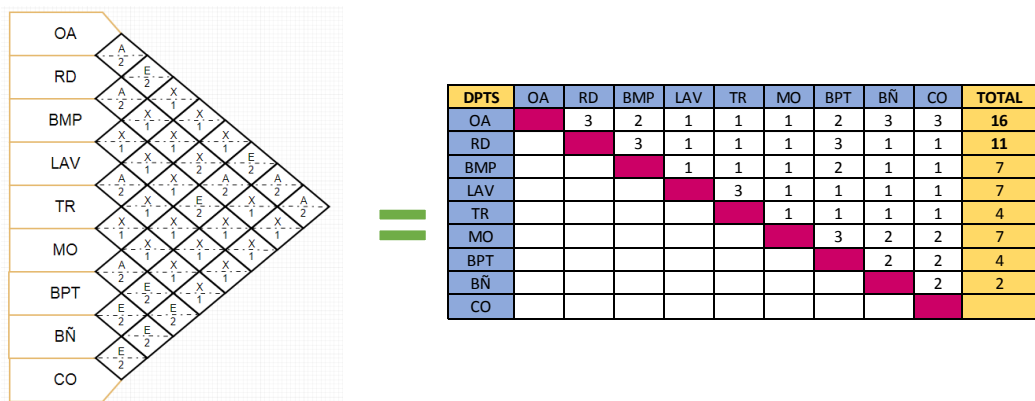


Figura 2.15. Diagrama relacional de las macro áreas.

Elaboración propia

Con el diagrama relacional de actividades para las macro áreas (Ver Figura 2.15), se obtuvo que el nodo con mayor relación (organizacional y ambiental), es las oficinas administrativas con 16 puntos en total, por lo cual esta área se colocará como central cuando se haga la representación gráfica.

Ahora se procederá a realizar la representación nodal del diagrama relacional de actividades con la información obtenida anteriormente, uniendo los departamentos con el tipo de líneas definidas en la Tabla 2.13

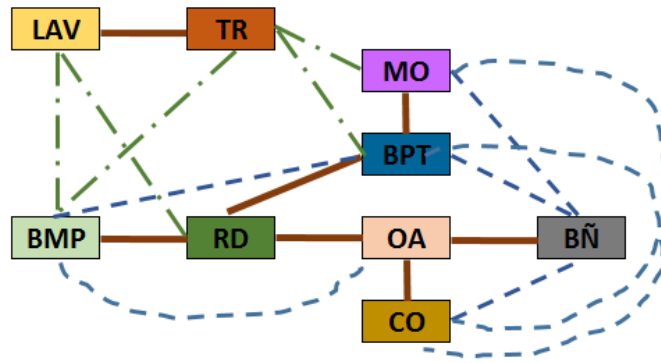


Figura 2.16. Representación gráfica de las relaciones de macro áreas

Elaboración propia

2.2.5 Análisis de necesidades y disponibilidad de espacio

La siguiente fase hacia la selección de la mejor alternativa para la distribución de la planta, es el establecer el espacio requerido por los nodos de cada macro área para el correcto desempeño de las actividades que se realicen en éstas. En la Tabla 2.16 se puede observar el requerimiento total por área.

Para el análisis del requerimiento del espacio se tomó en cuenta las dimensiones de las maquinarias y/o herramientas que se utilizarán en las operaciones destinadas para las áreas, además de la distancia que debe existir entre las máquinas y las medidas de los pasillos para el movimiento del personal, cada uno de estos detalles se encuentran establecidos en el Decreto Ejecutivo 293.

Tabla 2.16. Requerimiento de espacio para cada área.

ÁREAS	Abreviatura	ESPACIO INICIAL (m2)	INCREMENTO (15%)	REQUERIMIENTO TOTAL	# BLOQUES
OFICINA	OA	2,0	0,3	3,0	4
RECEPCIÓN Y DESPACHO	RD	10,4	1,6	12,0	15
BODEGA DE MP Y ELIMINACIÓN	BMP	4,8	0,7	6,0	8
LAVADO	LAV	6,2	0,9	8,0	10
TRITURADO	TR	3,7	0,6	5,0	7
MOLDEO	MO	7,9	1,2	10,0	13
BODEGA DE PT	BPT	2,9	0,4	4,0	5
BAÑO	BÑ	1,3	0,2	2,0	3
COMEDOR	CO	2,0	0,3	3,0	4
	TOTAL	41,1		53,0	67

Elaboración Propia

El área total que se requiere para el diseño de la planta según el requerimiento de espacio de cada área 53 m². Mientras que el espacio disponible del terreno elegido para la ubicación de la planta es de 65.20 m², teniendo en cuenta que el área de recepción y despacho ya tiene su espacio establecido.

2.2.6 Generación de alternativas de distribución de planta

El objetivo principal es arreglar los nodos o áreas de tal manera que se logre la mayor utilización de espacios, equipos y personas.

Se realizaron dos propuestas de distribución de planta siguiendo la ruta del diagrama de relación de espacio establecido anteriormente, con cada una de las especificaciones ya mencionadas.

Se tomó el requerimiento de espacio por áreas para la elaboración de las alternativas. Estas medidas las representamos gráficamente por medio de bloques, los cuales tienen una medida de 0.9 m * 0.9 m, dándonos un total de 0.8 m². Por lo tanto, las alternativas planteadas se muestran en la Figura 2.17 y Figura 2.18:

MO	MO	MO	MO	BÑ	BÑ
MO	MO	MO	BPT	BÑ	CO
MO	MO	MO	BPT	CO	CO
MO	MO	MO	BPT	CO	
TR	TR	TR	BPT	BPT	
TR	TR	TR	TR		
LAV	LAV	LAV			
LAV	LAV	LAV			
LAV	LAV	LAV	LAV		
BMP	BMP	BMP	BMP	OA	
BMP	BMP	BMP	BMP	OA	
RD	RD	RD	RD	RD	
RD	RD	RD	RD	RD	
RD	RD	RD	RD	RD	

Figura 2.17. Alternativa 1 de distribución de la planta.

