



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**  
**COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

**Expansión de nuevos horizontes. Elaboración de Estimación de  
Pronóstico de Demanda, Balanceo de Producción y Layout para  
la nueva línea de producción de municiones calibre 5,56 y 9  
milímetros en la empresa Santa Bárbara E.P.**

**Marco Antonio Cuvero Calero**

**Diego Guilcapi MSc., Director de Tesis**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de  
Ingeniero Industrial

Quito, Enero 2014

**Universidad San Francisco de Quito**  
**Colegio de Ciencias e Ingeniería**  
**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**Expansión de nuevos horizontes. Elaboración de Estimación de  
Pronóstico de Demanda, Balanceo de Producción y Layout para  
la nueva línea de producción de municiones calibre 5,56 y 9  
milímetros en la empresa Santa Bárbara E.P.**

**Marco Antonio Cuvero Calero**

Diego Guilcapi, MSc.  
Director de Tesis

.....

Cristina Camacho, MSc.  
Miembro del Comité de Tesis

.....

Danny Navarrete, MSc.  
Miembro del Comité de Tesis

.....

Ximena Córdova, PhD.  
Decana Escuela de Ingeniería  
Colegio Politécnico

.....

Quito, Enero 2014

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

-----

Nombre: Marco Antonio Cuvero Calero

C. I: 1716799810

Fecha: Quito, Enero 2014

## **AGRADECIMIENTOS**

El presente proyecto de tesis está dedicado a mi familia, quienes siempre me brindaron su apoyo y a mis amigos quienes me dieron su soporte para terminar el proyecto. También, agradezco muy sinceramente a mi director de tesis, Diego Guilcapi, quien fue guía y soporte durante la elaboración del mismo.

## RESUMEN

El presente proyecto de tesis nace de la necesidad de la Empresa Santa Bárbara E.P. de expandir su actual línea de ensamblaje de municiones en una línea de producción y de trasladar sus instalaciones a terrenos de área industrial para reducir costos operativos y mejorar la capacidad. En primer lugar, se realizó un análisis de la demanda y levantamiento de procesos para determinar las necesidades que debe suplir el nuevo proceso. Después, se elaboró un escenario de requerimiento en un periodo de cinco años utilizando el método Delphi. Posteriormente, se realizó un balanceo de producción de máquinas y un Plan Agregado de Producción que permita determinar si la línea de producción puede suplir un escenario de demanda exigente establecido. Consecutivamente, se determinó una medición cualitativa y cuantitativa de flujo entre las áreas de la empresa y las áreas de operación requeridas, para definir distribuciones de planta que disminuyan costos y optimicen el flujo. Finalmente se desarrolló un análisis económico que permita determinar los beneficios de implementación del nuevo proyecto, además de establecer normas de seguridad industrial para salvaguardar la integridad de los trabajadores en la nueva planta.

## **ABSTRACT**

This thesis project stems from the need of Santa Barbara E.P. to expand its current line of ammunition in assembly line production, and to move their facilities to land in industrial area to reduce operating costs and improve capacity. First, I conducted a demand analysis and survey process to determine the needs that must meet the new process. Then, I created a requirement scenario over a period of five years using the Delphi method. Subsequently, I perform a line balancing and Aggregate Production for testing the production capabilities of the production line in an aggressive demand scenario. Consecutively, I determined a qualitative and quantitative measurement of flow between business areas and areas of operation required, to define plant distributions that decrease costs and optimize the flow. Finally, I developed an economic analysis to determine the benefits of implementing the new project, and sets industrial safety standards to safeguard the integrity of the workers at the new plant.

## TABLA DE CONTENIDOS

Resumen.....	6
Abstract.....	7
1. CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	25
1.1. Antecedentes .....	27
1.2. Misión.....	27
1.3. Visión .....	28
1.4. Justificación del proyecto .....	28
1.5. Objetivos .....	29
1.5.1. Objetivo General .....	29
1.5.2. Objetivos Específicos .....	29
1.5.3. Metas y Actividades.....	31
1.5.4. Alcance.....	34
2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN LITERARIA .....	35
2.1. Marco Teórico .....	35
2.1.1. Herramientas para el levantamiento de información. ....	35
2.1.1.1. Diagrama de Pareto .....	35
2.1.1.2. Diagrama de Pescado.....	36
2.1.1.3. Diagramas de proceso .....	37
2.1.1.4. Metodología PERT y CPM .....	38
2.1.2. Método Delphi .....	39
2.1.3. Interpolación.....	39
2.1.4. Planes agregados de producción .....	40
2.1.4.1. Modelo Simple de Producción lineal con costo de inventario.....	40



2.1.4.2.	Modelo de Producción lineal: Cambiando la Fuerza de Trabajo.....	42
2.1.5.	Depreciación método de la línea recta .....	45
2.1.6.	Balanceo de líneas de producción .....	45
2.1.7.	Proceso de planificación sistemática de la disposición (SLP) de Muther48	
2.1.7.1.	Relaciones entre departamentos .....	49
2.1.7.2.	Planificación Departamental.....	50
2.1.7.3.	Las Celdas de Fabricación.....	51
2.1.7.4.	Metodología de agrupamiento.....	52
2.1.8.	Relaciones de las actividades .....	52
2.1.8.1.	Proceso de flujo .....	53
2.1.8.2.	Sistema de administración de partes .....	53
2.1.9.	Patrones de flujo. ....	53
2.1.9.1.	Flujo dentro de las estaciones de trabajo.....	54
2.1.9.2.	Flujo dentro de los departamentos.....	54
2.1.9.3.	Medición del Flujo .....	54
2.1.10.	Diagrama de relaciones .....	57
2.1.11.	Requerimientos de espacio para estaciones .....	58
2.1.12.	Planificación del espacio de almacenamiento.....	59
2.1.12.1.	Operaciones de Almacenamiento .....	59
2.1.13.	Estacionamientos.....	60
2.1.14.	Espacio de recepción y embarque .....	60
2.1.15.	Baños.....	62

2.1.16.	Medición de distancias.....	62
2.1.17.	Diagrama Espagueti.....	63
2.1.18.	Evaluación de Layouts .....	64
2.1.18.1.	Basado en las distancias .....	64
2.1.18.2.	Basado en las adyacencia .....	65
2.1.19.	Seguridad Industrial .....	66
2.1.19.1.	Salud.....	66
2.1.19.2.	Daño .....	66
2.1.19.3.	Peligro.....	66
2.1.20.	Riesgo.....	67
2.1.21.	Señalización.....	67
2.1.21.1.	Señal en forma de Panel.....	67
2.1.21.2.	Delimitación de zonas de riesgo .....	71
2.1.22.	Protección Contra incendios .....	74
2.1.22.1.	Extintores de incendio.....	74
2.1.22.2.	Gabinetes contra incendios.....	78
2.1.22.3.	Sistemas de detección de incendios .....	79
2.1.23.	Vías de evacuación.....	79
2.1.23.1.	Origen de la evacuación .....	79
2.1.23.2.	Recorridos de evacuación.....	80
2.1.23.3.	Recinto.....	80
2.1.23.4.	Salida del edificio .....	80
2.1.23.5.	Espacio Exterior Seguro .....	80
2.1.24.	Equipos de Protección Individual .....	81

2.1.25.	Análisis Económico y Valoración de Costos .....	81
2.1.25.1.	Factores de Pago Único (F/P Y P/F).....	81
2.1.25.2.	Análisis Beneficio/Costo.....	82
2.2.	Revisión Literaria.....	84
2.2.1.	Problema de Layout de las instalaciones, un estado del arte.....	84
2.2.2.	Caso de estudio implementación de lean con layout celular.....	85
2.2.3.	Un algoritmo heurístico de flujo para la formación de celdas de producción y diseño de layout. ....	86
2.2.4.	Diseño de Plantas Flexibles de Layout.....	86
2.2.5.	Diseño del campamento base, selección del lugar y diseño del layout de la planta.....	87
2.2.6.	Diseños de planta de la siguiente generación.....	88
2.2.7.	Manual de procesos para la fabricación de cartuchos calibre 5,56 mm en la fábrica de municiones del ejército de Guatemala.....	88
2.2.8.	Propuesta rediseño de Layout y mejoramiento de flujo de materiales en el área de producción de la empresa de calzado FAME S.A.	89
2.2.9.	Propuesta del diseño de las instalaciones de la Industria Harinera S.A. para su nueva ubicación en el Parque Industrial de Quito en el sector Turubamba.....	90
2.2.10.	Diseño de una planta para el mantenimiento de los vehículos de la Policía Nacional del Ecuador asignados a la provincia de Pichincha.....	91
3.	CAPITULO III: ANÁLISIS DEL PROBLEMA .....	92
3.1.	Determinación de los productos más importantes. ....	92
3.2.	Cadena de Valor de la empresa.....	94

3.3.	Lista Maestra de procesos .....	95
3.4.	Determinación de celdas de manufactura .....	103
3.5.	Área actual de la empresa .....	108
4.	CAPITULO IV: DEMANDA Y SISTEMA DE PRODUCCIÓN .....	109
4.1.	Análisis de la demanda. ....	109
4.2.	Método Delphi .....	110
4.3.	Planificación de producción.....	115
4.3.1.	Identificación tiempos de producción.....	115
4.3.2.	Balanceo de la línea de producción .....	119
4.4.	Plan Agregado de Producción.....	127
5.	CAPITULO V: DETERMINACIÓN DE FLUJOS Y ESPACIOS .....	141
5.1.	Medición del flujo.....	141
5.1.1.	Carga unitaria transportada en montacargas .....	141
5.1.2.	Carga unitaria transportada por el personal .....	149
5.2.	Flujos de materia prima y productos .....	150
5.2.1.	Flujos entre edificios.....	150
5.2.2.	Flujos entre estaciones de trabajo.....	157
5.3.	Relaciones entre departamentos .....	161
5.3.1.	Relación entre edificios. ....	161
5.3.2.	Relación entre estaciones de trabajo .....	163
5.4.	Diagrama de relaciones .....	166
5.4.1.	Entre las áreas de la empresa.....	166
5.4.2.	Relaciones en el taller de municiones .....	169

5.5.	Requerimientos de espacio .....	171
5.5.1.	Taller de municiones .....	171
5.5.2.	Bodega General y polvorín de la empresa .....	175
6.	CAPITULO VI: DISEÑO DEL LAYOUT.....	178
6.1.	Disposición de las Áreas .....	178
6.1.1.	Disposición del Taller de municiones. ....	178
6.1.2.	Disposición general empresa Santa Bárbara E.P. ....	181
6.2.	Análisis de eficiencia de layouts propuestos .....	184
6.2.1.	Medición de distancias. ....	184
6.2.2.	Determinación Matriz de Costos .....	188
6.2.3.	Evaluación de Layouts Propuestos .....	190
7.	CAPITULO VII: SEGURIDAD INDUSTRIAL.....	199
7.1.	Señalización.....	199
7.1.1.	Determinación de paneles de seguridad y áreas .....	199
7.2.	Protección Contra incendios .....	201
7.2.1.	Extintores de incendio .....	201
7.2.2.	Ubicación de los Gabinetes de incendio.....	203
7.2.3.	Sistemas de detección de incendios .....	206
7.3.	Equipos de Protección Individual .....	207
7.4.	Vías de evacuación .....	209
8.	CAPITULO VIII: ANÁLISIS ECONÓMICO .....	211
8.1.	Estimación de costos .....	211
8.1.1.	Infraestructura .....	211

8.1.2. Inmuebles.....	212
8.1.3. Costos de Seguridad Industrial .....	215
8.1.4. Costos de Operación.....	217
8.2. Análisis de Viabilidad del Proyecto.....	218
8.2.1. Flujos de efectivo del Sistema de Producción .....	218
8.2.2. Análisis Económico del Proyecto .....	221
9. CAPITULO IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	224
9.1. Conclusiones.....	224
9.2. Recomendaciones.....	226
10. BIBLIOGRAFÍA.....	228
11. ANEXOS.....	233

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1: Diagrama de Pareto.....	35
Figura 2-2: Diagrama causa efecto.....	36
Figura 2-3: Diagrama de flujo restaurante Zavalita.....	37
Figura 2-4: Red de proyecto.....	38
Figura 2-5: Diagrama de precedencia.....	46
Figura 2-6: Procedimiento de planificación sistemática de la disposición (SLP) .....	49
Figura 2-7: Clasificación de la disposición por volumen – variedad .....	51
Figura 2-8: Diagrama de relaciones .....	57
Figura 2-9: Diagrama de relación de espacio.....	58
Figura 2-10: Diagrama de Espagueti.....	64
Figura 2-11: Señales de Advertencia.....	68
Figura 2-12: Señales de Prohibición.....	69
Figura 2-13: Señales de Obligación.....	69
Figura 2-14: Señales relativas a los equipos contra incendios.....	70
Figura 2-15: Señales de salvamento y socorro.....	71
Figura 2-16: Señalización estaciones de trabajo.....	72
Figura 2-17: Anchuras de pasillos para la circulación de personal y vehículos.....	72
Figura 2-18: Ángulos de curva para la circulación de vehículos.....	73
Figura 2-19: Componentes del Gabinete contra incendios.....	78
Figura 3-1: Diagrama de Pareto producción del año 2012.....	92
Figura 3-2: Diagrama de causa y efecto para la producción de municiones.....	94
Figura 3-3: Cadena de Valor de la Empresa Santa Bárbara.....	95
Figura 3-4: Diagrama de flujo proceso armas y municiones.....	102
Figura 4-1: Venta de municiones entre los años 2006 y 2011.....	109
Figura 4-19: Red de actividades del proceso de producción de municiones.....	118
Figura 4-20: Diagrama de precedencia de actividades.....	122

Figura 4-21: Diagrama de flujo proceso de balanceo de líneas de producción.....	123
Figura 4-22: Distribución de actividades en las estaciones.....	125
Figura 4-23: Diagrama de precedencia, línea de ensamblaje.....	126
Figura 5-1: Compilación de cajas en pallet.....	141
Figura 5-2: Contenedor de pólvora munición de fuego central.....	142
Figura 5-3: Apilamiento de cajas de vainas y balas en pallet.....	142
Figura 5-4: Descripción de producto en bodega.....	143
Figura 5-5: Descripción de producto en bodega.....	144
Figura 5-6: Componentes de las municiones.....	145
Figura 5-7: Diagrama de Relaciones entre áreas.....	166
Figura 5-8: Diagrama de Relaciones de espacio.....	167
Figura 5-9: Diagrama de Relaciones de espacio con flujos de material.....	169
Figura 5-10: Diagrama de Relaciones entre estaciones.....	170
Figura 6-1: Propuesta de distribución inicial de máquinas.....	179
Figura 6-2: Propuesta de distribución de las estaciones de trabajo.....	180
Figura 6-3: Propuesta distribución inicial de edificios empresa Santa Bárbara E.P.....	181
Figura 6-4: Propuesta distribución de edificios empresa Santa Bárbara E.P.....	183
Figura 6-5: Ejemplo identificación de centroide.....	185
Figura 7-1: Distribución de gabinetes de incendio edificios.....	204
Figura 7-2: Distribución de gabinetes de incendio en el polvorín.....	204



## LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1. Tabla desde-hacia.....	55
Tabla 2-2. Tabla de relaciones.....	56
Tabla 2-3. Código tabla de relaciones.....	56
Tabla 2-4. Ponderación cualitativa de valor y cercanía tabla de relaciones.....	57
Tabla 2-5. Porcentaje de área requerido para pasillos.....	59
Tabla 2-6. Anchuras de pasillos recomendadas.....	59
Tabla 2-7. Requerimientos de espacio para plataformas de 90°.....	61
Tabla 2-8. Holguras mínimas para maniobra en áreas de recepción y embarque.....	61
Tabla 2-9. Requerimientos de instalaciones sanitarias.....	62
Tabla 2-10. Distancias mínimas del observador.....	71
Tabla 2-11. Relación superficie de piso con aplicación.....	74
Tabla 2-12: Clases de incendio y medios apropiados de extinción.....	75
Tabla 2-13: Agentes Extintores y su adecuación a las distintas clases de fuego.....	76
Tabla 2-14: Tamaño y localización de extintores tipo A.....	77
Tabla 2-15: Tamaño y localización de extintores tipo B.....	77
Tabla 2-16: Componentes del gabinete contra incendios.....	78
Tabla 3-1: Lista Maestra de Procesos de la empresa Santa Bárbara.....	96
Tabla 3-2: Matriz producto – tarea de proceso.....	103
Tabla 3-3: Enumeración de productos y tareas del área de municiones.....	104
Tabla 3-4: Primer paso metodología DLC.....	104
Tabla 3-5: Pasos dos y tres de la metodología DLC.....	105
Tabla 3-6: Cuarto paso metodología DLC, formación de celdas.....	106
Tabla 3-7: Cuarto paso metodología DLC, formación con procesos duplicados.....	107
Tabla 3-8: Áreas actuales de la empresa.....	108
Tabla 4-1: Respuestas obtenidas utilizando el método Delphi.....	111