Elaboración Propia

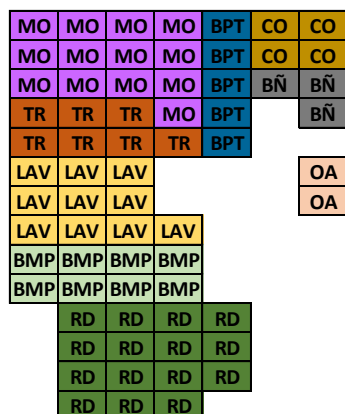


Figura 2.18. Alternativa 2 de distribución de planta

Elaboración Propia

2.2.7 Evaluación de las alternativas de distribución de planta

La evaluación de las alternativas nos ayuda a obtener la mejor opción entre las propuestas. La evaluación se llevó a cabo con la función de maximizar el valor de la relación por contigüidad entre las áreas. Esta medición consiste en calificar como 1 si las áreas comparten alguno de sus lados y 0 si no lo hacen. A continuación, se muestra la evaluación de las dos alternativas propuestas en la Figura 2.19 y Figura 2.20:

DPTS	OA	RD	BMP	LAV	TR	MO	BPT	BÑ	CO	TOTAL
OA		3*1	2*1	1*1	1*0	1*0	2*0	3*0	3*0	6
RD			3*1	1*0	1*0	1*0	3*0	1*0	1*0	3
BMP				1*1	1*0	1*0	2*0	1*0	1*0	1
LAV					3*1	1*0	1*0	1*0	1*0	3
TR						1*1	1*1	1*0	1*0	2
MO							3*1	2*1	2*0	5
BPT								2*1	2*1	4
BÑ									2*1	2
CO										0
										26

Figura 2.19. Evaluación por contigüidad de la alternativa 1

Elaboración Propia

Se obtuvo un valor de contigüidad de 26 para la alternativa 1 de la distribución física de la planta.

DPTS	OA	RD	BMP	LAV	TR	MO	BPT	BÑ	CO	TOTAL
OA		3*0	2*0	1*0	1*0	1*0	2*0	3*0	3*0	0
RD			3*1	1*1	1*0	1*0	3*0	1*0	1*0	4
BMP				1*1	1*0	1*0	2*0	1*0	1*0	1
LAV					3*1	1*0	1*0	1*0	1*0	3
TR						1*1	1*1	1*0	1*0	2
MO							3*1	2*0	2*0	3
BPT								2*1	2*1	4
BÑ									2*1	2
CO										0
										19

Figura 2.20. Evaluación por contigüidad de la alternativa 2

Elaboración Propia

Para la alternativa 2 de la distribución de la planta se obtuvo un valor de contigüidad de 19.

Finalmente, se obtuvo que la mejor alternativa es la número 1 ya que cuenta con un mayor valor de contigüidad en la distribución física de la planta según el criterio de adyacencia. En el **Apéndice B** “Plano de la Planta” se encuentra el plano para el diseño de la planta con la distribución física seleccionada de las alternativas generadas y evaluadas respectivamente, siendo esta la alternativa 1.

CAPÍTULO 3

3 RESULTADOS

3.1 Sistema de Producción

3.1.1 Planificación de producción

Para planificar la producción de tachos guardianes, se realizó el plan maestro de producción (MPS). A partir del pronóstico que se detalló en el capítulo anterior y considerando un 10% de stock de seguridad. También se estableció un MPS por lotes de recipientes cortopunzantes, cada lote contiene la cantidad necesaria de material para hacer 2 tachos guardianes. (Ver Apéndice C).

3.1.2 Tiempos de producción

La línea de producción se divide en tiempos de máquinas y operarios; para los tiempos de máquinas se proponen tiempos requeridos para cumplir con la demanda. Mientras que los tiempos de operarios se simularon las tareas a realizar. Dichos tiempos se muestran en la Tabla 3.1:

Tabla 3.1. Tiempos de Producción.

Operación	Eliminado	Lavado de botellas	Triturado	Lavado de flake	Secado
Maquina/Operario	Operario	Operario	Maquina	Operario	Maquina
Tiempo de proceso (min/guardián)	3,87	0,90	1,35	0,33	0,18
Operación	Pesado	Compresión	Enfriado	Pintado	Etiquetado
Maquina/Operario	Operario	Maquina	Maquina	Operario	Operario
Tiempo de proceso (min/guardián)	0,37	0,66	0,42	7,50	5,00

Tiempos de operarios	Eliminado	Lavado de botellas	Lavado de flake	Pesado	Pintado	Etiquetado
Tiempo de Proceso(Seg/lote)	464	108	40	44	79	50
Desviación Estándar	29	47	5	0,5	15	1
Distribución	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL

Elaboración Propia

3.1.3 Balanceo de Línea de producción

Con el objetivo de cumplir la demanda requerida, se procedió a balancear la línea de producción, separando tiempos de operarios y máquinas, de tal

forma que exista un equilibrio en la carga laboral de los operarios. En la Figura 3.1 se muestra el diagrama de precedencia:

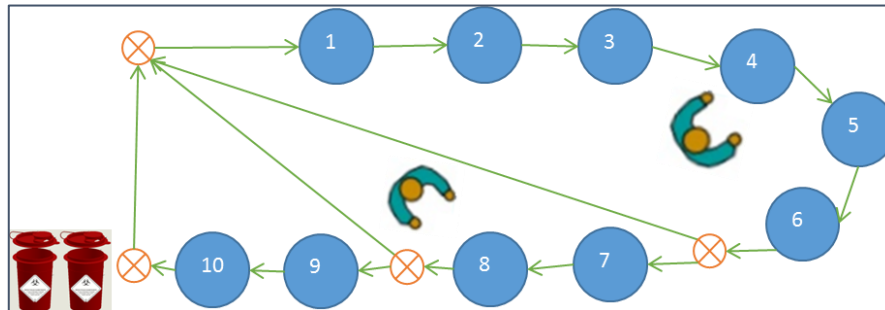


Figura 3.1. Diagrama de precedencia de célula de manufactura con 2 operarios

Elaboración Propia

Con un tiempo de producción diario de 7 horas y una demanda de recipientes cortopunzantes al día, se estableció el Takt time. Al tomar en cuenta los tiempos de producción por operario sobrepaso el Takt time con un solo operario. Por este motivo se realizaron los cálculos con 2 operarios que se muestra en la Tabla 3.2:

Tabla 3.2. Tiempo de ciclo por operario y maquinas

Sub-célula 1	Sub-célula 2
CT operario= 7,90 min	CT operario = 7,50 min
CT máquina = 0,18 min	CT máquina = 5,00 min
CT sub-célula = máx. (CT operario, CT máquina) = 7,90 min	CT sub-célula=máx. (CT operario, CT máquina) = 7,50 min
CT célula = máx. (CTsub-celula1, CTsub-celula2) = 7,90 min	
Takt Time = 14 min/guardián	

Elaboración Propia

3.1.4 Sistema de control de producción

La línea de producción estará controlada con el sistema CONWIP, Al establecer un sistema CONWIP sabemos que es un sistema híbrido Pull-Push, en donde las órdenes de producción basadas en el MPS realizan la función de un sistema Push, mientras que el uso de la tarjeta (WIP) realiza la función de un sistema Pull. Una vez que la materia prima es autorizada a entrar en el sistema, el material fluye libremente como si se tratase de un sistema Push.

La primera máquina de la línea de producción comenzará a trabajar únicamente cuando la tarjeta esté disponible para acompañar al contenedor (unidad de carga de 2 unidades de recipientes de desechos cortopunzantes), más no si la máquina esta ociosa. El sistema cuenta con 3 tarjetas para poder cubrir la demanda. Los resultados del sistema de control de producción se encuentran en la Tabla 3.3:

Tabla 3.3. Resultados de cálculos del Sistema CONWIP

Demanda (lote/día)	15
Demanda (lote/h)	2
Tiempo de proceso (h/lote)	0,686
TH of CCR	4
Número de tarjetas	3
TH del proceso (lote/h)	4
TH del proceso (lote/día)	31

Elaboración Propia

Luego se procedió a evaluar el sistema de producción, donde se observa que con 2 tarjetas se puede cumplir con la cantidad demanda de 15 lotes de tachos guardianes por día. Los resultados de la evaluación del sistema de producción se demuestran en la Tabla 3.4. El detalle de sistema de control de producción se puede observar en el **Ver Apéndice D**.

Tabla 3.4. Resultados de cálculos de la evaluación del Sistema CONWIP

WIP Total (lote)	CT Total (min)	TH (lote/día)
0	0,00	-
1	41,16	10
2	50,85	17
3	77,34	16
4	150,35	11
5	401,91	5
6	1610,10	2

Elaboración Propia

3.1.5 Simulación del sistema de control de producción.

3.1.5.1 Demanda del Hospital.

El objetivo de simular el sistema de producción es comprobar los cálculos teóricos obtenidos en la sección anterior como; WIP (número de tarjetas) y Throughput. De tal forma que se pueda satisfacer la demanda. Con ayuda

del software correspondiente, se logró simular el sistema de producción a continuación se muestra Figura 3.2 el layout.

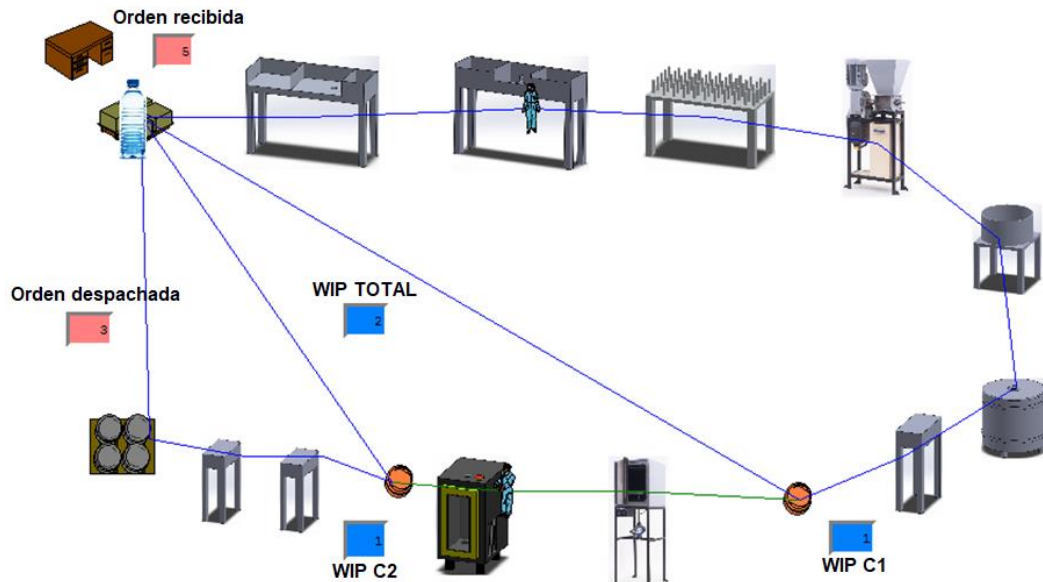


Figura 3.2. Sistema de producción CONWIP en el software con 2 operarios

Elaboración Propia

Fuente: Máquina trituradora y Compresora;

3.1.5.2 Locaciones, capacidades, tiempos de producción y recursos

Se programó las locaciones (estaciones de trabajo) con sus respectivos tiempos de producción de un lote de 2 guardianes mencionados anteriormente.

Con respecto a la capacidad de las máquinas, se puede observar en la Figura 3.3 que la compresora y el enfriador cuenta con capacidad de 2 contenedores de desechos cortopunzantes. También se programó a 2 operadores (recursos), cada uno en una sub-célula.

Name	Cap.	Units
BMP	inf	1
Elim	1	1
Lav1	1	1
Trit	1	1
Seca1	1	1
Lav2	1	1
Seca2	1	1
Pesa	1	1
Comp	2	1
Pint	1	1
Etiq	1	1
BPT	inf	1
Enfr	2	1
WIP1	inf	1
WIP2	inf	1
Recep	INF	1

Figura 3.3. Locaciones con respectivas capacidades programadas en el software

Elaboración Propia

3.1.5.3 Tiempo entre arribo de órdenes de producción

Para obtener la distribución del tiempo entre arribo de una orden de un lote de contenedores de desechos cortopunzantes se partió de la cantidad necesaria que se estableció en el MPS, a esta se invirtió las unidades con el fin de obtener el tiempo de arribo de las ordenes de producción.

Con asistencia del software adecuado se realizaron pruebas para identificar la distribución de probabilidad, como se observa en la Figura 3.4. Con un p-value=0.097 se concluye que tiende a una distribución Gamma con los parámetros que se indican en la Tabla 3.5:

Tabla 3.5. Parámetros de forma y escala de la distribución Gamma

Distribución	Forma	Escala
Gamma	93,17195	17,90013

Elaboración Propia

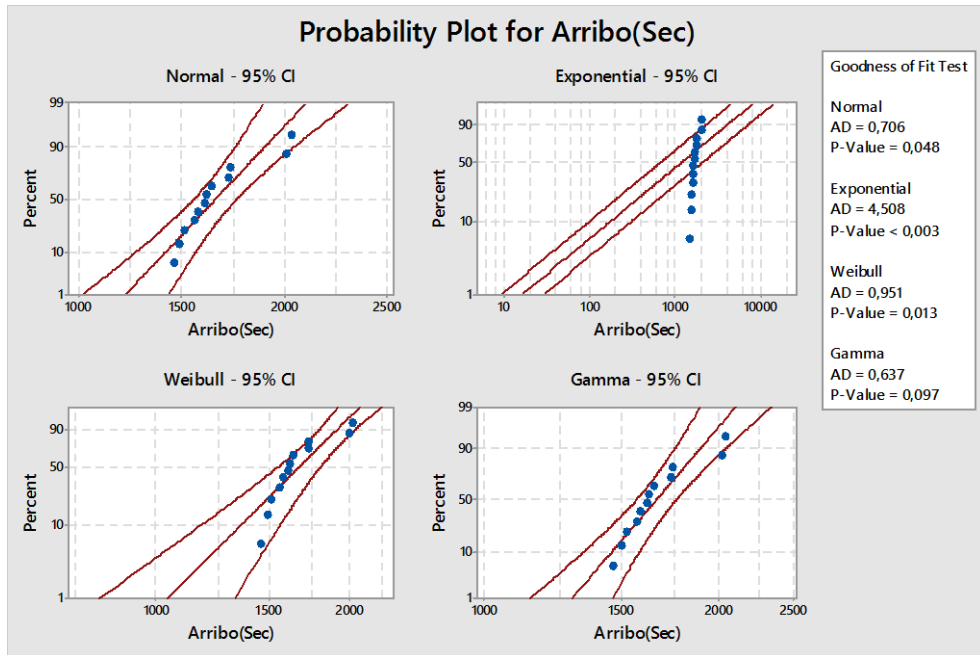


Figura 3.4. Identificación de distribución de tiempo entre arribo de órdenes.