Tabla 4-2: Respuestas obtenidas utilizando el método Delphi.....	114
Tabla 4-23: Tiempos de producción de cada actividad. ....	116
Tabla 4-24: Trayectorias y duración en segundos.....	118
Tabla 4-28: Balanceo de la línea de producción, tiempo de ciclo de 1 segundo. ....	124
Tabla 4-29: Balanceo línea de ensamblaje, tiempo de ciclo de 0,75 segundos. ....	126
Tabla 4-30: Cronograma producción municiones calibre 5,56 milímetros.....	138
Tabla 4-32: Matriz de costos de producción y de acarrear inventario. ....	140
Tabla 5-1: Pesos y unidades transportadas y abastecidas en cargas unitarias. ....	145
Tabla 5-2: Consumo de combustible, lubricantes y grasas. ....	147
Tabla 5-3: Flujo entre la bodega y el área de municiones en el mes de Marzo.....	151
Tabla 5-4: Flujo entre el taller de municiones y laboratorio balístico. ....	153
Tabla 5-5: Tabla inicial desde - hacia.....	155
Tabla 5-6: Matriz flujo-entre de la empresa Santa Bárbara E.P. ....	156
Tabla 5-7: Flujos de materiales entre estaciones.....	158
Tabla 5-8: Cargas unitarias calculadas para los flujos entre estaciones de trabajo. ....	160
Tabla 5-9: Tabla desde – hacia, flujo de materiales en el taller de municiones. ....	161
Tabla 5-10: Tabla de relaciones de la nueva planta.....	162
Tabla 5-11: Límites tabla de relaciones.....	164
Tabla 5-12: Tabla de relaciones taller de municiones. ....	165
Tabla 5-13: Distancias requeridas por operario en la estación de trabajo.....	172
Tabla 5-14: Número requerido de cargas unitarias. ....	173
Tabla 5-15: Área requerida por el montacargas.....	174
Tabla 5-16: Calculo de áreas requeridas para la bodega y despacho. ....	174
Tabla 5-17: Calculo de área requerida para la bodega general y polvorín.....	176
Tabla 5-19: Áreas propuestas para el diseño de la nueva planta.....	177
Tabla 6-1: Anchos de pasillo para sentido de circulación único y doble.....	178

Tabla 6-2: Matriz de distancias entre estaciones de trabajo. ....	186
Tabla 6-3: Matriz de distancias entre edificios de la empresa Santa Bárbara E.P. ....	187
Tabla 6-4: Matriz de costos entre estaciones de trabajo. ....	188
Tabla 6-5: Matriz de costos entre Áreas de la empresa Santa Bárbara E.P. ....	189
Tabla 6-6: Matriz de adyacencias entre estaciones. ....	191
Tabla 6-7: Matriz de adyacencias edificios de la empresa Santa Bárbara E.P. ....	192
Tabla 6-8: Escala ordinal tabla de relaciones. ....	193
Tabla 6-9: Matriz flujo-entre modificada de la empresa Santa Bárbara E.P. ....	194
Tabla 6-10: Indicadores de calificación de distancia, adyacencia y eficiencia para las propuestas de layout establecidas. ....	194
Tabla 6-10: Tiempo libre de estaciones, transporte múltiple de cargas unitarias. ....	196
Tabla 7-1: Número de paneles requeridos. ....	200
Tabla 7-2: Clasificación de riesgo de incendio. ....	201
Tabla 7-3: Número de gabinetes requeridos para la propuesta de layout. ....	205
Tabla 7-4: Estimación de componentes, sistema de alarmas contra incendios. ....	206
Tabla 7-5: Equipos de protección individual requeridos por la empresa ....	208
Tabla 7-6: Distancias Máximas posibles a una salida de incendios. ....	209
Tabla 8-1: Costo total infraestructura para el layout propuesto. ....	212
Tabla 8-2: Costo total de inmuebles y maquinaria. ....	214
Tabla 8-3: Costos de equipos de protección individual. ....	215
Tabla 8-4: Costos de Seguridad Industrial. ....	216
Tabla 8-5: Costos Servicios Básicos. ....	217
Tabla 8-8: Inversión inicial para la construcción de la nueva planta. ....	221
Tabla 8-10: Flujos de efectivo trasladados al periodo cero. ....	222
Tabla 8-11: Calculo indicador Beneficio / Costo. ....	222

## LISTA DE ECUACIONES

Interpolación (2.1.3.1).....	39
Función objetivo, método simple de producción lineal (2.1.4.1.1).....	41
Restricción de capacidad (2.1.4.1.2).....	41
Restricción ordenes entregadas a tiempo (2.1.4.1.3).....	41
Minimizar costos de trabajos manuales, costos de producción, inventario, costo de faltantes y costo de cambiar fuerza la fuerza de trabajo (2.1.7.4.1).....	43
Nivel de inventario al final del periodo t (2.1.4.2.2).....	44
Tasa de incremento y disminución de la fuerza de trabajo (2.1.4.2.3).....	44
Trabajo en sobretiempo menos horas extra (2.1.4.2.4).....	44
Restricción de no negatividad (2.1.4.2.5).....	44
Depreciación método de la línea recta (2.1.5.1).....	45
Tasa de producción (2.1.6.1).....	45
Tiempo de ciclo (2.1.6.2).....	46
Número mínimo de estaciones (2.1.6.3).....	46
Porcentaje de tiempo inactivo (2.1.6.4).....	47
Eficiencia (2.1.6.5).....	47
Distancia euclidiana (2.1.16.1).....	63
Distancia rectilínea (2.1.16.2).....	63
Objetivo basado en las distancias (2.1.18.1.1).....	65
Objetivo basado en las adyacencias (2.1.18.2.1).....	65
Calificación de adyacencia normalizada (2.1.18.2.2).....	65
Calificación de adyacencia normalizada modificada (2.1.18.2.3).....	66
Valor futuro dado un valor presente (2.1.25.1.1).....	82
Valor presente dado un valor futuro (2.1.25.1.2).....	82

Análisis beneficio/Costo (2.1.25.3.1).....	82
Cálculo tiempo de la actividad con relación a la capacidad (4.3.1.1).....	115
Tiempo actividad (4.3.1.2).....	117
Tiempo actividad A (4.3.1.3).....	117
Tiempo actividad $\beta$ (4.3.1.4).....	117
Tiempo actividad $\gamma$ (4.3.1.5).....	117
Tiempo de ciclo máximo munición calibre 9 milímetros (4.3.3.1).....	119
Tiempo de ciclo máximo munición calibre 5,56 milímetros (4.3.3.2).....	120
Tiempo de ciclo requerido munición calibre 9 milímetros (4.3.3.3).....	120
Tiempo de ciclo requerido munición calibre 5,56 milímetros (4.3.3.4).....	120
Tasa máxima de producción munición calibre 9 milímetros (4.3.3.5).....	121
Tasa máxima de producción munición calibre 5,56 milímetros (4.3.3.6).....	121
Número mínimo de estaciones munición calibre 9 milímetros (4.3.3.7).....	122
Número mínimo de estaciones munición calibre 5,56 milímetros (4.3.3.8).....	122
Porcentaje de tiempo desocupado línea de producción (4.3.3.9).....	125
Eficiencia de la línea de producción (4.3.3.10).....	125
Porcentaje de tiempo desocupado línea de ensamblaje (4.3.3.11).....	126
Eficiencia de la línea de ensamblaje (4.3.3.12).....	127
Función objetivo plan de desagregación (4.4.1).....	128
Restricción de capacidad (4.4.2).....	129
Capacidad jornada regular munición calibre 9 milímetros (4.4.3).....	131
Capacidad jornada suplementaria munición calibre 9 milímetros (4.4.4).....	131
Capacidad jornada regular munición calibre 5,56 milímetros (4.4.5).....	131
Capacidad jornada suplementaria munición calibre 5,56 milímetros (4.4.6).....	132

Costo mano de obra directo por munición (4.4.7).....	132
Costo materiales indirectos (4.4.8).....	133
Tasa capitalización mensual (4.4.9).....	133
Costo oportunidad montacargas por munición (4.4.10).....	134
Costo oportunidad montacargas por munición calibre 9 milímetros (4.4.11)....	134
Costo oportunidad montacargas por munición calibre 5,56 mm (4.4.12).....	134
Costo oportunidad de venta por munición (4.4.13).....	134
Costo oportunidad de venta por munición calibre 9 milímetros (4.4.14).....	134
Costo oportunidad de venta por munición calibre 5,56 milímetros (4.4.15).....	134
Días de producción requeridos (4.4.16).....	135
Capacidad Restringida (4.4.17).....	135
Capacidad restringida munición calibre 9 milímetros ( $B_2,t$ ) (4.4.18).....	135
Capacidad restringida munición calibre 5,56 milímetros ( $B_1,t$ ) (4.4.19).....	136
Municiones disponibles en el periodo t (4.4.20).....	136
Municiones restantes al final del periodo t (4.4.21).....	136
Inventario (4.4.22).....	136
Restricción de demanda (4.4.23).....	136
Munición producida en jornada regular (4.4.24).....	137
Munición producida en jornada suplementaria (4.4.25).....	137
Consumo montacargas (5.1.1.1).....	146
Costo de gasolina por metro recorrido (5.1.1.2).....	147
Costo de lubricante por metro recorrido (5.1.1.3).....	148
Costo de aceite por metro recorrido (5.1.1.4).....	148
Costo de mantenimiento por metro recorrido (5.1.1.5).....	148
Costo del operario por metro recorrido (5.1.1.6).....	148

Depreciación montacargas (5.1.1.7).....	148
Costo depreciación del montacargas Kilómetro recorrido (5.1.1.8).....	149
Costo transporte por metro (5.1.2.1).....	149
Número de cajas requeridas (5.2.1.1).....	150
Número de pallets requeridos (5.2.1.2).....	151
Flujo polvorín a parqueadero (5.2.1.3).....	152
Flujo taller de repuestos con bodega (5.2.1.4).....	152
Flujo municiones calibre 9 milímetros (5.2.1.5).....	154
Flujo municiones calibre 5,56 milímetros (5.2.1.6).....	154
Peso en pólvora proveniente de las municiones almacenadas (5.3.2.1).....	168
Pólvora almacenada requerida para la producción (5.3.2.2).....	168
Producción diaria máxima munición calibre 9 milímetros (5.5.1.1).....	172
Producción diaria máxima munición calibre 5,56 milímetros (5.5.1.2).....	172
Número mínimo de espacios en el parqueadero (6.1.2.1).....	182
Número de polvorines requeridos (6.1.2.2).....	183
Tiempo disponible (6.2.3.1).....	195
Tiempo transporte carga unitaria (6.2.3.2).....	196
Número de extintores individuales (7.2.1.1).....	203
Radio de distancia (7.3.1).....	210

## CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

El presente proyecto, tiene como objetivo principal diseñar una planta de producción para diferentes tipos de municiones en la empresa Santa Bárbara E.P. Esta iniciativa nace de la necesidad de incrementar la capacidad de producción y reducir los costos operativos, para satisfacer las necesidades de sus clientes y suplir la creciente demanda de municiones.

Para ello, se levantará información de la operación actual de la empresa y se la utilizará como base para desarrollar un nuevo layout. Esta propuesta de distribución busca optimizar el flujo de las operaciones, reducir costos y distancias entre áreas, que permita cumplir con las necesidades del mercado.

Luego, se determinará los problemas que la planta actual está enfrentando. Se investigaran cuáles son los productos de mayor relevancia para la empresa. Después se levantará información del actual sistema de producción para cuantificar la relación que existe entre las diferentes áreas de la organización.

Además, se realizará un pronóstico de demanda para los siguientes años para elaborar un escenario de abastecimiento demandante que pueda presentarse a la empresa. Posteriormente, se determinará los materiales, personal y maquinaria necesaria para la producción de municiones calibre 5,56 milímetros.

Posteriormente, Se realizará un levantamiento de procesos, que permitirá identificar todas las actividades relacionadas con la producción de municiones. Luego, se identificará los cuellos de botella y ruta crítica del



proceso, para agrupar las actividades en estaciones de trabajo. Finalmente, se establecerá una tasa de producción que permita abastecer la demanda y reduzca la cantidad de inventario sin procesar.

A continuación, se identificará todos los costos de producir y almacenar una sola munición de calibre 9 y 5,56 milímetros. Con estos parámetros, se realizará un Plan de Desagregación que permita a la línea de producción abastecer la demanda y reducir costos. El modelo tomará en consideración las restricciones de capacidad, manteniendo una política de entregar municiones a tiempo.

Posteriormente, se definirá un layout que permita reducir costos de transporte y cumpla con las necesidades de cercanía establecidas por los encargados de cada área de la empresa. La distribución de planta propuesta cumplirá con las restricciones y medidas de seguridad para salvaguardar la integridad de los trabajadores.

Finalmente, mediante un análisis económico, se establecerá los costos requeridos para la construcción de la nueva planta. El diseño final considerará: medidas de seguridad industrial, ubicación de máquinas y flujo en el área de producción de municiones. El proyecto finalizará con las conclusiones y recomendaciones para el departamento administrativo y la gerencia de la empresa Santa Bárbara E.P.

### **1.1. Antecedentes**

En la actualidad el Ing. Cristian Alvarado C. Gerente General de la empresa Santa Bárbara E.P., está analizando la posibilidad de acoplar la actual línea de ensamblaje y recursos de la empresa para la fabricación de municiones calibre 5,56 milímetros. Esta iniciativa se basa a causa del incremento en la demanda de este tipo de munición, vendiéndose un total de 3.999.777 unidades en el año 2012. (Cárdenas, 2012)

Los administradores de la empresa están interesados en la producción directa de municiones, con el fin de reducir los costos de importación de casquillos para incrementar sus utilidades. Con el fin de incorporar esta nueva línea de producción, es necesario que la planta defina los procesos de producción y mejore la distribución de las máquinas en el área de armas y municiones.

Además, es necesario establecer la ubicación de los equipos requeridos para el proceso de fabricación de municiones. La organización del espacio en el actual taller de armas y municiones no es la más óptima, puesto que existen máquinas que no son utilizadas y no siguen un flujo de producción adecuado.

### **1.2. Misión**

La empresa Santa Bárbara E.P. fabricará armas, municiones y equipos anti-motines, para abastecer a las Fuerzas Armadas, Policía Nacional, empresas de seguridad privadas y metalmecánicas, utilizando procesos que garanticen la calidad de sus productos y la atención eficiente a sus clientes.

### **1.3. Visión**

La empresa de municiones Santa Bárbara E.P. liderará la producción y ventas de municiones y equipos anti-motines a nivel nacional, abasteciendo el 90% de la demanda de las Fuerzas Armadas, Policía Nacional, empresas de seguridades privadas y metalmecánicas.

### **1.4. Justificación del proyecto**

La justificación del presente proyecto recae de la visión del gerente de la empresa de municiones Santa Bárbara E.P., Ing. Cristian Alvarado, quien busca incursionar en la producción de municiones calibre 5,56 milímetros; requeridas en mayor medida por el Ejército Ecuatoriano. Para lograrlo, la empresa necesita determinar las actividades, procesos, máquinas y recursos necesarios para lograr el cometido.

Cabe resaltar, que la decisión fue tomada a causa de los impuesto a los consumos especiales (ICE) establecidos por el Gobierno Nacional para la importación de las vainas y balas. Esta medida ocasionó el incremento en los costos de producción de las municiones y de venta para entidades particulares, reduciendo la cantidad de unidades vendidas a partir del año 2006. (Palacios, 2012)

La línea de ensamblaje actual no cuenta con una distribución adecuada para el procesamiento de municiones. No existe un flujo que materiales adecuado entre el actual proceso y la localización de la entrada, salida, área de almacenamiento y máquinas. Con esta premisa, la gerencia, a determinado

que es necesario se realice la construcción de una nueva planta de producción que solucione los siguientes problemas:

- Obtención de nuevas tecnologías que permitan optimizar el proceso.
- Aumentar la capacidad de producción de municiones.
- Reducir los desperdicios y el número de municiones mal producidas.