Elaboración Propia

3.1.5.4 Cálculo del WarmUp time

El WarmUp time; se obtuvo por observación de graficas de las variables (WIP TOTAL, WIP C1, WIP C2) del modelo de Simulación cuando se estabilizan. Como podemos observar en la Figura 3.5, la curva de la variable WIP Total se estabiliza a los 2500 min y por último aumentamos el 50% del tiempo.

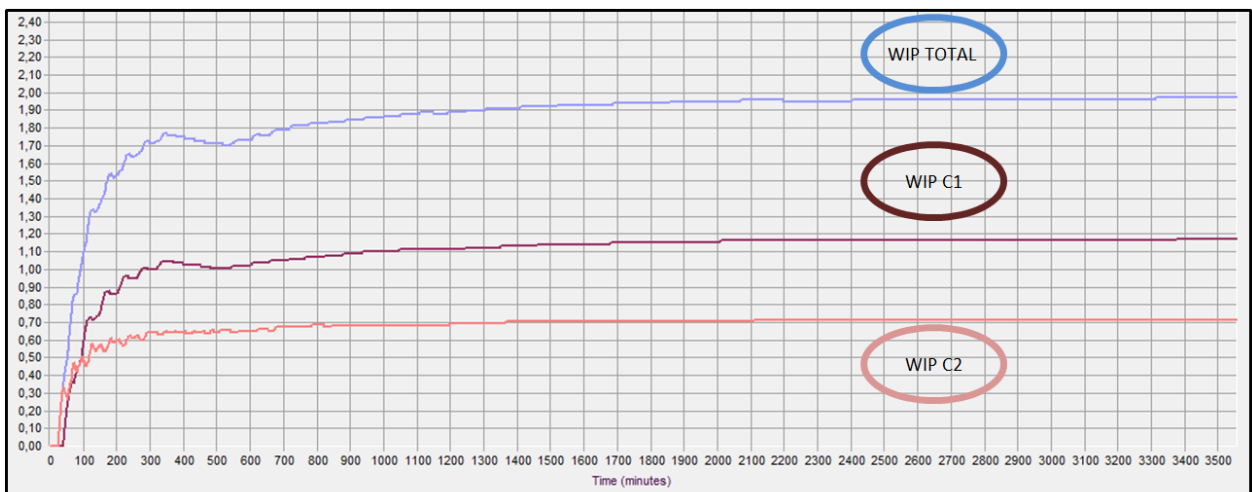


Figura 3.5. Tiempo de estabilización de las variables del modelo de simulación

Elaboración Propia

$$\text{WarmUp time} = 2500 \text{ min} + 50\%(2500 \text{ min})$$

$$\text{WarmUp time} = 3750 \text{ min} \left(\frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} \right)$$

$$\text{WarmUp time} = 62,5 \text{ hora}$$

3.1.5.5 Número de réplicas del modelo

Se procedió a correr el modelo en un componente del software, para cada una de las variables con el fin de saber el número de réplicas del modelo. Cada réplica de 130 horas, 95% de confianza y 5% de error, la aplicación recomendó solo correr una sola vez. Con el objetivo de lograr análisis estadísticos de los resultados el número de réplicas serán de 30.

3.1.5.6 Resultados del modelo de Simulación

Se realizó una prueba de hipótesis contrastando; el número de órdenes que arribaron con el número de guardianes producidos en el sistema de producción. Según el software con el 95% de confianza no existe suficiente evidencia estadística para rechazar H_0 (diferencia entre media de órdenes y guardianes producidos). Es decir, el sistema satisface la demanda de lotes de recipientes cortopunzantes. A continuación, en la Figura 3.6 se muestra el test de diferencia de medias:

Two-Sample T-Test and CI: Sharps containers; Order				
Two-sample T for Sharps containers vs Order				
	N	Mean	StDev	SE Mean
Sharps containers	30	281,27	1,64	0,30
Order	30	281,27	1,91	0,35
Difference = μ (Sharps containers) - μ (Order)				
Estimate for difference: 0,000				
95% CI for difference: (-0,921; 0,921)				
T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = 0,00 P-Value = 1,000 DF = 56				

Figura 3.6. Test de diferencia de medias entre órdenes y guardianes producidos

Elaboración Propia

Con los resultados del WIP y el Throughput de la simulación se pudo comprobar los valores teóricos calculados en la sección del capítulo 2. En la

Figura 3.7 y la Tabla 3.6 se observa los resultados entregados por el software:

Name	Avg Value
ORDEN RECIBIDA	283,05
ORDEN DESPACHADA	281,47
WIP 1	0,66
WIP 2	0,91
WIP TOTAL	1,58

Name	Total Exits
Tacho	283,00
Guardian	283,00
Orden	284,00
Botella	283,00
Pellet	283,00
Molde	284,00

Figura 3.7. WIP y guardianes producidos según modelo de simulación

Elaboración Propia

Tabla 3.6. Calculo de TH a partir del modelo de simulación

BPT Total Exits (Lote)	Tiempo de corrido (Hora)	TH (lote/h)
283	130	3

Elaboración Propia

3.1.6 Análisis Financiero

El análisis financiero se realizó para determinar la sostenibilidad del proyecto, por lo que se analizó en un período de 5 años el flujo de ingresos, egresos y las ganancias del proyecto, a través de indicadores financieros que garanticen la viabilidad del proyecto. A continuación, se detallarán las partes del análisis financiero.

3.1.6.1 Determinación del Precio de Venta

El tacho guardián se venderá a un precio de \$3.50. Este precio de venta se lo determinó por medio del análisis del punto de equilibrio, el cuál esta detallado en el **Apéndice E** y por el precio de venta de los competidores que es de \$5.00.

3.1.6.2 Inversión Inicial y Fuentes de Financiamiento

La inversión inicial del proyecto es de \$9.767,29. El desglose de la información para determinar la inversión inicial se detalla en el **Apéndice F**.

Las fuentes de financiamiento para la inversión inicial serán una entidad bancaria y la organización, cada una de estas fuentes tendrá un porcentaje a cubrir de la inversión.

El financiamiento se hará tanto para los activos fijos como para el capital de trabajo. A continuación, en la Tabla 3.7 y 3.8 se muestra cómo se realizará el financiamiento:

Tabla 3.7. Forma de financiamiento

FUENTES DE FINANCIAMIENTO	MONTO	PARTICIPACIÓN
CAPITAL PROPIO (ACCIONISTAS)	\$ 6.837,11	70%
CAPITAL AJENO (ENTIDAD BANCARIA)	\$ 2.930,19	30%
TOTAL	\$ 9.767,29	

Elaboración Propia

Tabla 3.8. Valores de Financiamiento

VALORES DE FINANCIAMIENTO	
RUBRO	VALOR
ACTIVOS FIJOS	\$ 1.848,25
CAPITAL DE TRABAJO	\$ 1.081,94
TOTAL, FINANCIADO	\$ 2.930,19

Elaboración Propia

3.1.6.3 Flujo de Caja

Se realizó la proyección del flujo de caja en 5 años, este se podrá observar en el **Apéndice F: Análisis Financiero**. Aquí se encontrará los indicadores de rentabilidad del proyecto como el VAN, TIR Y PAYBACK. El resumen de estos valores se pondrá observar en la Tabla 3.9:

Tabla 3.9. Resumen de indicadores de rentabilidad

VAN	\$3.873,32
TIR	34%
PAYBACK (Tiempo de Recuperación)	3 años 5 meses
Tmar	12%

Elaboración Propia

CAPÍTULO 4

4 DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones

- ✓ El diseño de la planta es rentable y sostenible como se demuestra con los indicadores financieros; valor neto presente de \$3.873,32, una tasa interna de retorno del 34% y un tiempo de recuperación de la inversión de 3 años y 5 meses, considerando un precio de venta de \$3,50 por tachos guardián.
- ✓ El proyecto aseguró el abastecimiento de materia prima con la identificación de varios proveedores, debido a que el Hospital genera aproximadamente el 40% del plástico necesitado de 100 Kg/mes para producir 600 tachos guardianes/mes.
- ✓ El proceso productivo está distribuido de acuerdo con una célula de manufactura, que también nos ayudó a balancear la línea a 2 operarios contrastando los tiempos de operación de los operarios con el tiempo que el tachos guardián requiere para ser producido satisfaciendo la demanda diaria (Takt Time) de 14 min/guardián.
- ✓ El sistema de control de producción de la línea de producción es CONWIP; el cual mantiene controlado el nivel de inventario en proceso (WIP) en 2 lotes/hora y solo ingresa una orden a producir si es menor al WIP.
- ✓ La línea de producción se diseñó utilizando equipos de tecnología baja, obteniendo un producto final con estándares de calidad según NTE INEN ajustándose así a la restricción de baja inversión inicial.

4.2 Recomendaciones

- ✓ Implementar un sistema de recolección de materia prima en diferentes instituciones, con el fin de contar con materia prima necesaria para producir los recipientes de desechos peligrosos cortopunzantes.

- ✓ Elaborar manuales de procedimiento del proceso productivo, del uso de las máquinas y manual de seguridad ocupacional. Además, contar con un plan de mantenimiento de las máquinas utilizadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Chapman, S. N. (2006). *Planificación y control de la producción*. Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.
- Chase, R., Jacobs, F., & Aquilano, N. (2009). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. Producción y cadena de suministros*. Mexico: The McGraw-Hill.
- Heizer, J., & Barry, R. (2009). *Principios de administración de operaciones*. Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.
- Hopp, W., & Spearman, M. (2001). *Factory Physics*. New York: McGraw-Hill.
- INEC. (2015). *Desechos peligrosos en establecimientos de Salud*.
- Ministerio de Salud Publica. (2010). Reglamento "Manejo de los desechos infecciosos para la red de servicios de salud en el Ecuador".
- Ministerio de Salud Publica. (s.f.). Guía de transporte de sustancias infecciosas.
- Ministerio del Trabajo. (s.f.). Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente.
- Organización Mundial de la Salud . (s.f.). Manual de manejo de desechos en establecimientos de salud.
- Russell, R. S., & Taylor III, B. W. (2011). *Operations Management. Creating value along the Supply Chain*. United States of America: JOHN WILEY & SONS, INC.
- Sipper, D., & Bulfin Jr., R. (1998). *Planeación y control de producción*. Mexico: McGraw-Hill.

APÉNDICE A

Pronóstico de Demanda de recipientes de desechos peligrosos cortopunzantes

Año	Demanda real	Regresión lineal $y = 498,5x + 4668,7$ $R^2 = 0,8409$		Promedio		Suavización exponencial ($\alpha=0,75$)		Suavización exponencial ($\alpha=0,25$)		Aleatorio N(472,95)	
		Pronostico	Error al cuadrado	Pronostico	Error al cuadrado	Pronostico	Error al cuadrado	Pronostico	Error al cuadrado	Pronostico	Error al cuadrado
2014	5042	5167	15675	5666	388960	5666		5666		5214	29584
2015	5916	5666	62650	5666	62667	5198	515644	5510	165039	6086	28900
2016	6039	6164	15675	5666	139378	5736	91519	5611	182917	5547	242064
2017		6663		5666		5963		5718		5091	
MAD		31333		197002		303581		173978		100183	

Tabla A.1. Pronóstico anual con varios métodos y sus respectivos MAD.

Mes	2014	2015	2016	Promedio 2014-2016	Promedio mensual	Indice de estacional	Pronostico 2017
Enero	424	316	407	383	472	0,810	450
Febrero	580	398	498	492	472	1,042	579
Marzo	395	492	654	513	472	1,087	604
Abril	493	427	576	499	472	1,056	586
Mayo	465	632	502	533	472	1,130	627
Junio	546	555	466	522	472	1,106	614
Julio	447	589	386	474	472	1,004	557
Agosto	427	458	466	451	472	0,954	530
Septiembre	379	507	553	480	472	1,016	564
Octubre	318	486	540	448	472	0,949	527
Noviembre	332	630	490	484	472	1,024	569
Diciembre	236	427	501	388	472	0,821	456

Tabla A.2. Pronóstico mensual utilizando índice de estacionalidad.

APÉNDICE C

PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN (MPS)

Recipiente de desechos corto-punzantes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Pronostico	450	579	604	586	627	614	557	530	564	527	569	456	555
Inventario		45	103	163	222	285	346	402	455	511	564	621	338
MPS	495	637	664	645	690	675	613	583	620	580	626	502	611
MPS(diario)	25	32	33	32	34	34	31	29	31	29	31	25	31

Tabla C.1. Plan maestro de producción de recipientes de desechos peligrosos corto-punzantes

Lote de recipiente de desechos corto-punzantes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Pronostico	225	289	302	293	314	307	279	265	282	263	284	228	278
Inventario		22	51	82	111	142	173	201	227	256	282	310	169
MPS	247	318	332	322	345	338	307	291	310	290	313	251	305
MPS(diario)	12	16	17	16	17	17	15	15	16	14	16	13	15

Tabla C.2. Plan maestro de producción por lotes de dos recipientes de desechos peligrosos corto-punzantes