(Murillo, 2013)

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Proponer un nuevo layout en el cual se determinen las áreas y recursos necesarios para el proceso de producción de municiones calibre 5,56 milímetros y el ensamblaje de municiones calibre 9 milímetros de la empresa Santa Bárbara E.P.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Analizar y comprender el funcionamiento de la empresa Santa Bárbara E.P. en el área de producción.
- Determinar la demanda para el periodo de estudio del proyecto y establecer el funcionamiento del sistema de producción de municiones.
- Identificar los tipos de flujos y espacios requeridos para el funcionamiento de la fábrica de municiones propuesta.

- Proponer un layout que permita optimizar el funcionamiento del proceso productivo y optimizar la importancia de cercanías.
- Definir las medidas de seguridad requeridos para el funcionamiento de la nueva planta.
- Realizar un análisis económico, en el cual se identifiquen los costos de construcción, operación y la viabilidad del proyecto.

### 1.5.3. Metas y Actividades

Las principales metas y actividades relacionadas con los objetivos específicos del proyecto son ilustradas a continuación. Estos fueron enumerados para relacionarlos con las conclusiones finales del proyecto.

Tabla 1-1. Relación de metas y actividades.

Objetivos específicos	Metas	Actividades
1. Analizar y comprender el funcionamiento de la empresa Santa Bárbara E.P. en relación al área de producción.	Identificar los problemas y la justificación del proyecto.	Utilizar la regla de Pareto para identificar la proporción de productos en donde se generan la mayor cantidad de esfuerzo de producción.
		Desarrollar diagramas Ishikawa o espina de pescado para identificar los factores y causas que impiden la fabricación de municiones en la actual planta.
	Establecer el funcionamiento del área de manufactura en la empresa.	Elaborar la cadena de valor de la empresa.
		Identificar los procesos, subprocesos y tareas mediante el uso de una lista maestra de procesos.
	Establecer la ubicación de los procesos y tareas en los edificios de la planta propuesta.	Elaborar flujogramas de los procesos y actividades involucrados en el proceso de producción de municiones.
		Implementar la metodología de agrupamiento de celdas de manufactura para la identificación de familias de productos de municiones.
2. Determinar la demanda para el periodo de estudio del proyecto y establecer el funcionamiento del sistema de producción de municiones propuesta.	Identificar la demanda a abastecer en un periodo tiempo utilizando en método Delphi.	Determinar el área de los edificios en la actual empresa.
		Realizar el cuestionario con respecto a la demanda que la nueva planta debe abastecer en el futuro.
		Entrevistar a los expertos para obtener las opiniones iniciales de la demanda.
		Compilar los resultados obtenidos y notificar de los mismos a las personas entrevistadas.
	Realizar un balanceo de la línea de producción y ensamblaje de municiones.	Realizar una segunda entrevista para llegar a un consenso final.
		Identificar los tiempos requeridos por cada tarea para fabricar o ensamblar una munición.
		Calcular los tiempos de ciclo máximo, mínimo y requerido para abastecer la demanda propuesta.
	Elaborar un modelo de plan de desagregación que permita reducir costos de producción y almacenamiento de municiones.	Agrupar las tareas en estaciones de trabajo y establecer el flujo de producción de la nueva línea de producción.
		Identificar las variables de decisión, parámetros y restricciones del modelo.
		Calcular los parámetros de la nueva línea de producción de municiones.
		Comprobar, mediante el modelo, que la línea de producción tiene la capacidad de abastecer la demanda de municiones establecida.

Objetivos específicos	Metas	Actividades
3. Identificar los tipos de flujos y espacios requeridos para el funcionamiento de la fábrica de municiones.	Establecer los flujos que son transportados entre las áreas y estaciones de trabajo y sus costos relacionados.	Identificar los tipos de carga unitaria y la cantidad de productos o componentes que lo contienen.
		Calcular los costos de transporte por metro recorrido.
		Utilizar la demanda mensual pronosticada para identificar el número de cargas unitarias transportadas.
		Elaborar tablas desde - hacia y de relaciones para identificar las importancias de cercanía entre edificios y estaciones de trabajo.
	Identificar los espacios requeridos para la ubicación de máquinas y áreas de almacenamiento de la nueva fábrica.	Establecer las distancias de seguridad requeridas por los trabajadores en las estaciones de trabajo.
		Determinar el número de espacios de almacenamiento (SKU's) requeridos en el taller de municiones, bodega y polvorines.
Calcular el área requerida en cada edificio, tomando en consideración el espacio requerido para los pasillos, máquinas y SKU's.		
4. Proponer un layout que permita optimizar el funcionamiento del proceso productivo y optimizar la importancia de cercanías.	Establecer una distribución inicial propuesta para la fábrica de municiones.	Realizar una distribución inicial de la planta general y de las estaciones de trabajo en el taller de municiones.
	Calcular las distancias y cercanías entre áreas y evaluar los layouts propuestos.	Identificar, mediante una matriz de distancias, el recorrido que deben atravesar las cargas unitarias entre áreas.
		Establecer las cercanías entre edificios y estaciones mediante el uso de matrices de adyacencias.
		Calcular los indicadores de distancia, adyacencia y eficiencia para evaluar los layouts propuestos.

Objetivos específicos	Metas	Actividades
5. Definir las medidas de seguridad industrial requeridas para el funcionamiento de la nueva planta.	Identificar todas las medidas de señalización para la prevención de accidentes.	Establecer el tipo de paneles que deben ser ubicados en cada uno de los edificios.
		Determinar el número y dimensiones de los paneles.
		Establecer el tipo de señales que deben ser utilizados para la delimitación de las estaciones de trabajo y pasillos de circulación.
	Proponer los elementos de protección contra incendios que deben ser implementados en la nueva planta.	Identificar los tipos de riesgo de incendio y los tipos de agente extintor de que ben ser utilizaros para mitigarlos.
		Especificar la cantidad de extintores y gabinetes contra incendios que deben ser ubicados en los edificios.
		Identificar los componentes necesarios para la instalación de un sistema de detección de incendios.
	Definir los equipos de protección individual que deben ser utilizados por los operadores.	Relacionar el número de trabajadores que están expuestos a los diferentes tipos de riesgos.
		Identificar el número de equipos de protección individual de deben ser utilizados en cada una de los edificios de producción.
	Identificar todas las vías de evacuación y puntos de salida que deben existir en los edificios.	Calcular las distancias máximas de recorrido en los edificios.
		Identificar las puertas principales y puntos de salidas de emergencia.
		Asegurar que las vías de evacuación establecidas no sean mayores a la distancia segura de recorrido establecida.
		Calcular el radio de distancia que debe existir alrededor de la planta en el caso de que ocurra un siniestro.
	6. Realizar un análisis económico en el cual se identifiquen los costos de construcción, operación y la viabilidad del proyecto.	Identificar los costos de operación e inversión inicial del proyecto.
Realizar un análisis económico para evaluar la viabilidad del proyecto.		Determinar el costo relacionado con inmuebles, seguridad industrial y de operación necesaria para el funcionamiento de la fábrica.
		Calcular el indicador costo beneficio del presente proyecto en base a la inversión inicial, beneficios y contrabeneficios identificados.
		Determinar si el proyecto es viable en base a los flujos de efectivo e indicadores calculados.

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.



#### **1.5.4. Alcance**

Elaborar una nueva propuesta de layout de la empresa Santa Bárbara E.P., con una redistribución de todas las áreas de la organización que cumpla con las restricciones, reglamentos, necesidades y normativas de control y seguridad necesarias para su correcto funcionamiento. También, especificar la disposición de las máquinas, flujo, áreas, procesos y recursos necesarios para la fabricación, ensamblaje y almacenamiento de municiones de fuego central.

Realizar un análisis económico en el cual se definan los costos de construcción, operación e ingresos ocasionados por la nueva planta. Y, determinar si la propuesta de construcción resulta económicamente aceptable para un periodo de operación de cinco años.

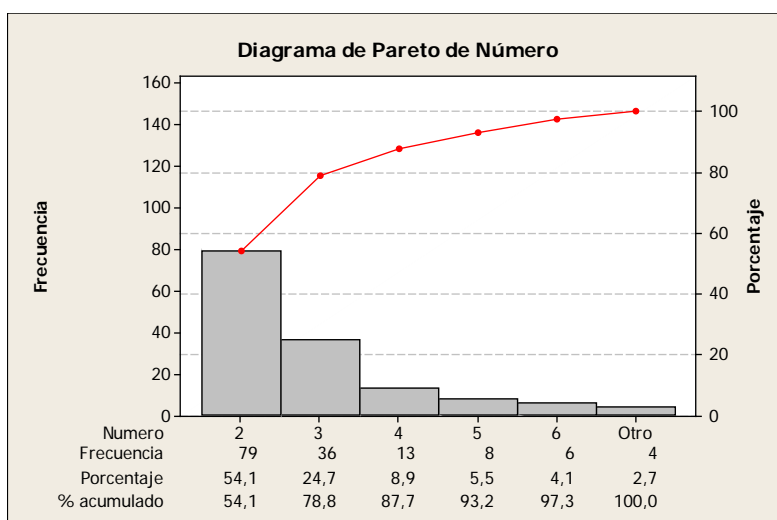
## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN LITERARIA

### 2.1. Marco Teórico

#### 2.1.1. Herramientas para el levantamiento de información.

##### 2.1.1.1. Diagrama de Pareto

El análisis de Pareto consiste en definir la concentración de productos en los que se utilizan la mayoría de recursos, en donde los artículos de interés son identificados y medidos mediante una escala común. Para su elaboración, se procede a acomodar los productos en orden ascendente, creando una distribución acumulada. Usualmente, el 20% de los diferentes ítems representan el 80% de la actividad total. A continuación se muestra una ilustración de este diagrama (Niebel & Freivalds, 2010, p.37).

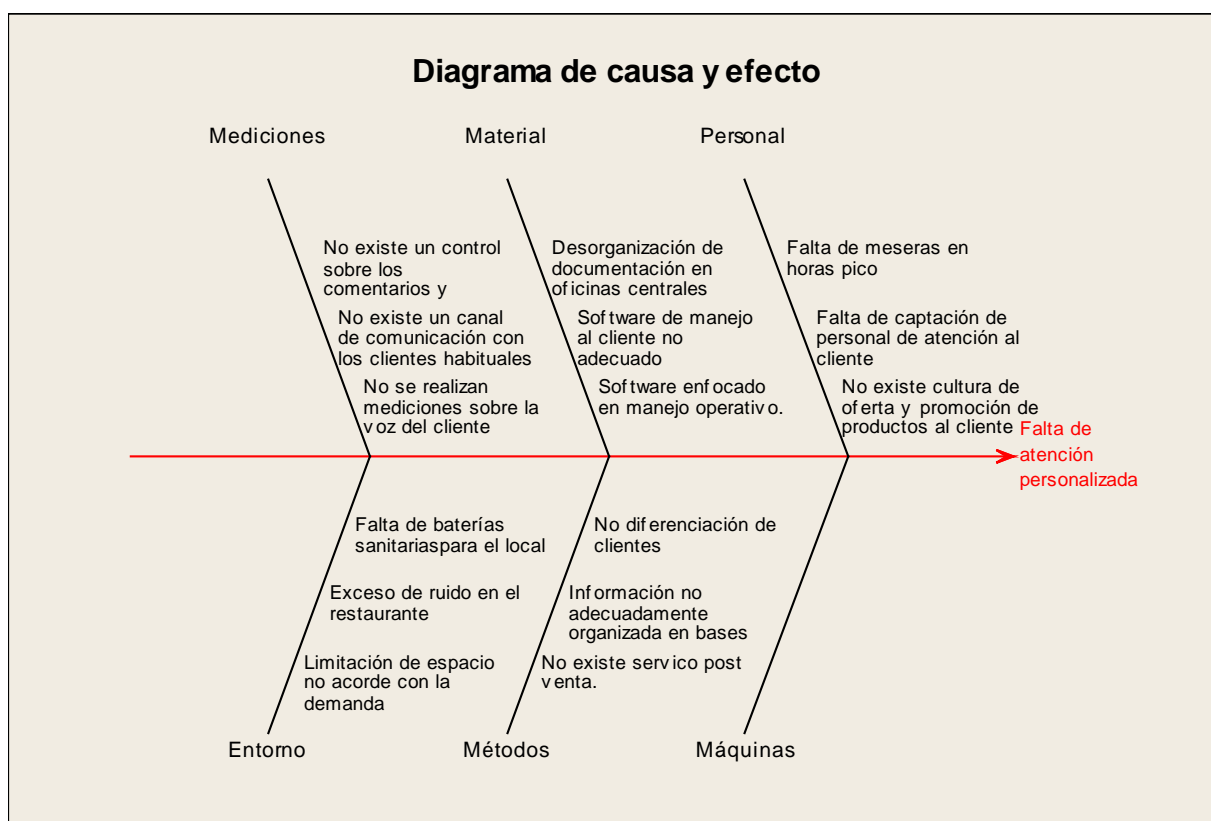


Fuente: Elaboración propia, realizado en Minitab 15

Figura 2-1: Diagrama de Pareto.

### 2.1.1.2. Diagrama de Pescado

También conocido como diagrama causa – efecto, define la ocurrencia de un respectivo problema o efecto establecido como “la cabeza de pescado”. Después, se procede a identificar las respectivas causas o “espinas de pescado” las cuales se distribuyen en las siguientes categorías que son: máquinas, métodos, materiales, factor humano, y entorno administrativo. Finalmente, se procede a distribuir los factores que contribuyen al efecto entre las categorías identificadas. En la figura 2-2 se muestra un ejemplo de su aplicación (Niebel et al, 2010. p.38).

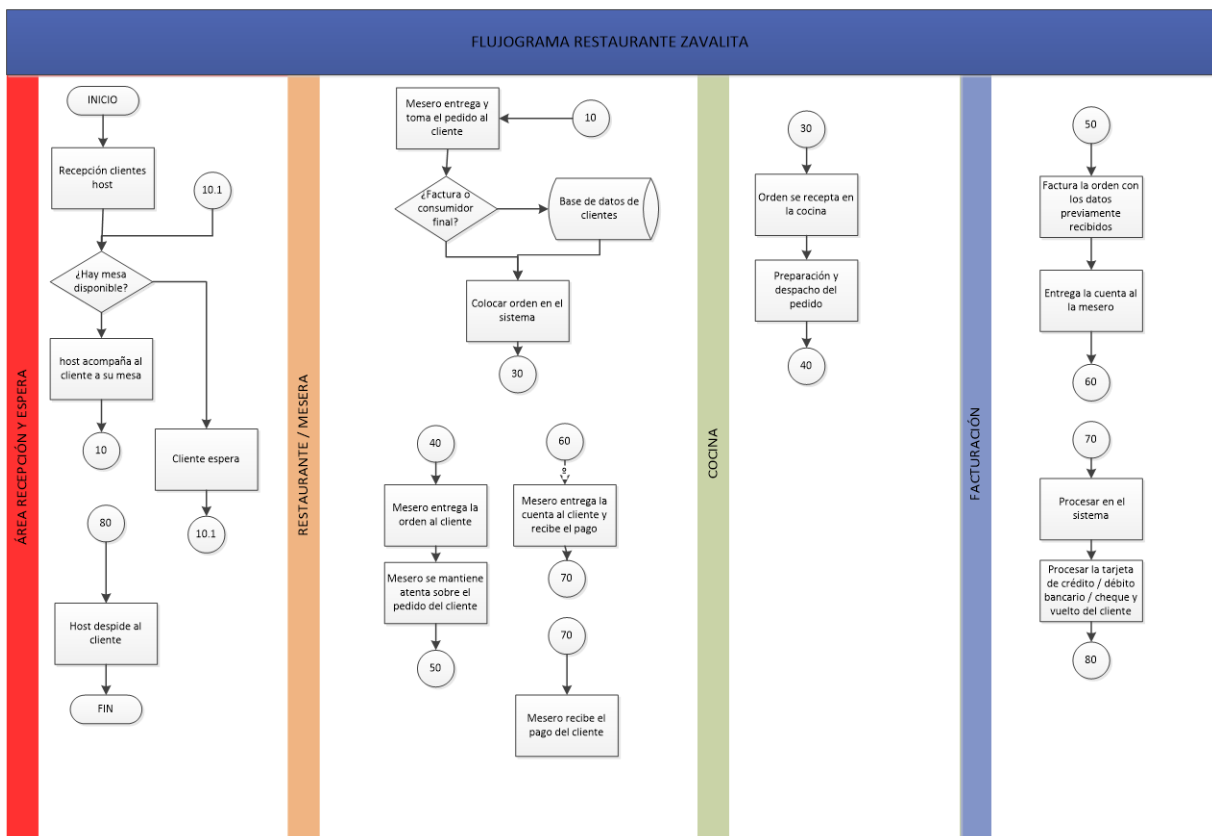


Fuente: Elaboración propia, realizado en Minitab 15

Figura 2-2: Diagrama causa efecto.