APÉNDICE D

Sistema de control de producción CONWIP

Hours/day	8
Tiempo productivo (hours/day)	7

Demanda (Unidades/mes)	611
------------------------	-----

Tamaño de Lote(unidades)	2
--------------------------	---

Operaciones	Eliminado	Lavado de botellas	Triturado	Lavado de flake	Secado	Pesado	Compresión	Enfriado	Pintado	Etiquetado
Tiempo de proceso (min/lote)	7,74	1,80	2,70	0,66	0,36	0,74	15,00	10,00	1,32	0,84
Tiempo de proceso (seg/lote)	464,4	108	162	39,6	21,6	44,4	900	600	79,2	50,4
TH (lote/h)	8	33	22	91	167	81	4	6	45	71

Mes	MPS
Enero	495
Febrero	637
Marzo	664
Abril	645
Mayo	690
Junio	675
Julio	613
Agosto	583
Septiembre	620
Octubre	580
Noviembre	626
Diciembre	502

Demanda (lote/día)	15
Demanda (lote/h)	2
Tiempo de proceso (h/lote)	0,686
TH of CCR	4
Número de tarjetas	3
TH del proceso (lote/h)	4
TH del proceso (lote/day)	31

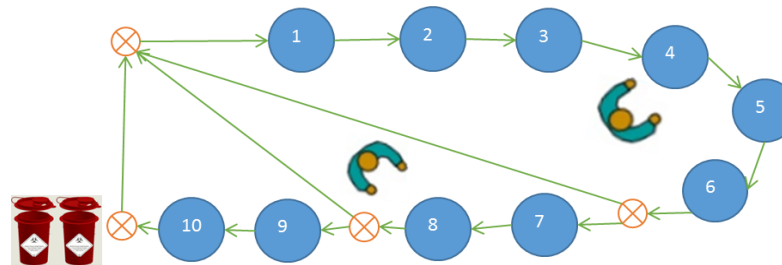


Tabla D.1. Cálculo de número de tarjetas, considerando demanda promedio establecida en el MPS por lotes de guardianes

a) Evaluación del Sistema CONWIP

WIP TOTAL (lote)	WIP POR ESTACIÓN (lote)										TIEMPO DE CICLO POR ESTACIÓN (min)										CT TOTAL (min)	TH (lote/día)	
	Eliminado	Lavado de botellas	Triturado	Lavado de flake	Secado	Pesado	Compresión	Enfriado	Pintado	Etiquetado	Eliminado	Lavado de botellas	Triturado	Lavado de flake	Secado	Pesado	Compresión	Enfriado	Pintado	Etiquetado			
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	-
1	0,188	0,044	0,066	0,016	0,009	0,018	0,364	0,243	0,032	0,020	7,740	1,800	2,700	0,660	0,360	0,740	15,000	10,000	1,320	0,840	41,16	10	
2	0,362	0,074	0,113	0,026	0,014	0,030	0,805	0,489	0,054	0,034	9,195	1,879	2,877	0,671	0,363	0,753	20,466	12,430	1,362	0,857	50,85	17	
3	0,486	0,078	0,124	0,027	0,014	0,030	1,433	0,718	0,056	0,034	12,521	2,018	3,203	0,688	0,368	0,776	36,940	18,506	1,435	0,886	77,34	16	
4	0,495	0,058	0,096	0,019	0,010	0,021	2,391	0,846	0,040	0,024	18,602	2,175	3,601	0,707	0,374	0,799	89,872	31,789	1,515	0,916	150,35	11	
5	0,346	0,029	0,049	0,009	0,005	0,010	3,791	0,730	0,020	0,012	27,808	2,301	3,945	0,720	0,377	0,816	304,755	58,675	1,576	0,939	401,91	5	
6	0,139	0,009	0,015	0,003	0,001	0,003	5,441	0,378	0,006	0,004	37,429	2,367	4,139	0,726	0,379	0,824	1460,171	101,503	1,607	0,950	1610,10	2	

Tabla D.2. Evaluación del sistema de CONWIP

APÉNDICE E

Análisis del Punto de Equilibrio

El análisis del punto de equilibrio se realizó para determinar la cantidad de producto a vender, estableciendo un precio que se encuentre alrededor del costo total unitario del producto; para obtener un margen de seguridad y contribución que aseguren tener una utilidad al final de cierto período. A continuación, se detallará cada uno de los aspectos a tomarse en cuenta para el análisis del punto de equilibrio.

a) Inversión de las máquinas/equipos.

INVERSIONES						
MÁQUINAS/EQUIPOS	CANTIDAD	\$/U	TOTAL (\$)	VIDA ÚTIL (AÑOS)	DEPRECIACIÓN ANUAL	DEPRECIACIÓN MENSUAL
Compresora	1	\$ 269,54	\$ 269,54	10	\$ 26,95	\$ 2,25
Trituradora	1	\$ 469,30	\$ 469,30	10	\$ 46,93	\$ 3,91
Centrífuga	1	\$ 600,00	\$ 600,00	10	\$ 60,00	\$ 5,00
Molde Tacho	2	\$ 500,00	\$ 1.000,00	10	\$ 100,00	\$ 8,33
Molde Tapa	2	\$ 400,00	\$ 800,00	10	\$ 80,00	\$ 6,67
Soplete	1	\$ 92,00	\$ 92,00	10	\$ 9,20	\$ 0,77
Tina	1	\$ 3,00	\$ 3,00	10	\$ 0,30	\$ 0,03
Mesas	5	\$ 100,00	\$ 500,00	10	\$ 50,00	\$ 4,17
Llave	1	\$ 5,00	\$ 5,00	10	\$ 0,50	\$ 0,04
Adecuaciones	1	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	10	\$ 100,00	\$ 8,33
Balanza	1	\$ 20,00	\$ 20,00	10	\$ 2,00	\$ 0,17
TOTAL					\$ 475,88	\$ 39,66

Tabla E.0.1 Detalle de la inversión en maquinarias.

b) Costos Variables y Costos Fijos

COSTOS VARIABLES	Cantidad Total	Unidad	Precio (\$)	\$/U	Cantidad Necesaria	Total (\$)
MATERIA PRIMA						
Pintura	1/4	lit	\$ 3,50	\$ 14,000	0,0125	\$ 0,18
Etiquetas	100	unid	\$ 3,00	\$ 0,030	1	\$ 0,03
Plástico	1	Kg	\$ 0,60	\$ 0,600	0,5	\$ 0,30
					CVu/guardián	\$ 0,51

Tabla E.2. Detalle de los costos variables del producto.

COSTOS FIJOS			
CARGO	CANTIDAD	\$/U	\$/MES
Operador	2	\$ 526,18	\$ 1.052,37
Depreciación	1	\$ 39,66	\$ 39,66
Alquiler	1	\$ 250,00	\$ 250,00
Servicios Básicos	1	\$ 159,54	\$ 159,54
		TOTAL / MES	\$ 1.501,56
		Costos Fijo/guardián	\$ 1,98

Tabla E.3. Detalle de los costos fijos involucrados en el producto.

c) Ingresos Totales

Aquí se podrá observar los ingresos totales por la venta del producto, con una producción diaria de 38 tacho guardián que representa la capacidad diaria productiva de la planta y a un precio de venta de \$3.50.

INGRESOS TOTALES							
Producto	Costo	Margen	Precio de Venta	Producción Diaria	Ingreso Total Diario	Ingreso Total Mensual	Ingreso Total Anual
1 tacho Guardián	\$ 2,49	1,0141	\$ 3,50	38	\$ 132,65	\$ 2.918,37	\$ 35.020,41

Tabla E.4. Detalle de los Ingresos de Venta.

d) Valores del Punto de Equilibrio

Se detallan los valores del punto de equilibrio, donde además se obtiene el margen de seguridad que es de 34% y el margen de contribución de 86%.

CANTIDAD DE EQUILIBRIO Q ANUAL	
PRECIO VENTA X UNIDAD (PVU)	\$ 3,50
COSTO VARIABLE X UNIDAD (CVU)	\$ 0,51
COSTOS FIJOS (CF)	\$ 18.018,69
Punto de equilibrio Anual	6016
Punto de equilibrio Mensual	501
Punto de equilibrio Diario	25

Tabla E.5. Detalle de los valores de producción del punto de equilibrio.

Gracias al análisis del punto de equilibrio tal como se detalló anteriormente involucrándose todos los costos, se obtendrá una utilidad de \$12.408,13 anualmente.

APÉNDICE F

Análisis Financiero

a) Inversión Inicial

RUBROS	\$/UNID	CANTIDAD	TOTAL (\$)
EQUIPOS Y ÚTILES DE OFICINA			
Resma de hojas	\$ 5,00	5	\$ 25,00
Esferos	\$ 0,50	10	\$ 5,00
Teléfono	\$ 30,00	1	\$ 30,00
MUEBLES DE OFICINA			
Escritorio	\$ 150,00	1	\$ 150,00
Sillas	\$ 25,00	2	\$ 50,00
EQUIPOS DE BODEGA			
Perchas	\$ 250,00	2	\$ 500,00
Pallets	\$ 5,00	8	\$ 40,00
EQUIPOS DE PRODUCCIÓN			
Compresora	\$ 269,54	1	\$ 269,54
Trituradora	\$ 469,30	1	\$ 469,30
Centrífuga	\$ 600,00	1	\$ 600,00
Molde Tacho	\$ 500,00	2	\$ 1.000,00
Molde Tapa	\$ 400,00	2	\$ 800,00
Soplete	\$ 92,00	1	\$ 92,00
Tina	\$ 5,00	1	\$ 5,00
Mesas	\$ 100,00	5	\$ 500,00
Llave	\$ 5,00	1	\$ 5,00
Balanza	\$ 20,00	1	\$ 20,00
EQUIPOS DE COMPUTACIÓN			
Computadora	\$ 400,00	1	\$ 400,00
Impresora	\$ 200,00	1	\$ 200,00
TERRENO Y EDIFICIOS			
Compra de terreno	\$ -	1	\$ -
Construcción	\$ 1.000,00	1	\$ 1.000,00
TOTAL, ACTIVOS FIJOS			\$ 6.160,84

Tabla F.1. Detalle de los rubros de Activos Fijos

CAPITAL DE TRABAJO			
Constitución de la empresa	\$ 1.395,92	1	\$ 1.395,92
Capital para materia prima (2 mes)	\$ 543,28	1	\$ 543,28
Salario 2 mes de producción	\$ 833,63	2	\$ 1.667,25
TOTAL, CAPITAL DE TRABAJO			\$ 3.606,45

Tabla F.2. Detalle de los rubros de Capital de Trabajo

b) Amortización

CAPITAL DE TRABAJO				
	Monto	\$ 1.081,94		
	Tasa anual	9,75%		
	Plazo	3 años		
	Capitalización	Trimestral		
	Tasa efectiva	2,44%		
PERIODO	SALDO	CAPITAL	INTERÉS	PAGO
1	\$ 1.081,94	\$ 90,16	\$ 26,37	\$ 116,53
2	\$ 991,77	\$ 90,16	\$ 24,17	\$ 114,34
3	\$ 901,61	\$ 90,16	\$ 21,98	\$ 112,14
4	\$ 811,45	\$ 90,16	\$ 19,78	\$ 109,94
5	\$ 721,29	\$ 90,16	\$ 17,58	\$ 107,74
6	\$ 631,13	\$ 90,16	\$ 15,38	\$ 105,55
7	\$ 540,97	\$ 90,16	\$ 13,19	\$ 103,35
8	\$ 450,81	\$ 90,16	\$ 10,99	\$ 101,15
9	\$ 360,65	\$ 90,16	\$ 8,79	\$ 98,95
10	\$ 270,48	\$ 90,16	\$ 6,59	\$ 96,75
11	\$ 180,32	\$ 90,16	\$ 4,40	\$ 94,56
12	\$ 90,16	\$ 90,16	\$ 2,20	\$ 92,36

CAPITAL DE TRABAJO				
	Monto	\$ 1.081,94		
	Tasa anual	9,75%		
	Plazo	3 años		
	Capitalización	Trimestral		
	Tasa trimestral	2,44%		
	Tasa efectiva anual	10,11%		
PERIODO	SALDO	CAPITAL	INTERÉS	PAGO
1	\$ 1.081,94	\$ 360,65	\$ 109,41	\$ 470,05
2	\$ 721,29	\$ 360,65	\$ 72,94	\$ 433,58
3	\$ 360,65	\$ 360,65	\$ 36,47	\$ 397,11

Tabla F.3. Amortización del Capital de Trabajo

ACTIVOS FIJOS	
Monto	\$ 1.848,25
Tasa anual	11,05%

ACTIVOS FIJOS	
Monto	\$ 1.848,25
Tasa anual	11,05%

	Plazo	5 años		
	Capitalización	Trimestral		
	Tasa efectiva	2,76%		
PERIODO	SALDO	CAPITAL	INTERÉS	PAGO
1	\$ 1.848,25	\$ 92,41	\$ 51,06	\$ 143,47
2	\$ 1.755,84	\$ 92,41	\$ 48,51	\$ 140,92
3	\$ 1.663,43	\$ 92,41	\$ 45,95	\$ 138,36
4	\$ 1.571,01	\$ 92,41	\$ 43,40	\$ 135,81
5	\$ 1.478,60	\$ 92,41	\$ 40,85	\$ 133,26
6	\$ 1.386,19	\$ 92,41	\$ 38,29	\$ 130,71
7	\$ 1.293,78	\$ 92,41	\$ 35,74	\$ 128,15
8	\$ 1.201,36	\$ 92,41	\$ 33,19	\$ 125,60
9	\$ 1.108,95	\$ 92,41	\$ 30,63	\$ 123,05
10	\$ 1.016,54	\$ 92,41	\$ 28,08	\$ 120,49
11	\$ 924,13	\$ 92,41	\$ 25,53	\$ 117,94
12	\$ 831,71	\$ 92,41	\$ 22,98	\$ 115,39
13	\$ 739,30	\$ 92,41	\$ 20,42	\$ 112,84
14	\$ 646,89	\$ 92,41	\$ 17,87	\$ 110,28
15	\$ 554,48	\$ 92,41	\$ 15,32	\$ 107,73
16	\$ 462,06	\$ 92,41	\$ 12,76	\$ 105,18
17	\$ 369,65	\$ 92,41	\$ 10,21	\$ 102,62
18	\$ 277,24	\$ 92,41	\$ 7,66	\$ 100,07
19	\$ 184,83	\$ 92,41	\$ 5,11	\$ 97,52
20	\$ 92,41	\$ 92,41	\$ 2,55	\$ 94,97