### 2.1.1.3. Diagramas de proceso

El diagrama de proceso de la operación es utilizado para mostrar la secuencia cronológica de diversas operaciones, inspecciones, holguras, y materiales que son utilizados dentro de un proceso de manufactura; desde la llegada inicial de materia prima, hasta la salida del producto o entrega del servicio (Niebel et al. 2010, 044). En la figura 2-3 se muestra la aplicación de la herramienta en el restaurante Savalita.

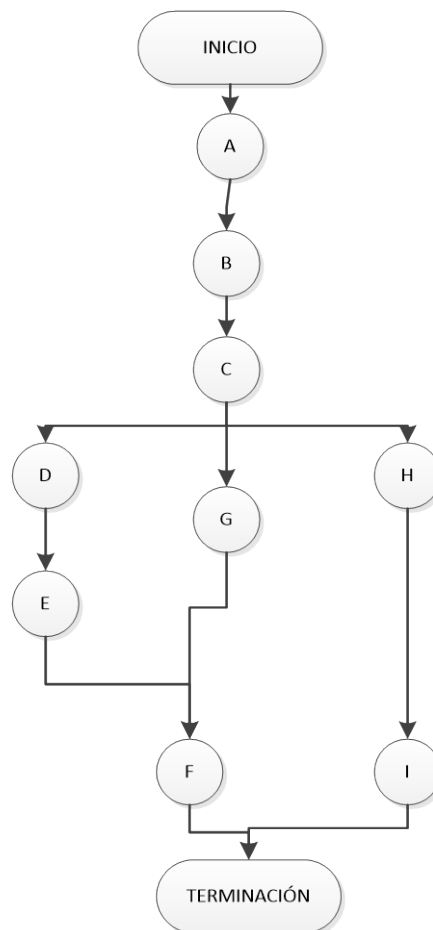


Fuente: Clavijo, Cuvero & Rivadeneira (2012). Realizado en Microsoft Visio 2010.

Figura 2-3: Diagrama de flujo restaurante Zavalita.

#### 2.1.1.4. Metodología PERT y CPM

La metodología fue desarrollada para desarrollar y analizar diversas actividades de una red de proyecto. Este es un modelo de optimización de redes que permite identificar actividades que pueden ser aplazadas y que forman parte de la ruta crítica o ruta que toma más tiempo. Para visualizar las actividades se utiliza la red de proyecto como se ilustra en la figura 2-4 (Hillier & Lieberman. 2004, p.415-416).



Fuente: Elaboración Propia, realizado en Microsoft Visio 2010.

Figura 2-4: Red de proyecto.

En donde las actividades son ilustradas por nodos. Una trayectoria a través de una red es una secuencia de actividades que se conectan desde el

nodo inicio hasta el nodo finalización. La ruta crítica es la trayectoria que tarda un mayor tiempo para ser finalizada (Suma de duraciones estimadas) (Hillier et al. 2004, p.418).

### **2.1.2. Método Delphi**

El método Delphi se basa en solicitar las opiniones de los expertos. Su sistema consiste en recolectar las opiniones individuales, mientras intenta eliminar la influencia de opinión que pueda existir entre las personas entrevistadas. Sus opiniones son recolectadas en base a una encuesta que se realiza a cada uno de ellos. Después, las opiniones son recopiladas y mostradas a cada uno de los expertos, poniendo un mayor énfasis en las respuestas que son diferentes entre sí. El proceso se repite varias veces hasta que el grupo llega a un acuerdo en común. (Nahmias, p.56)

### **2.1.3. Interpolación**

La interpolación es un método matemático en el cual se calcula un valor desconocido  $(x,y)$  en base a dos puntos conocidos  $(x_a,y_a)$  y  $(x_b,y_b)$ . La interpolación lineal entre dos puntos es calculada mediante la siguiente fórmula:

$$y = y_a + (x - x_a) \left( \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} \right) \quad (2.1.3.1)$$

#### 2.1.4. Planes agregados de producción

Los planes agregados de producción son métodos utilizados para planificar la cantidad de horas de maquinado y la fuerza laboral requerida para producir uno o varios productos y abastecer la demanda (Elsayed et al. 1997, p.135).

##### 2.1.4.1. Modelo Simple de Producción lineal con costo de inventario

Utilizando el siguiente modelo de producción lineal se establece la siguiente variable de decisión:

- $P_{ijk}$  = Número de unidades producidas por la fuente  $i$  en el periodo  $j$  para abastecer la demanda en el periodo  $k$ .

Los parámetros conocidos en el modelo son los siguientes:

- $C_{ijk}$  = Costo marginal de producir una unidad por la fuente  $i$  en el periodo  $j$  y almacenado en el periodo  $k$ .
- $B_{ij}$  = Capacidad de producción de la fuente  $i$  en el periodo  $j$ .
- $D_k$  = Demanda pronosticada requerida para el producto en el periodo  $k$ .
- $m$  = número de fuentes de producción.
- $c_R$  = Costo por unidad de producción regular.
- $c_O$  = Costo por unidad de producción tiempo extra.

- $c_i$  = Costo de acarrear inventario por unidad.
- $T$  = Número de periodos en el horizonte de planeación.
- $Z$  = Costo total de producción e inventario para todos los periodos.

La función objetivo del modelo es formulado de la siguiente manera.

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^T \sum_{k=1}^T C_{ijk} P_{ijk} \quad (2.1.4.1.1)$$

El modelo está sujeto a las siguientes restricciones:

Número de unidades producidas no pueden exceder la capacidad de producción.

$$\sum_{k=j}^T P_{ijk} \leq B_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, T \quad (2.1.4.1.2)$$

La demanda debe ser entregada a tiempo.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k P_{ijk} = D_k, \quad k = 1, 2, \dots, T \quad (2.1.4.1.3)$$

La producción generada debe ser positiva.

$$P_{ijk} \geq 0$$

El presente modelo busca balancear el costo de producción de varias fuentes y el costo de acarrear inventario, para reducir el costo del plan de producción (Elsayed et al. 1997, p.136).



### 2.1.4.2. Modelo de Producción lineal: Cambiando la Fuerza de Trabajo

En comparación al modelo ilustrado en la sección 2.1.7.1; este modelo de producción lineal incluye costos de modificar la fuerza de trabajo y de entregar órdenes atrasadas. El objetivo es determinar el nivel óptimo de fuerza de trabajo, nivel de inventario y cantidad producida en cada periodo que permita minimizar el costo total de producción. Las variables y parámetros para la programación son los siguientes: (Elsayed et al. 1997, p.141 - 142)

- $D_t$  = Demanda pronosticada en el periodo t.
- $P_t$  = Cantidad a ser producida en el periodo t (variable de decisión)
- $C_t$  = Costo de producción de una unidad en el periodo t (excluyendo la mano de obra)
- $I_t$  = Inventario al final del periodo t (variable de decisión)
- $S_t$  = Cantidad de faltantes al final del periodo t (variable de decisión)
- $h_t$  = Costo de acarrear inventario por unidad del periodo t al periodo  $t + 1$
- $\pi_t$  = Costo de pedidos atrasados por unidad del periodo t al periodo  $t + 1$

- $L_{Rt}$  = Tiempo de trabajo regular (horas-trabajador) de el nivel de fuerza de trabajo en el periodo t (variable de decisión)
- $c_{Rt}$  = Costo de la hora-trabajador de tiempo regular durante el periodo t
- $L_{ot}$  = Horas extra (hora-trabajador) calendarizada durante el periodo t (variable de decisión)
- $c_{ot}$  = Costo de la hora-trabajador en tiempo extra en el periodo t
- $I_t^+$  = Incremento del nivel de la fuerza de trabajo en hora-trabajador del periodo t-1 al periodo t (una variable de decisión)
- $c_{It}$  = Costo de incrementar la fuerza de trabajo con un trabajador en el periodo t.
- $I_t^-$  = Disminución del nivel de la fuerza de trabajo en hora-trabajador del periodo t-1 al periodo t (una variable de decisión)
- $c'_{It}$  = Costo de disminuir la fuerza de trabajo con un trabajador del periodo t-1 al periodo t.
- T = horizonte de tiempo para la planeación de producción.

Por lo tanto, la función objetivo puede ser utilizada para minimizar los costos de trabajos manuales, costos de producción, inventario, costo de faltantes y costos de cambiar la fuerza de trabajo (Elsayed et al. 1997, p. 142).

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{t=1}^T C_t P_t + c_{Rt} L_{Rt} + c_{ot} L_{ot} + h_t I_t + \pi_t S_t + c_{It} I_t^+ + c_{It} I_t^- \quad (2.1.4.2.1)$$

Las restricciones son agregadas para asegurar que los niveles de las variables son consistentes de periodo a periodo.

$$NI_t = NI_{t-1} + P_t - D_t$$

$$NI_t = I_t - S_t \quad (2.1.4.2.2)$$

En donde  $NI_t$  es el nivel de inventario al final del periodo t. Además, el actual nivel de trabajadores está relacionado con el número de trabajadores del periodo anterior y las tasas de incremento y disminución de la fuerza de trabajo en el periodo actual (Elsayed et al. 1997, p.142).

$$L_{Rt} = L_{R,t-1} + I_t^+ - I_t^- \quad (2.1.4.2.3)$$

Las horas extra en cualquier periodo está relacionado con el nivel de producción calendarizado y la fuerza de trabajo establecida.

- $L_{ut}$  = Trabajo sobretiempo, en número de horas– trabajador empleadas para producir  $P_t$ .
- $m$  = número de horas–trabajador para producir una unidad.

Entonces:

$$L_{ot} - L_{ut} = mP_t - L_{Rt} \quad (2.1.4.2.4)$$

Las variables establecidas anteriormente también están relacionadas con la siguiente restricción de no negatividad:

$$P_t, I_t, S_t, L_{Rt}, I_t^+, I_t^-, L_{ot}, L_{ut} \geq 0 \quad (2.1.4.2.5)$$

### 2.1.5. Depreciación método de la línea recta

Es uno de los métodos más simples de utilizar para determinar la depreciación de un activo. Para calcularlo, se requiere el costo de adquisición del activo fijo, el valor residual o de salvamento (estimado por la empresa) y la vida útil del activo. Para maquinaria, se establece una vida útil de 10 años. La depreciación es calculada mediante la siguiente fórmula (Mata, 1999).

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Activo Fijo} - \text{Valor de Salvamento}}{\text{Vida Útil}} \quad (2.1.5.1)$$

### 2.1.6. Balanceo de líneas de producción

El balanceo de líneas de producción es el proceso de decidir cómo asignar tareas en estaciones de trabajo. El objetivo es agrupar tareas con un tiempo de procesamiento similar para reducir el tiempo inactivo del proceso, e incrementar la utilización de las máquinas y de los empleados (Stevenson, 2009, p.263).

Los tiempos de cada tarea gobiernan el rango de los ciclos de trabajo en cada estación. El tiempo de ciclo mínimo equivale a la actividad que toma más tiempo o “cuello de botella”, mientras que el ciclo máximo es igual a la suma de los tiempos de todas las tareas en el proceso. Los tiempos mínimos y máximos de ciclo son importantes dado que establecen la tasa de producción del sistema de producción (Stevenson, 2009, p. 263).

$$\text{Tasa de producción} = \frac{\text{Tiempo de operación por día}}{\text{Tiempo de ciclo}} \quad (2.1.6.1)$$

Como regla general, el tiempo de ciclo es determinado por la tasa de producción deseada. Si este no se encuentra entre el ciclo máximo y el ciclo

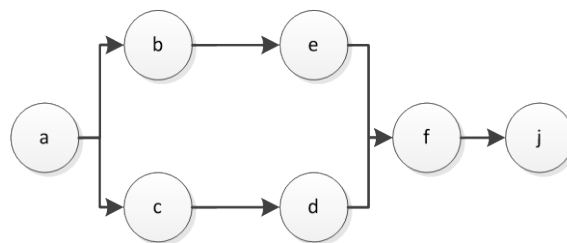
mínimo, el sistema de producción no tiene la capacidad suficiente para abastecer la demanda pronosticada. El tiempo de ciclo deseado es calculado mediante la siguiente ecuación.

$$Tiempo\ de\ ciclo = \frac{Tiempo\ de\ operación\ por\ día}{Tasa\ de\ producción\ deseada} \quad (2.1.6.2)$$

El número mínimo de estaciones ( $N_{min}$ ) necesario para abastecer la tasa de producción y combinar actividades es determinada mediante la siguiente ecuación.

$$N_{min} = \frac{\sum_{n=1}^N t}{Tiempo\ de\ ciclo} \quad (2.1.6.3)$$

En donde  $\sum_{n=1}^N t$  es la suma de los tiempos de las tarea relacionadas (N) con el proceso. El diagrama de precedencia es una herramienta muy útil para visualizar el orden secuencial en el que deben ejecutarse las diferentes tareas (Stevenson, 2009, p.263).



Fuente: Elaboración Propia, realizado en Microsoft Visio 2010.

Figura 2-5: Diagrama de precedencia.

El procedimiento para balancear una línea de producción es el siguiente.

- Determinar el tiempo de ciclo y el número mínimo de estaciones.

- Establecer las tareas en las estaciones en orden.

Antes de asignar cada tarea, se utilizan los siguientes criterios.

- Todas las tareas predecesoras han sido asignadas.
- El tiempo de la tarea no debe exceder el tiempo faltante en la estación.

Después de asignar una tarea, se debe restar el tiempo de la tarea asignada con el tiempo de ciclo establecido. Se pueden romper empates de la siguiente manera.

- Asignar la tarea con el mayor tiempo.
- Asignar la tarea con el mayor número de seguidores.

Continuar hasta que todas las tareas han sido asignadas en las estaciones.

El porcentaje de tiempo inactivo de la línea es calculado de la siguiente manera (Stevenson, 2009, p.264).

$$\text{Porcentaje de tiempo inactivo} = \frac{\text{Tiempo inactivo por ciclo}}{N_{\text{actual}}(\text{Tiempo de ciclo})} \times 100\% \quad (2.1.6.4)$$

En donde  $N_{\text{actual}}$  es el número de estaciones establecidas. La eficiencia de la línea es calculada de la siguiente manera (Stevenson, 2009, p.265).

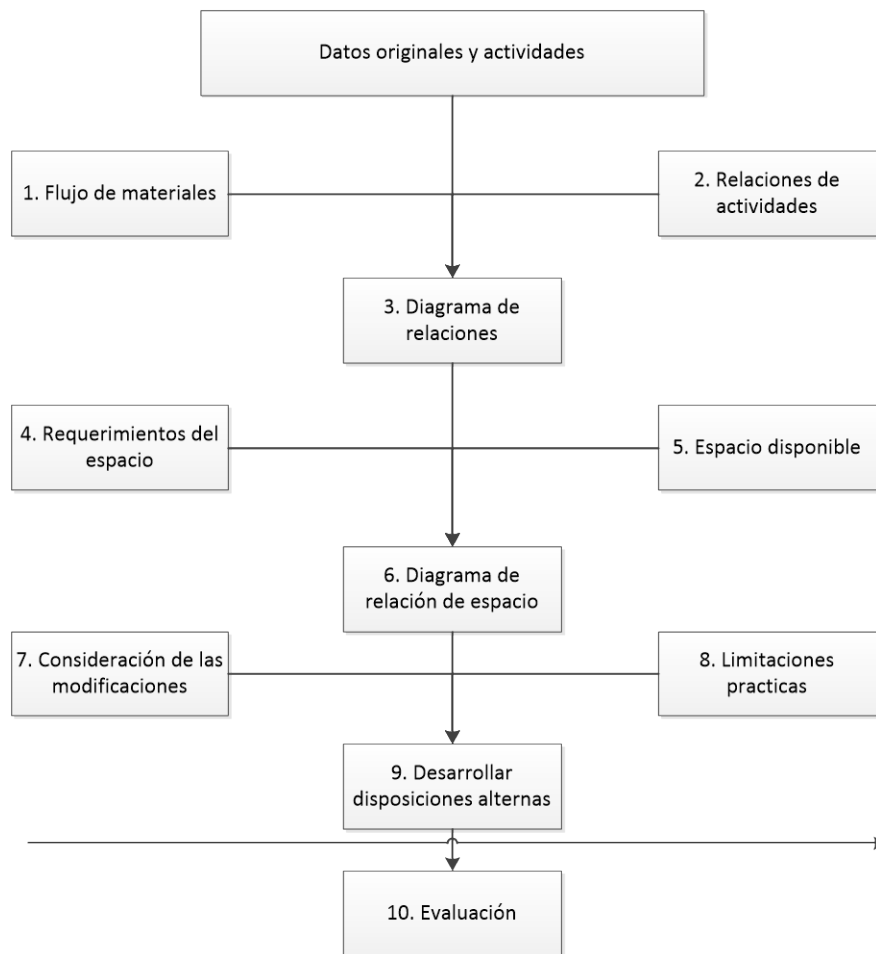
$$\text{Eficiencia} = 100\% - \text{Porcentaje de tiempo inactivo} \quad (2.1.6.5)$$

### **2.1.7. Proceso de planificación sistemática de la disposición (SLP) de Muther**

Muther desarrolló el proceso de planificación sistemática de la disposición (SLP) que permite determinar la distribución de una planta de producción (estructura ilustrada en la figura 2-6). La metodología cuenta con los siguientes pasos.