	Plazo	5 años		
	Capitalización	Trimestral		
	Tasa trimestral	2,76%		
	Tasa efectiva anual	11,52%		
PERIODO	SALDO	CAPITAL	INTERÉS	PAGO
1	\$ 1.848,25	\$ 369,65	\$ 212,85	\$ 582,50
2	\$ 1.478,60	\$ 369,65	\$ 170,28	\$ 539,93
3	\$ 1.108,95	\$ 369,65	\$ 127,71	\$ 497,36
4	\$ 739,30	\$ 369,65	\$ 85,14	\$ 454,79
5	\$ 369,65	\$ 369,65	\$ 42,57	\$ 412,22

Tabla F.4. Amortización de Activos Fijos

c) Depreciación de Máquinas/Equipos

Rubro/Equipos	Inversión	Cantidad	Vida útil (años)	Valor de Salvamento	Depreciación anual
MUEBLES DE OFICINA					
Escritorio	\$ 150,00	1	5	\$ 22,50	\$ 25,50
Sillas	\$ 25,00	2	5	\$ 3,75	\$ 8,50
EQUIPOS DE BODEGA					
Perchas	\$ 250,00	2	5	\$ 37,50	\$ 85,00
Pallets	\$ 5,00	8	5	\$ 0,75	\$ 6,80
EQUIPOS DE PRODUCCIÓN					
Compresora	\$ 269,54	1	10	\$ 40,43	\$ 22,91
Trituradora	\$ 469,30	1	10	\$ 70,40	\$ 39,89
Centrífuga	\$ 600,00	1	10	\$ 90,00	\$ 51,00
Molde Tacho	\$ 500,00	2	10	\$ 75,00	\$ 85,00
Molde Tapa	\$ 400,00	2	10	\$ 60,00	\$ 68,00
Soplete	\$ 92,00	1	10	\$ 13,80	\$ 7,82
Tina	\$ 5,00	1	10	\$ 0,75	\$ 0,43
Mesas	\$ 100,00	5	10	\$ 15,00	\$ 42,50
Llave	\$ 5,00	1	10	\$ 0,75	\$ 0,43
Balanza	\$ 20,00	1	10	\$ 3,00	\$ 1,70
TERRENO Y EDIFICIOS					
Construcción	\$ 1.000,00	1	20	\$ 150,00	\$ 42,50
EQUIPOS DE COMPUTACIÓN					
Computadora	\$ 400,00	1	3	\$ 60,00	\$ 113,33
Impresora	\$ 200,00	1	3	\$ 30,00	\$ 56,67

Tabla F.5. Detalle de la depreciación de equipos

d) Gastos Operativos, Administrativos.

NÓMINA								
Cargo	Cantidad	Sueldo Mensual	Décimo tercero	Décimo cuarto	Vacaciones	Fondos de Reserva	Aportación patronal (11,15%)	Sueldo anual
Operarios	2	\$ 375,00	\$ 375,00	\$ 250,00	\$ 187,50	\$ 374,88	\$ 41,81	\$ 12.378,26
Administrador	1	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 12,50	\$ 24,96	\$ 2,79	\$ 420,91
Venta	4	\$ 4,00						\$ 192,00
Alquiler	1	\$ 175,00						\$ 2.100,00
Guardian	1	\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 250,00	\$ 200,00	\$ 374,88	\$ 44,60	\$ 6.560,08

Tabla F.6. Detalle de salarios del personal

e) Gastos de Materia Prima

Materia Prima	Cantidad anual	Costo unitario	Total anual
Pintura	113	\$ 0,18	\$ 19,69
Etiquetas	9000	\$ 0,06	\$ 540,00
Plástico	4500	\$ 0,60	\$ 2.700,00
			\$ 3.259,69

Tabla F.7. Detalle de los gastos de materia prima

f) Flujo de Caja

CONCEPTO	0	1	2	3	4	5
Ingresos por Venta		\$ 32.473,35	\$ 33.476,78	\$ 34.511,21	\$ 35.577,61	\$ 36.676,95
Costos Fijos		\$ 23.261,33	\$ 23.980,10	\$ 24.721,09	\$ 25.484,97	\$ 26.272,46
Costos Variables		\$ 3.259,69	\$ 3.360,41	\$ 3.360,41	\$ 3.360,41	\$ 3.360,41
Gastos Administrativos		\$ 420,91	\$ 433,92	\$ 447,32	\$ 461,15	\$ 475,40
Gastos de Venta		\$ 192,00	\$ 197,93	\$ 204,05	\$ 210,35	\$ 216,85
Intereses		\$ 322,26	\$ 243,22	\$ 164,18	\$ 85,14	\$ 42,57
Depreciación		\$ 657,97	\$ 678,30	\$ 699,26	\$ 551,14	\$ 568,17
Utilidad Antes de Impuesto		\$ 4.359,19	\$ 4.582,89	\$ 4.914,89	\$ 5.424,44	\$ 5.741,10
Impuesto a la Renta (25%)		\$ 959,02	\$ 1.008,24	\$ 1.081,28	\$ 1.193,38	\$ 1.263,04
Participación de Empleados (15%)		\$ 653,88	\$ 687,43	\$ 737,23	\$ 813,67	\$ 861,16
Utilidad Después de Impuestos		\$ 2.746,29	\$ 2.887,22	\$ 3.096,38	\$ 3.417,40	\$ 3.616,89
Depreciación		\$ 657,97	\$ 678,30	\$ 699,26	\$ 551,14	\$ 568,17
Inversión Activos Fijos	\$ -6.160,84					
Inversión en Capital de Trabajo	\$ -3.606,45					
Préstamo	\$ 2.930,19					
Amortización de la Deuda	\$ -	\$ -730,30	\$ -730,30	\$ -730,30	\$ -369,65	\$ -369,65
Flujo Neto de Efectivo	\$ (6.837,11)	\$ 2.673,97	\$ 2.835,23	\$ 3.065,35	\$ 3.598,89	\$ 3.815,41
Acumulado	\$ (6.837,11)	\$ (4.163,14)	\$ (1.327,91)	\$ 1.737,44	\$ 5.336,33	\$ 9.151,74

Valor Actual Neto (VPN)	\$ 3.873,32
Tasa Interna de Retorno (TIR)	34%

Tabla F.8. Detalle del Flujo de Caja