- 1-2. Recolectar información relacionada con el flujo de materiales y relación de actividades entre las áreas de la empresa.
- 3. Realizar un diagrama de relaciones que identifica la relación de actividades en el espacio establecido.
- 4-5 Este paso establece los requerimientos y áreas requeridas. Después, se desarrolla plantillas de espacio que determina las áreas asignadas a cada departamento.

6. En base a los requerimientos establecidos, se elabora un diagrama de relaciones de espacio, el cual determina el espacio de los departamentos y las relaciones entre los mismos (Tompkins, White, Bozer & Tanchico, 2006, p.307).



Fuente: Tompkins et al. 2006, p.306.

Figura 2-6: Procedimiento de planificación sistemática de la disposición (SLP)

### 2.1.7.1. Relaciones entre departamentos

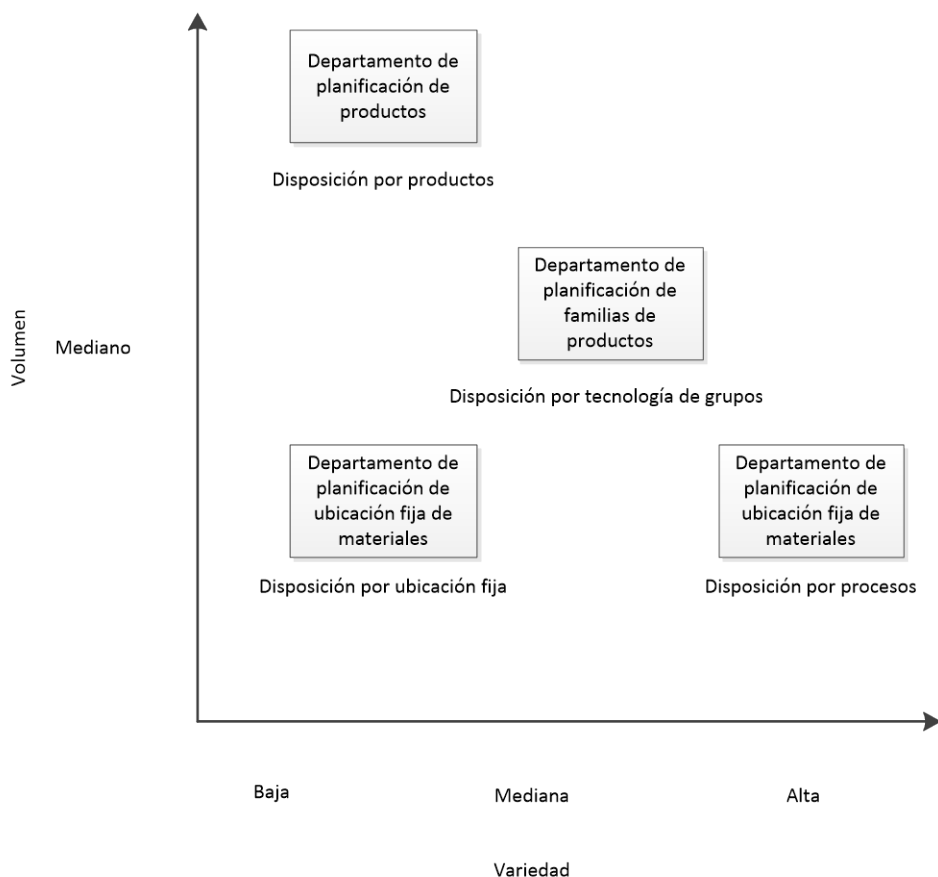
Para determinar las diversas relaciones que existen entre los diferentes departamentos, es necesario identificar las actividades existentes entre los mismos. Tompkins (2006) manifiesta que esta correlación determina el flujo entre de personas, materiales, requerimientos de proceso y control entre las diferentes áreas (p.100).



El flujo suele consistir de cuatro esquemas generales, los cuales dependen de la ubicación de las entradas y salidas en el edificio, la ubicación de estas casi siempre está fija en ciertas ubicaciones. Los flujos se clasifican en: misma ubicación, lados adyacentes, en el mismo lado, en extremos y lados opuestos (Tompkins et al. 2006, p.100).

#### **2.1.7.2. Planificación Departamental**

Los departamentos de planificación de la producción son el conjunto de estaciones de trabajo que se pueden agrupar en el transcurso de la disposición de la planta. La clasificación depende de la variedad y volumen de productos que se fabrican. Las clasificación de disposiciones se muestra en la siguiente gráfica (Tompkins et al. 2006, p.80).



Fuente: Tompkins et al. 2006, p.80.

Figura 2-7: Clasificación de la disposición por volumen – variedad

### 2.1.7.3. Las Celdas de Fabricación

Las celdas de fabricación son el conjunto de máquinas dentro de una secuencia concatenada de actividades, que transforman la materia prima en un producto común. Las disposiciones son realizadas de diversas maneras y agrupa máquinas, empleados, materiales, herramientas y equipo para producir familias de productos (Tompkins et al. 2006, p.83).

#### **2.1.7.4. Metodología de agrupamiento**

También determinado como clustering, es utilizado para identificar partes o productos que pueden procesarse como una familia de productos. La metodología DCA (Direct clustering algorithm) se basa en una matriz máquina parte que sigue los siguientes pasos:

- Ordenar las diversas columnas, sumando las filas y columnas en valores de 1s y ordenar las filas (de arriba hacia abajo) en orden descendente y en orden ascendente (de izquierda a derecha) para las columnas.
- Ordenar las columnas, corriendo hacia la izquierda todas aquellas que tengan un 1 en la primera fila.
- Ordenar las filas empezando con el extremo izquierdo, correr todas las filas hacia arriba cuando exista la posibilidad de formar bloques de 1s.
- Formar las celdas donde se procesen las diversas partes en una sola celda. (Tompkins et al. 2006, p.85)

#### **2.1.8. Relaciones de las actividades**

Las relaciones de las actividades forman una parte muy importante para las decisiones de los procesos de planificación, ya que permiten identificar la relación entre las áreas de una empresa. Estas pueden expresarse de manera cualitativa o cuantitativa (Tompkins et al. 2006, p.93).

#### **2.1.8.1. Proceso de flujo**

Descrito respectivamente en términos del sujeto del flujo, de los recursos que origina del flujo y de las comunicaciones que coordinan los recursos; el sujeto es el artículo a procesar. Los recursos son las plantas de procesamiento y transporte requerido para lograr el flujo necesario. Mientras que las comunicaciones son los procedimientos que facilitan la administración del flujo (Tompkins et al. 2006, p.93).

#### **2.1.8.2. Sistema de administración de partes**

Es considerado como un proceso de flujo de materiales hacia una planta de fabricación. Los sujetos en el sistema de administración de partes son las piezas, materiales y los suministros adquiridos por una empresa para generar sus productos (Tompkins et al. 2006, p.93).

#### **2.1.9. Patrones de flujo.**

Determina el macroflujo con respecto al manejo de materiales, distribución física y logística. Son importantes para la planificación de plantas ya que determinan el ambiente general del flujo dentro y cada movimiento que ocurre. Los patrones de flujo pueden considerarse entre las estaciones de trabajo y departamentos (Tompkins et al. 2006, p.98).

### **2.1.9.1. Flujo dentro de las estaciones de trabajo.**

El flujo dentro de las estaciones de trabajo considera los estudios de movimientos y las consideraciones ergonómicas. Este debe ser simultáneo, simétrico, natural, técnico y habitual (Tompkins et al. 2006, p.98).

### **2.1.9.2. Flujo dentro de los departamentos.**

Toma en cuenta el flujo de los diversos departamentos dentro de la empresa en donde considera su patrón por producto. Este puede ser por productos; uno tras otro, uno a las espaldas de otro, uno frente a otro, circular o de ángulo irregular. También, define al flujo con respecto a la ubicación de las máquinas; puede establecerse en base de un proceso paralelo, perpendicular o diagonal (Tompkins et al. 2006, p.99).

### **2.1.9.3. Medición del Flujo**

Los flujos pueden ser identificados en forma cualitativa o cuantitativa. Las medidas de carácter cuantitativo manejan medidas de desempeño tales como: piezas por hora, movimientos por día o libras por semana. Las medidas cualitativas consideran solamente las necesidades o relaciones que existen entre los diversos departamentos de la empresa (Tompkins et al. 2006, p.103).

Los flujos pueden ser medidos en términos de la cantidad trasladada entre diversas áreas; para ello, se emplea la tabla desde-hacia (también conocida como origen-destino). Esta herramienta lista todos los departamentos en filas y columnas, después establece los flujos que circulan entre sí; a continuación se ilustra su aplicación.

Tabla 2-1. Tabla desde-hacia.

Desde/Hacia	Sala reuniones	Oficina presidencia	Recursos humanos	Finanzas	Recepción	Bodega	Armas y municiones	Metal mecánica	División industrial	Mantenimineto	Laboratorio
Sala reuniones	-	50	47	30	2	7	67	64	75	56	43
Oficina presidencia	-	-	12	21	11	45	79	45	35	75	22
Recursos humanos	-	-	-	31	87	69	89	67	34	25	13
Finanzas	-	-	-	-	41	2	67	54	12	19	34
Recepción	-	-	-	-	-	24	45	32	46	43	78
Bodega	-	-	-	-	-	-	45	32	32	34	42
Armas y municiones	-	-	-	-	-	-	-	43	43	67	56
Metal mecánica	-	-	-	-	-	-	-	-	34	35	14
División industrial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57	32
Mantenimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34
Laboratorio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

La medición cualitativa de flujo utiliza la misma tabla de relaciones, con la diferencia que relaciona departamentos en base a valores de cercanía A,E,I,O,U establecidos por la empresa o el analista como se ilustran en las tablas 2-3 o 2-4.

Tabla 2-2. Tabla de relaciones.

Sala reuniones	E																			
Oficina presidencia	5	E																		
Recursos humanos	3	E	6	I																
Finanzas	4	I	6	I	6	E														
Recepción	6	E	6	O	2	E	2	I												
Bodega	6	O	4	U	4	U	2	I	3	E										
Armas y municiones	1	A	6	O	4	U	5	U	3											
Metal mecánica	1	I	1	A	6	U	5													
División industrial	1	A	2	A	2															
Mantenimiento	1	O	3																	
Laboratorio	3																			

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Tabla 2-3. Código tabla de relaciones.

Código	Significado
1	Uso alto
2	Uso mediano
3	Bajo uso
4	Flujo información bajo
5	Flujo información mediano
6	Flujo bajo información

Fuente: Tompkins et al. 2006, p.107.

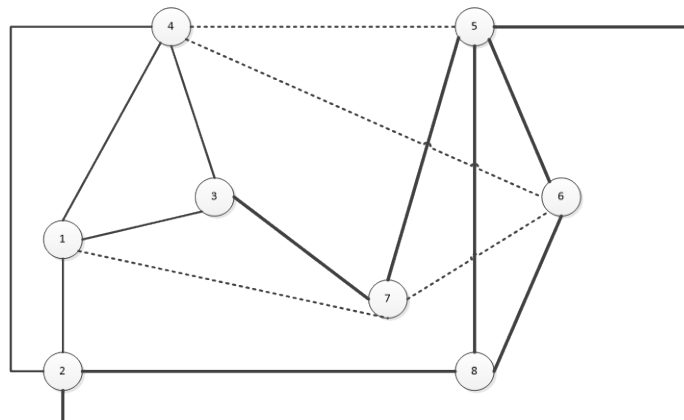
Tabla 2-4. Ponderación cualitativa de valor y cercanía tabla de relaciones.

Código	Significado
A	Necesaria
E	Muy importante
I	Importante
O	Normal
U	No importante
X	No conveniente

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

### 2.1.10. Diagrama de relaciones

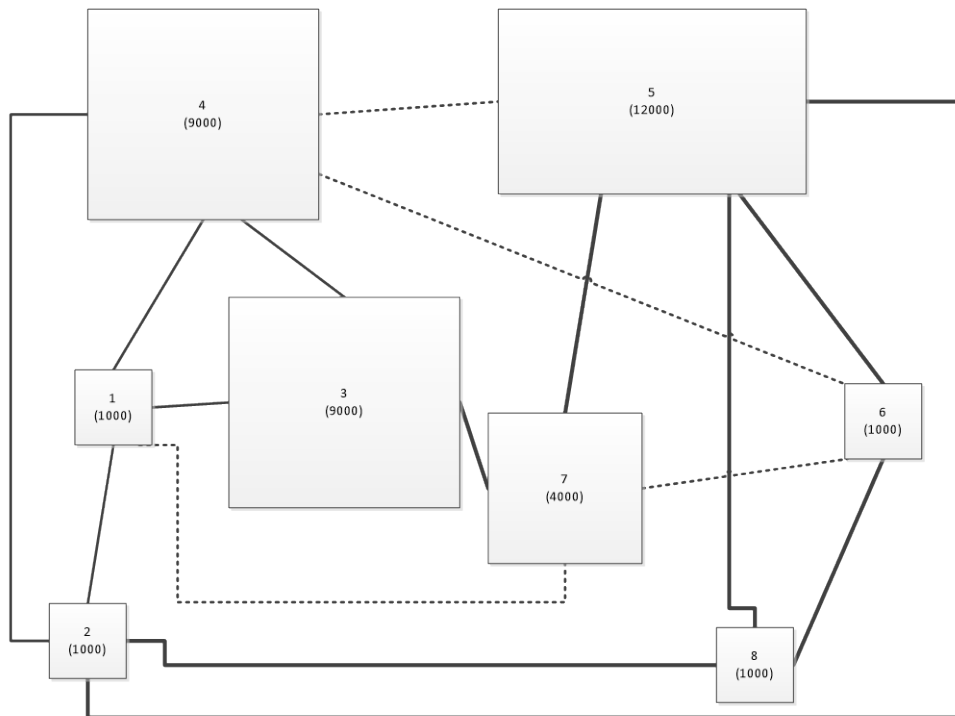
“El diagrama de relaciones permite ubicar las diferentes actividades en el espacio. Con frecuencia, las cercanías son utilizadas para reflejar la relación entre partes de actividades. Aunque el diagrama de relaciones esta en dos dimensiones, en algunos casos es posible desarrollar diagramas tridimensionales cuando se analizan edificios de varios pisos, entresuelos y/ espacio colgante” (Tompkins et al. 2006, pp. 307-308).



Fuente: Tompkins et al. 2006, p.308, realizado en Microsoft Visio 2010.

Figura 2-8: Diagrama de relaciones





Fuente: Tompkins et al. 2006, p.308, realizado en Microsoft Visio 2010.

Figura 2-9: Diagrama de relación de espacio.

### 2.1.11. Requerimientos de espacio para estaciones

Para determinar el requerimiento de espacios dentro de una estación de trabajo, es necesario establecer los requerimientos de carga. El área necesaria depende del número de personas que laboran en el espacio que ocupa la máquina y el equipo necesario para su funcionamiento. A continuación se muestra el porcentaje de holgura para el pasillo (Tompkins et al. 2006, p.113).

Tabla 2-5. Porcentaje de área requerido para pasillos.

Si la carga más grande es	El porcentaje de holguras del pasillo es
Menor a 6 pies cuadrados	entre 5 y 10
Entre 6 y 12 pies cuadrados	entre 10 y 20
Entre 12 y 18 pies cuadrados	entre 20 y 30
Mayor de 18 pies cuadrados	entre 30 y 40

Fuente: Tompkins et al. 2006, p.113.

El tamaño de los pasillos para diferentes tipos de flujo en un solo sentido es expresado a continuación: (Tompkins et al. 2006, p 114)

Tabla 2-6. Anchuras de pasillos recomendadas.

Tipo de flujo	Anchura de pasillo (pies)
Tractores	12
Montacargas de hornilla de 3 toneladas	11
Montacargas de hornilla de 2 toneladas	10
Montacargas de hornilla de 1 tonelada	9
Camión para pasillo angosto	6
Camión para plataforma manual	5
Personal	3

Fuente: Tompkins et al. 2006, p.113.

## 2.1.12. Planificación del espacio de almacenamiento

### 2.1.12.1. Operaciones de Almacenamiento

Existen dos lógicas principales de almacenamiento: por almacenamiento fijo o aleatorio. En el fijo, cada SKU (unidad de almacenamiento de existencias) individual es almacenado en un lugar específico. No obstante, con el almacenamiento aleatorio, cualquier SKU puede ser asignado a cualquier lugar de almacenamiento (Tompkins et al. 2006, p. 433).

### **2.1.13. Estacionamientos**

Para determinar el tamaño de espacio de estacionamiento, se multiplica la anchura por la profundidad del área requerida por el vehículo. Para fines prácticos, se implementará un ángulo de 90 grados con un vehículo grande de anchura de cajón de 10', la anchura para el estacionamiento de carga doble de pared es de 66'. Es recomendable implementar un módulo por cada 1.25 empleados en el caso de que no exista transporte público (Tompkins et al. 2006, pp. 126-130).

### **2.1.14. Espacio de recepción y embarque**

Para establecer la profundidad de faja de las áreas de carga y descarga, se debe considerar el flujo de los vehículos y de cargas unitarias en relación con la planta. También, se debe tener cuidado de comprobar que se tenga el espacio suficiente para implementar plataformas a 90 grados (Tompkins et al. 2006, p. 417).

Tabla 2-7. Requerimientos de espacio para plataformas de 90°

Longitud del vehículo (metros)	Ancho de la plataforma (metros)	Profundidad de la faja de estacionamiento (metros)
12,19	3,05	14,02
	3,66	13,11
	4,27	11,89
13,72	3,05	15,85
	3,66	14,94
	4,27	14,02
15,24	3,05	18,29
	3,66	17,37
	4,27	16,46
16,76	3,05	19,81
	3,66	19,2
	4,27	17,68
18,29	3,05	21,95
	3,66	19,2
	4,27	18,29

Fuente: Tompkins et al. 2006, p.418.

También, es necesario establecer una holgura mínimas de maniobras en base al equipo de transporte utilizado dentro de la planta. Este espacio es colocado en la parte posterior del conjunto de plataformas y el inicio de las áreas intermediarias del edificio (Tompkins et al. 2006, p. 421).

Tabla 2-8. Holguras mínimas para maniobra en áreas de recepción y embarque.

Equipo de manejo de materiales utilizado	Holguras mínimas de maniobra (metros)
Tractor	4,2672
Montacargas con plataforma	3,6576
Montacargas con horquilla	3,6576
Montacargas para pasillos estrechos	3,048
Montacargas manual o gato de tarima	2,4384
Carretilla manual de cuatro ruedas	2,4384
Carretilla manual de dos ruedas	1,8288
A mano	1,524

Fuente: Tompkins et al. 2006, p.421.

### 2.1.15. Baños

Debe haber un baño a no más de 60,96 metros de cada estación de trabajo permanente. Los baños de tipo descentralizado son los más convenientes para instalaciones grandes y centralizadas, es necesario que se incluya baños para cada sexo. La tabla 2.9 muestra la cantidad mínima de inodoros y lavabos requeridos por empleado. El área de cada lavabo cuenta con 0,91 x 1,52 metros, mientras que cada inodoro requiere de 0,28 metros cuadrados (Tompkins et al. 2006, p. 135).

Tabla 2-9. Requerimientos de instalaciones sanitarias.

Inodoros	Empleados	Lavabos	Empleados
1	1-15.	1	1-20.
2	16-35	2	21-40
3	36-55	3	41-60
4	56-80	4	61-80
5	81-110	5	81-100
6	111-150	6	101-125
7	151-190	7	126-150

Fuente: Tompkins et al. 2006, p.135.

### 2.1.16. Medición de distancias

La distancia Euclidiana es aquella que mide la trayectoria en línea recta entre dos puntos. Es importante que se disponga de las coordenadas de ambos puntos para la implementación de la siguiente fórmula:

$$d_{AB} = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2} \quad (2.1.16.1)$$

En donde:

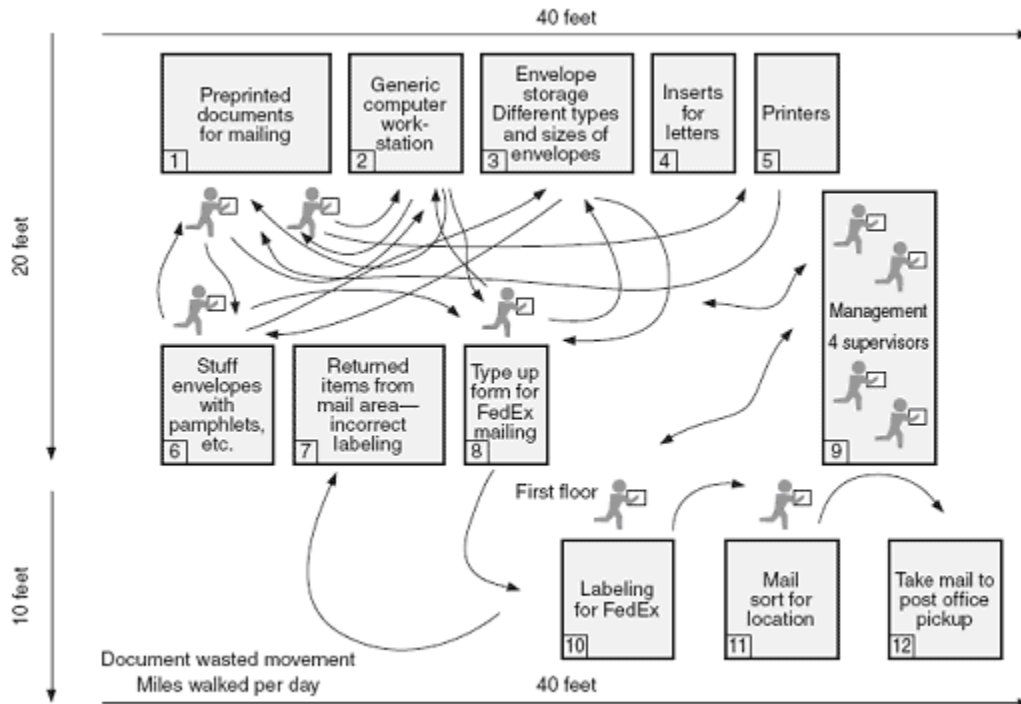
- $d_{AB}$  = distancia entre los puntos A y B
- $x_A$  = coordenada x del punto A.
- $x_B$  = coordenada x del punto B.
- $y_A$  = coordenada y del punto A.
- $y_B$  = cordenada y del punto B.

La distancia rectilínea toma las medidas entre dos puntos en base a series de giros de 90 grados. Este tipo de medición toma la distancia de dos líneas con trazos ininterrumpidos. (Paz & Gómez, 2006)

$$d_{AB} = |x_A - x_B| + |y_A - y_B| \quad (2.1.16.2)$$

### **2.1.17. Diagrama Espagueti**

El diagrama espagueti es una herramienta la cual permite identificar el flujo de personas, producto terminado y materia prima dentro de un área. Para realizar el diagrama, es necesario tener el layout actual de la empresa y trazar las rutas que siguen cada uno de los elementos. Es importante utilizar un color diferente para cada tipo de elemento con el fin de diferenciarlos y evitar confusiones (Denver Peak Academy, 2012).



Fuente: Bialek, Duffy & Morran (2009).

Figura 2-10: Diagrama de Espagueti.

## 2.1.18. Evaluación de Layouts

### 2.1.18.1. Basado en las distancias

El objetivo basado en las distancias tiene como objetivo minimizar el costo de transportar cargas unitarias entre los diferentes departamentos o áreas especificadas. Tomando en consideración: (Tompkins et al. 2006, p.310)

- $m$ : como el número de áreas
- $f_{ij}$ : Flujo existente entre las áreas  $i$  y  $j$  en cargas unitarias y
- $c_{ij}$ : Costo de mover una carga unitaria a lo largo de una distancia.
- $d_{ij}$ : Distancia existente entre el área  $i$  y el área  $j$ .

La función objetivo es:

$$\min z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} c_{ij} d_{ij} \quad (2.1.18.1.1)$$

### 2.1.18.2. Basado en las adyacencia

Según Tompkins (2006), el objetivo basado en la adyacencia permite calcular la calificación de cercanía como la suma flujos entre las diferentes áreas adyacentes. El objetivo es maximizar la calificación utilizando la variable  $x_{ij}$ ; la cual es 1 si las áreas son adyacentes entre sí, y 0 si no lo son (p.312).

$$\max z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} x_{ij} \quad (2.1.18.2.1)$$

A pesar de que la calificación de adyacencia derivada permite comparar varias disposiciones, es factible evaluar la eficiencia en base a un límite inferior o superior. Para esto, se utiliza la calificación de adyacencia normalizada:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij}} \quad (2.1.18.2.2)$$

También conocida como la calificación de eficiencia, es calculada al dividir la calificación de adyacencia para el flujo total. Este indicador siempre estará entre cero y uno; si la calificación es igual a uno, implica que todos los departamentos que tienen un flujo entre si son adyacentes en la disposición (Tompkins et al. 2006, p.312).

Para aquellos casos en los cuales se asigne un valor negativo  $f_{ij}$  a la relación  $X$  entre los departamentos  $i$  y  $j$ . El valor exacto que se va a emplear debe establecerse con respecto a valores positivos que sean reales de la tabla



desde – hacia. En el caso de utilizar valores negativos, la calificación de adyacencia es modificada del siguiente modo: (Tompkins et al. 2006, p.312)

$$z = \frac{\sum_{(i,j) \in F}^m f_{ij}x_{ij} - \sum_{(i,j) \in \bar{F}}^m f_{ij}(1-x_{ij})}{\sum_{(i,j) \in F}^m f_{ij}x_{ij} - \sum_{(i,j) \in \bar{F}}^m f_{ij}x_{ij}} \quad (2.1.18.2.3)$$

## **2.1.19. Seguridad Industrial**

### **2.1.19.1. Salud**

Según la Organización Mundial de la Salud se define como “el estado de bienestar físico, mental y social completo y no meramente la ausencia de daño o enfermedad”. Esta es considerada como un derecho de cada persona, que puede ser amenazado por condiciones inadecuadas de trabajo que puede causar riesgos, enfermedades o accidentes profesionales (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2002).

### **2.1.19.2. Daño**

Son las lesiones o patologías que son sufridas por motivo del trabajo. Para evitarlo, se utiliza un conjunto de conocimientos, técnicas o medidas en cada una de las fases de la actividad de la empresa englobadas dentro del concepto de prevención (INSHT, 2002).

### **2.1.19.3. Peligro**

Fuente o situación de daño en términos de lesiones, daños a la propiedad, daños al medio ambiente o una combinación de ambos (INSHT, 2002).

### **2.1.20. Riesgo**

Es la combinación de frecuencia o probabilidad que puede derivarse de la materialización de un peligro. La ley de Prevención de riesgos laborales, matiza esta definición en el ámbito laboral como la probabilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo. Para calificar un riesgo desde el punto de vista de su gravedad, se valorarán conjuntamente la probabilidad de que se produzca y la severidad del mismo (INSHT, 2002).

### **2.1.21. Señalización**

Es una señalización que referida a un objeto, actividad o situación determinada, proporcione una indicación u obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, color, señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual según proceda (INSHT, 2002).

#### **2.1.21.1. Señal en forma de Panel**

Son aquellas que están conformadas por la combinación de una forma geométrica, de colores y de un símbolo o pictograma.

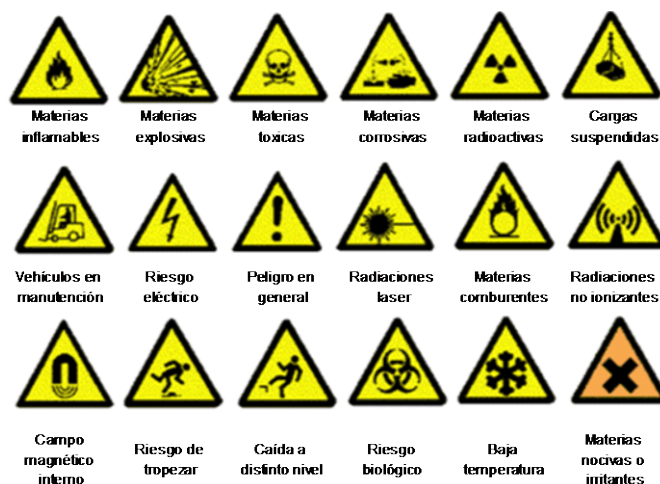
**Color de seguridad:** Aquel que atribuye un significado concreto en relación a la seguridad.

**Forma geométrica:** dado que existen personas que tienen anomalías que les impiden percibir ciertos colores, se utilizan formas geométricas para relacionarlos con los significados de seguridad.

**Símbolo o pictograma:** Dibujos esquemáticos que son utilizados en los paneles para identificar las acciones o instrumentos relacionados. Estos pueden ser de color blanco de color negro dependiendo del tipo de señal.

Los paneles pueden ser de advertencia, obligación, salvamento, prohibición, advertencia y de equipo de lucha contra incendios.

Las señales de advertencia tienen como misión la de advertirnos de un peligro, y son de forma triangular. Pictograma negro sobre fondo amarillo (INSHT, 2002).



Fuente: Modulo 2: técnicas de prevención de riesgos laborales: seguridad, INSHT.

Figura 2-11: Señales de Advertencia.

Las señales de prohibición tienen como objetivo informar que acciones o situaciones no son permitidas; se caracterizan por tener una forma redonda y pictograma negro con fondo blanco (INSHT, 2002).



Fuente: Modulo 2: técnicas de prevención de riesgos laborales: seguridad, INSHT.

Figura 2-12: Señales de Prohibición.

La señal de obligación indica que se debe realizar o seguir algún tipo de acción o normativa para evitar un accidente; se caracterizan por tener un pictograma blanco sobre un fondo azul (INSHT, 2002).



Fuente: Modulo 2: técnicas de prevención de riesgos laborales: seguridad, INSHT.

Figura 2-13: Señales de Obligación.

Las señales relativas a los equipos contra incendios son utilizados para indicar la ubicación de los dispositivos o instrumentos de lucha contra incendios como extintores, mangueras, entre otros. Tienen forma rectangular con pictograma blanco sobre fondo rojo (INSHT, 2002).



Fuente: Modulo 2: técnicas de prevención de riesgos laborales: seguridad, INSHT.

Figura 2-14: Señales relativas a los equipos contra incendios.

Las señales de salvamento son utilizadas para indicar en donde se encuentran las salidas de emergencia, lugares de primeros auxilios o de llamadas de socorro, emplazamiento para lavabos o duchas de descontaminación. Tienen forma rectangular con pictograma blanco sobre fondo verde (INSHT, 2002).



Fuente: Técnicas de prevención de riesgos laborales: seguridad, INSHT.

Figura 2-15: Señales de salvamento y socorro.

Las dimensiones mínimas de los paneles establecidas para que un observador pueda divisar la señal sin complicaciones son las siguientes:

Tabla 2-10. Distancias mínimas del observador.

Distancia del observador (metros)	Inferior a 10	Entre 10 y 20	Entre 20 y 30
Medidas de la señal (metros cuadrados)	0,2 x 0,2	0,42 x 0,42	0,594 x 0,594

Fuente: NTP 888, Señalización en los centros de trabajo.

### 2.1.21.2. Delimitación de zonas de riesgo

Se debe delimitar mediante franjas alternas amarillas y negras las zonas de tengan desniveles, obstáculos u otros elementos. Esta medida de prevención tiene como objetivo la prevención de accidentes para los trabajadores.

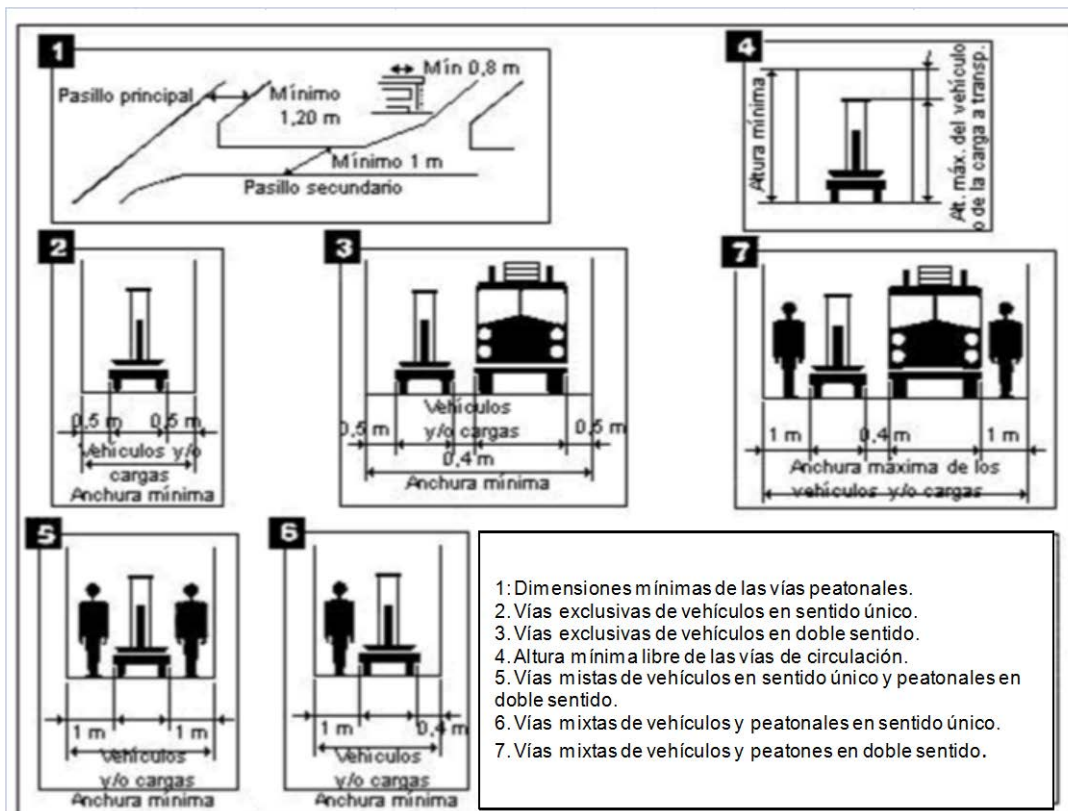


Fuente: Guía técnica sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Figura 2-16: Señalización estaciones de trabajo.

Las áreas de circulación de montacargas son delimitadas con franjas alternas de color blanco y negro (INSHT, 2002).

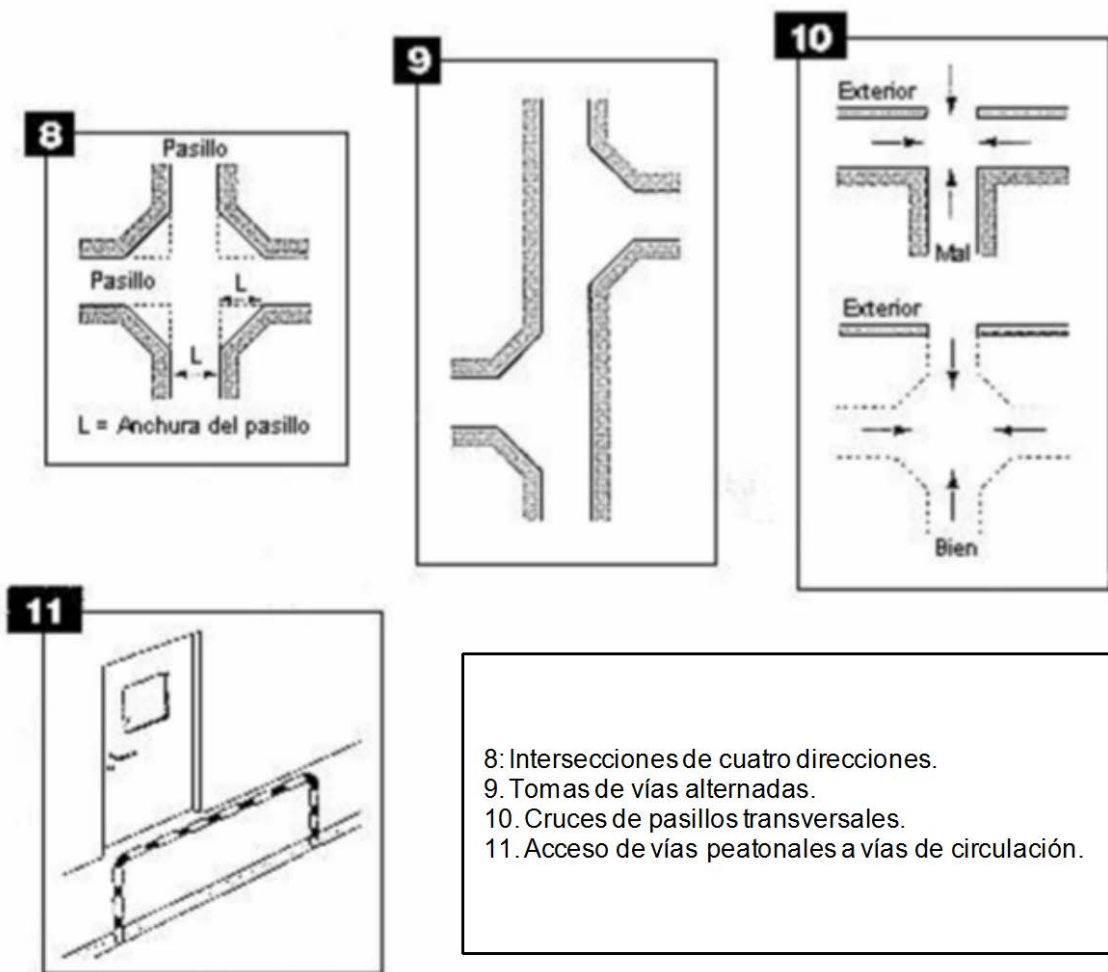
Por medidas de seguridad, es importante separar los pasillos de los peatones con los pasillos de vehículos y medios de transporte. Para esto, a continuación se muestran los anchos mínimos permitidos para cada tipo de flujo (INSHT, 1997).



Fuente: NTP 434, Superficies de trabajo seguras, INSHT.

Figura 2-17: Anchuras de pasillos para la circulación de personal y vehículos.

Es importante establecer curvas para los pasillos en el que los vehículos puedan tener una mejor maniobrabilidad. La longitud para las curvas será establecida en base al ángulo de giro del vehículo utilizado. A continuación se muestra una ilustración de la colocación de curvas en pasillos.



Fuente: NTP 434, Superficies de trabajo seguras, INSHT.

Figura 2-18: Ángulos de curva para la circulación de vehículos.



Finalmente, la implementación de un tipo adecuado de suelos para cada tipo de instalación es de gran importancia para evitar riesgos por caídas. La clasificación de superficie de piso para cada aplicación es ilustrada a continuación.

Tabla 2-11. Relación superficie de piso con aplicación.

	Aplicación												
Superficie del piso	Suelos de pisos altos	Suelos de pisos bajos	Pisos suspendidos	Pisos para vehículos	Rampas y patios de carga	Zonas de producción	Almacenes, depósitos	Peldaños de escaleras	Oficinas	Laboratorios	Fabricación de alimentos	Comedores	Plataformas, pasarelas
Hormigón													
Asfalto con mástiques en caliente													
Emulsión de asfalto													
Bloques de madera													
Listón o tablón de madera													
Baldosa asfáltica													
Baldosa asfáltica resistente a la grasa													
Mástique aglutinado con resina													
Linóleo													
Terrazo													
Baldosas de goma													
Baldosas cerámicas													
Baldosas de PVC													
Baldosas metálicas													
Rejilla													

Fuente: NTP 434, Superficies de trabajo seguras, INSHT.

## 2.1.22. Protección Contra incendios

### 2.1.22.1. Extintores de incendio

Los extintores de incendio son considerados como uno de los métodos más eficaces para controlar de forma inmediata un incendio local. El campo de

equipo de protección contra incendios está identificado en categorías tipo A, B, C y D. Cada tipo de extintor está destinado para aplacar una clase de incendio con una distancia máxima de recorrido (Ray & Rieske, 2010, p.320).

Tabla 2-12: Clases de incendio y medios apropiados de extinción.

Clase de incendio	Descripción	Ejemplo de medio de extinción	Máxima distancia de recorrido al extintor más cercano autorizada por OSHA.
A	Papel, madera, ropa y algunos materiales plásticos y de hule	Espuma, corriente cargada, químico seco, agua.	22,86 metros
B	Líquidos inflamables o combustibles, gases inflamables, grasas y materiales similares	Bromotrifluorometano, bióxido de carbono, polvo químico seco, espuma corriente cargada.	15,24 metros
C	Equipo eléctrico energizado	Bromotrifluorometano, bióxido de carbono, polvo químico seco.	No existe un máximo específico, distribuir "con base en el patrón apropiado para los riesgos existentes Clase A o B"
D	Metales combustibles, como magnesio, titanio, circonio, sodio, litio y potasio	Polvos especiales, arena	22,86 metros

Fuente: Ray et al. 2010, p.320

Según la Norma para Extintores Portátiles contra incendios (NFPA 10), establecida en el 2007 y aprobada por la American National Standart (ANSI); existe una clase de incendio K ocasionado por aparatos de cocina que involucren un medio combustible (aceites minerales, animales y grasas) (NFPA 10, 2007, p. 20).

La determinación del tipo de medio de extinción es escogida en base a la siguiente tabla de especificadores establecidas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT, 1996).

Tabla 2-13: Agentes Extintores y su adecuación a las distintas clases de fuego.

AGENTE EXTINTOR	CLASE DE FUEGO			
	A (Sólidos)	B (Líquidos)	C (Gases)	D (Metales especiales)
Agua pulverizada	OOO (2)	O		
Agua a chorro	OO (2)			
Polvo BC (convencional)		OOO	OO	
Polvo ABC (polivalente)	OO	OO	OO	
Polvo específico metales				OO
Espuma física	OO (2)	OO		
Anhídrido carbónico	O (1)	O		
Hidrocarburos halogenuros	O (1)	OO		

Notas:

1. En fuegos poco profundos (profundidad inferior a 5 mm.) puede asignarse OO
2. En presencia de corriente eléctrica no son aceptables como agentes extintores el agua a chorro ni la espuma; el resto de los agentes extintores podrán utilizarse en aquellos extintores que superen el ensayo eléctrico normalizado en UNE-23.110.

Fuente: NTP 536, Extintores de incendio portátiles: utilización, INSHT.

“Los edificios con incendios originados por riesgos de clase B o C, deben tener como complemento los extintores de clase A para la protección del edificio, adicionalmente, los extintores para la clase B, C o ambas.” (NFPA 10, 2007, p. 20) La localización de los extintores es establecida a continuación.

Tabla 2-14: Tamaño y localización de extintores tipo A.

Criterio	Riesgo Leve (bajo)	Ocupación Riesgo Ordinario (moderado)	Riesgo Extra (alto)
Clasificación mínima por extintor individual	2-A	2-A	4-A
Máximo de área por piso por unidad A	3.000 ft <sup>2</sup>	1.500 ft <sup>2</sup>	1.000 ft <sup>2</sup>
Área máxima cubierta por extintor	11.250 ft <sup>2</sup>	11.250 ft <sup>2</sup>	11.250 ft <sup>2</sup>
Distancia máxima de recorrido hasta el extintor	75 ft	75 ft	75 ft

Fuente: NFPA 10, 2007, p.28.

Tabla 2-15: Tamaño y localización de extintores tipo B.

Tipo de Riesgo	Clasificación Básica Mínima del Extintor	Distancia Máxima a recorrer hasta el Extintor	
		(pies)	(metros)
Leve (bajo)	5B	30	9,15
	10B	50	15,25
Ordinario (moderado)	10B	30	9,15
	20B	50	15,25
Extra (alto)	40B	30	9,15
	80B	50	15,25

Fuente: NFPA 10, 2007, p.30.

Los extintores de incendios pueden ser colocados en las columnas del edificio, o en las paredes para cumplir con la distancia máxima de recorrido hasta el extintor. Según la NFPA 10 (2007). Los extintores de clasificación tipo C deben ser instalados donde se encuentre el equipo energético. Si el fuego es de clase A o B, los extintores son clasificados y localizados en base a los riesgos previstos. (p.31)

### 2.1.22.2. Gabinetes contra incendios

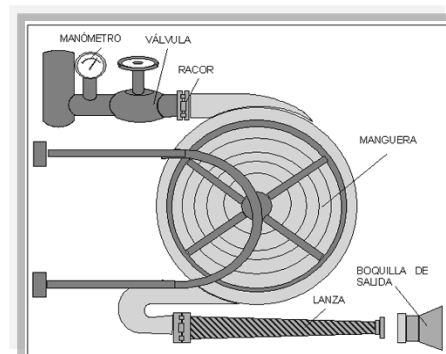
La Norma para Extintores Portátiles Contra Incendios establece que un gabinete es un aparato para guardar un extintor portátil, el cual está diseñado para almacenar y proteger el equipo contra incendio (NFPA 10, 2007, p. 14).

Este tipo de gabinete utilizado para las instalaciones es llamado como una boca de incendio (B.1.E), este es un equipo completo para combatir incendios dentro de la planta que está equipada con los siguientes componentes: (F.M.S.B. "Santa Bárbara" S.A, 2006, p.82)

Tabla 2-16: Componentes del gabinete contra incendios.

Componentes del Gabinete de Incendios	
Boca de Incendio Equipada.	Mangueras de 25 o 45 mm.
Red de tuberías de agua.	Racor.
Fuente de abastecimiento de agua.	Válvula.
Boquilla.	Manómetro.
Lanza.	Soporte.

Fuente: F.M.S.B, 2006, p.82.



Fuente: F.M.S.B, 2006, p.82.

Figura 2-19: Componentes del Gabinete contra incendios.

Los Gabinetes contra incendios deben estar ubicados cerca a las salidas del edificio a una distancia máxima de 5 metros. También, debe existir una

distancia máxima de 50 metros entre gabinetes, procurando que exista un espacio libre sin obstáculos. Las áreas protegidas por estos no deben exceder de 25 metros cuadrados.

### **2.1.22.3. Sistemas de detección de incendios**

Para disparar un sistema de alarma, se utilizan detectores contra humo y otros dispositivos de detención. Si se emplean sistemas automáticos de detección, se debe procurar dar mantenimiento preventivo al equipo para asegurar su correcto funcionamiento. Este tipo de sistemas permite el llamado automático a las brigadas contra incendios o al cuerpo de bomberos en el caso de que se inicie un incendio (Ray et al. 2010).

### **2.1.23. Vías de evacuación**

El plan de emergencia en cualquier centro de trabajo tiene como finalidad proteger a las personas y a las instalaciones ante situaciones críticas, minimizando las posibles consecuencias. La mejor salvaguarda ante una emergencia es que los ocupantes puedan trasladarse a un lugar seguro y en un tiempo adecuado (INSHT, 2006).

#### **2.1.23.1. Origen de la evacuación**

“Cualquier punto ocupable con excepción de los recintos de densidad de ocupación baja y superficie menor de 50 metros cuadrados, cuyo origen de evacuación es su puerta” (INSHT, 2006).

### **2.1.23.2. Recorridos de evacuación**

“Longitud real sobre el eje de los pasillos, escaleras y rampas” (INSHT, 2006).

### **2.1.23.3. Recinto**

“Espacio cerrado y formado por elementos constructivos deparadores, puede abarcar diversas plantas pero constituye un sector de incendio” (INSHT, 2006).

### **2.1.23.4. Salida del edificio**

Puerta o hueco utilizable como paso a un espacio exterior seguro. Si el espacio exterior no tiene capacidad para todos los ocupantes, se podrá buscar otro espacio adicional capaz, con la condición que el recorrido al lugar sea menor a 50 metros (INSHT, 2006).

### **2.1.23.5. Espacio Exterior Seguro**

El espacio exterior seguro es considerado en la vía pública en una zona delimitada con un radio de  $0,1 P$  metros, en donde  $P$  es el número de ocupantes. En el caso de que el exterior no esté comunicado a la red viaria o espacio abierto, no será preciso computar la superficie necesaria dentro del radio de distancia citado pero habrá que excluir una franja de quince metros desde la fachada. Este espacio se determina a razón de 0,5 metros cuadrados de persona como mínimo (INSHT, 2006).

### **2.1.24. Equipos de Protección Individual**

Cualquier equipo destinado a ser puesto o sujetado por el trabajador para que lo proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin. Se clasifican en los siguientes: (INSHT, 1997, p.9)

- Cascos de protección para la industria.
- Protectores de los ojos y de la cara.
- Protectores del oído.
- Protectores de las vías respiratorias.
- Guantes de protección.
- Zapatos y botas de seguridad.
- Ropa de protección.
- Chalecos salvavidas para la industria.
- Protectores contra caídas.

### **2.1.25. Análisis Económico y Valoración de Costos**

#### **2.1.25.1. Factores de Pago Único (F/P Y P/F)**

Los factores de pago único son utilizados en ingeniería económica para determinar la cantidad de dinero futuro (F) que es acumulado después de n



periodos a partir de un valor presente (P); el interés  $i$  puede ser compuesto o anual. El factor de cantidad compuesta de factor único (FCCPU) determinado como  $(1+i)^n$  hace referencia al factor de conversión F/P utilizado cuando se traslada un valor presente a un periodo  $n$  en el futuro (Blank et al. 2004, p.52).

$$F = P(1 + i)^n \quad (2.1.25.1.1)$$

Para calcular el valor P dado un valor F, se procede a despejar la ecuación anterior para obtener que:

$$P = F \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right] \quad (2.1.25.1.2)$$

La expresión que se encuentra entre corchetes es conocida como el factor de valor presente de pago único (FVPPU), también conocido como factor P/F (Blank et al. 2004, p.53).

### 2.1.25.2. Análisis Beneficio/Costo

La razón beneficio/costo es considerado un método fundamental para el análisis de proyectos. Para realizar el análisis, se determinan los ingresos generados por el proyecto (beneficios), desembolsos requeridos para su ejecución (contrabeneficios), el costo (inversión inicial) y los costos de mantenimiento y operación (M&O). La razón B/C convencional más utilizada es calculada de la siguiente manera: (Blank et al. 2004, p.190)

$$\frac{B}{C} \text{ modificada} = \frac{\text{Beneficios} - \text{Contrabeneficios} - \text{Costos M\&O}}{\text{costo}} = \frac{B - CB}{C} \quad (2.1.28.3.1)$$

Para determinar si el proyecto es viable, se implementan las siguientes directrices:

- Si la razón Beneficio/Costo modificada es mayor a 1, se determina que el proyecto es económicamente aceptable para los estimados establecidos y la tasa de rendimiento aplicada.
- Si la razón Beneficio/Costo modificada es menor a 1, se determina que el proyecto no es económicamente aceptable para los estimados establecidos y la tasa de rendimiento aplicada.

Para realizar un análisis económico de alternativas públicas, si se consideran los costos (inicial y anual) los beneficios positivos, mientras que los contrabeneficios deberían estimarse con tanta exactitud como sea posible (Blank et al. 2004, p.323).

**Costos:** Estimación de gastos para la entidad gubernamental para la construcción, operación y mantenimiento del proyecto.

**Beneficios:** Ventajas que experimenta el propietario, el público.

**Contrabeneficios:** Desventajas para el propietario cuando se lleva el proyecto bajo consideración. Los contrabeneficios pueden consistir en desventajas económicas indirectas a la alternativa (Blank et al. 2004, p.323).

Es importante anotar que es muy difícil estimar y coincidir en lo relacionado con el impacto económico de los beneficios y contrabeneficios para una alternativa del sector público (Blank et al. 2004, p.323).

## **2.2. Revisión Literaria**

Se consideraron los siguientes aspectos para la revisión. Los proyectos e investigaciones semejantes al tema de tesis deben tener una antigüedad máxima de 15 años. Este lineamiento de búsqueda permite investigar sobre implementaciones y proyectos relacionados con el tema de tesis.

También, se investigaron proyectos involucrados con la instalación de líneas de producción de municiones; esta revisión es complementaria a las actividades de la empresa Santa Barbará E.P. La búsqueda es utilizada para tener una guía de medidas de seguridad, lineamientos y consideraciones que deben tomarse en cuenta para la instalación de la nueva planta de municiones.

### **2.2.1. Problema de Layout de las instalaciones, un estado del arte.**

El documento de investigación realizado por Matai, Singh & Mittal (2010) desarrolla una recopilación de herramientas y metodologías utilizadas para la creación de nuevos layouts. Los problemas de distribución de plantas son clasificados por: objetivos múltiples (MFLP), estáticos (un solo periodo), layout de instalaciones (DFLP) y estocásticos de layout (DFLP).

Las técnicas de resolución sigue los siguientes pasos: extraer el algoritmo, desarrollo del método heurístico, construcción del algoritmo mediante métodos como INLAYT, SHAPE y QLrAARP y mejora de la distribución propuesta mediante técnicas como CRAFT o MULTIPLE (Matai et al. 2010).

Los algoritmos y métodos heurísticos ilustrados en la investigación establecen funciones objetivo de distancias o adyacencias. Estos buscan reducir el costo de transportar materia prima, componentes y productos terminados, mediante la reducción de distancias y establecimiento de restricciones. No obstante, el documento recomienda utilizar métodos heurísticos para desarrollar una distribución inicial y utilizar un sistema de ecuaciones de ser necesario (Matai et al. 2010, p.17).

### **2.2.2. Caso de estudio implementación de lean con layout celular.**

La compañía ALCAST Pte. Es un proveedor de partes de misiles para algunas entidades del gobierno de Estados Unidos. Este distribuidor fue elegido para emprender un proyecto en el cual es utilizado Lean y distribución de layout celular. En el caso de estudio se forman de celdas de manufactura en base a una matriz de incidencia entre partes; utilizadas para determinar estaciones de trabajo para un set de piezas a procesar (Pattanalk & Sharma, 2009).

En el estudio se realizó el actual layout de la planta, para esto, se inició identificando los tiempos de procesamiento y manejo de material. En este proyecto, se reubicaron máquinas dentro de celdas de manufactura a lo largo de una línea de flujo establecida. La agrupación propuesta mediante el uso de coeficientes de producción, dendograma, e identificación de actividades, permitió balancear las actividades de producción a lo largo de tres celdas de manufactura. La propuesta identificó desperdicios generados en actividades

que no agregaban valor al producto y redujo el tiempo de inactividad en las estaciones de trabajo (Pattanalk et al. 2009).

### **2.2.3. Un algoritmo heurístico de flujo para la formación de celdas de producción y diseño de layout.**

La manufactura celular es una aplicación desarrollada en base a los conceptos de grupos de tecnología. Su objetivo es el de identificar procesos y tareas similares para agrupar máquinas en celdas de manufactura, basándose en las contribuciones que dan al proceso. Este estudio desarrolla un algoritmo heurístico basado en una matriz de flujo para la formación de celdas de producción, utilizando datos secuenciales de producción (Mahdavi, Shirazi & Paydar, 2008).

Para su implementación, primero se identifican los siguientes factores: el flujo que existe entre las áreas de la empresa, número de trabajos que se realizan por cada celda de manufactura, partes que deben ser producidas y la cantidad de máquinas existentes en la empresa. Después, se utiliza una matriz máquina-parte para asignar máquinas a las celdas de producción. A lo largo del proceso, el algoritmo propuesto busca incrementar el índice total de movimientos y la utilización en base a una función objetivo basada en adyacencias (Mahdavi et al. 2008).

### **2.2.4. Diseño de Plantas Flexibles de Layout**

El presente estudio realizado en la Universidad de Minnesota abarca el problema de desarrollar diseños de planta flexibles que permitan acoplarse a

demandas que son variables en el tiempo. El diseño considera demandas en diversos escenarios de ocurrencia asociados a probabilidades para diversos productos (Benjaafar & Sheikhzadeh, 2005).

Este desarrollo de layout permite que la empresa pueda modificar su distribución de máquinas acorde a la circunstancia y a las partes o productos que se van a procesar. Este modelo matemático considera el flujo de producto entre los departamentos, las distancias, la adyacencia y la probabilidad de demanda relacionada. El enfoque del proyecto es de establecer tareas que compartan el procesamiento de productos en espacios conjuntos (Benjaafar et al. 2005).

#### **2.2.5. Diseño del campamento base, selección del lugar y diseño del layout de la planta.**

El proyecto realizado por la institución militar West Point ubicada en Nueva York, ilustra el procedimiento para la planeación, diseño, construcción y mantenimiento de campamentos base. Para esto, los desarrolladores del proyecto integraron la utilización de la metodología POM (Production and Operations Management) para Windows 5; esta establece los pasos para el diseño de plantas tomando en consideración restricciones como el flujo de materiales, personas dentro de cada área y costos relacionados (Ezell & Davis, 2001).

La metodología establece los flujos necesarios entre las áreas y desarrolla una disposición óptima. El software utilizado realiza las interacciones mediante intercambio pareado para reducir los costos de transporte entre las áreas establecidas. Cabe recalcar que el plan también determina un modelo

para la toma de decisiones al elegir el nuevo lugar de construcción de la planta (Ezell et al. 2001).

#### **2.2.6. Diseños de planta de la siguiente generación.**

En el presente estudio se explica la importancia que existe en diseñar distribuciones de planta que sean flexibles. Esta nueva tendencia busca reducir drásticamente el costo de rediseñar una instalación. En la actualidad, los requerimientos de los clientes varían constantemente, lo que obliga a las empresas a nuevos productos en periodos cortos de tiempo; esta tendencia ha causado que el rediseño de plantas ya establecidas requiera de costos excesivos para ajustar sus operaciones a nuevos productos (Benjaafar, Sunderesh, Heragu & Shahrukh, 2012).

Al distribuir las áreas en celdas de manufactura virtuales para producir un cierto producto, se logra reducir los tiempos de ciclo e incrementar la utilización en toda la línea de producción. Es necesario establecer entre las estaciones una ruta principal por la cual circulen los productos y caminos salientes que permitan abastecer a las máquinas. Este tipo de distribuciones siguen el flujo de proceso, permitiendo reducir costos de transporte y agilizar la distribución de recursos (Benjaafar et al. 2012).

#### **2.2.7. Manual de procesos para la fabricación de cartuchos calibre 5,56 mm en la fábrica de municiones del ejército de Guatemala.**

En el respectivo proyecto de tesis se realiza un análisis de los procesos necesarios para la fabricación de municiones calibre 5,56 milímetros. El

analista inicia con la definición de las tareas requeridas para la fabricación de la munición y las distribuye de acuerdo a los componentes que son la vaina, la bala y el fulminante. Después de ser producidas, las partes pasan a ser ensambladas con la cantidad de pólvora requerida (Ochaeta, 2010).

Adicionalmente, en el proyecto se analizan todos los riesgos ergonómicos, físicos y químicos a los cuales están expuestos los trabajadores y se ilustran las normas de seguridad requeridas para mitigarlos. También, se establecen los procedimientos requeridos para el almacenamiento seguro de las municiones y como deben manipularse para evitar el peligro de detonación (Ochaeta, 2010).

#### **2.2.8. Propuesta rediseño de Layout y mejoramiento de flujo de materiales en el área de producción de la empresa de calzado FAME S.A.**

Los estudiantes de la Universidad San Francisco desarrollan un proyecto de tesis en el cual desarrollaron una nueva distribución de layout utilizando la metodología SLP para reducir el costo de transporte de productos y componentes en el área de producción de la empresa FAME S.A. (Arciniegas & Sanchez, 2012).

Este proyecto utiliza herramientas como matrices desde hacía y flujo entre para determinar los flujo entre las áreas de la producción. Después, utilizan metodologías de Intercambio Pareado, CRAFT, BLOCKPLAN y PEM (Programación Entera Mixta) para la generación de diversas distribuciones de planta que reduzcan costos de transporte e incrementar la eficiencia (Arciniegas et al. 2012).



Para medir el desempeño de la propuesta, también se ilustra la utilización de un modelo de simulación utilizado el software Arena. El proyecto identifica las distribuciones de probabilidad para los tiempos de procesamiento de cada tarea y los cuellos de botella que se generan al momento de producir. Después se evalúa una propuesta de mejora en el caso de adquirir una nueva máquina con mayor capacidad (Arciniegas et al. 2012).

### **2.2.9. Propuesta del diseño de las instalaciones de la Industria Harinera S.A. para su nueva ubicación en el Parque Industrial de Quito en el sector Turubamba.**

En el presente proyecto de tesis propone mejorar la disposición actual de la Industria Harinera S.A. Para lograrlo, en analista procede a identificar las distancias y flujos existentes entre las diferentes áreas en el departamento de producción. Cabe recalcar que, se define los flujos en tablas desde – hacia, los cuales se dirigen estrictamente en un solo sentido y no en forma cíclica (orden topológico) (Tobar. 2011).

Determinadas las distancias, costos y flujos, en el proyecto se desarrolla una distribución óptima mediante programación entera mixta (PEM) utilizando el software ampl. Después de establecerse la mejor distribución en base a distancias, el analista realiza un modelo de simulación para analizar el proceso de producción de la nueva área de producción propuesta. La distribución de las diferentes estaciones fue clasificada en base a los productos (Tobar, 2011).

### **2.2.10. Diseño de una planta para el mantenimiento de los vehículos de la Policía Nacional del Ecuador asignados a la provincia de Pichincha.**

En este proyecto, se utiliza inicialmente un análisis estadístico para determinar la cantidad de vehículos que la planta de mantenimiento debe atender. Después, se establecieron todas las herramientas, equipo y operarios necesarios para cada estación de trabajo en base a un diagrama de flujo. Con estos parámetros, se utilizó un diagrama de relaciones para determinar la cercanía entre las estaciones de trabajo (Miranda & Moreta, 2012).

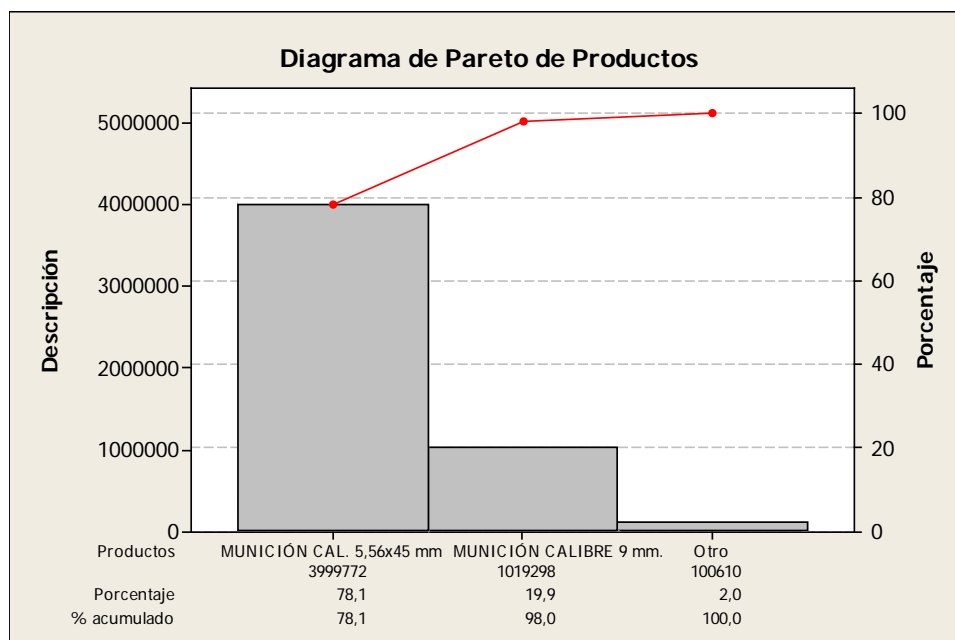
Después de establecerse un diseño de planta adecuado, los analistas proceden a establecer todas las normativas y medidas de seguridad industrial necesarias para la prevención de accidentes en la planta. Finalmente, el proyecto culmina con la elaboración de un análisis económico en el cual se establecen si el proyecto es viable (Miranda et al. 2012).

## CAPITULO III: ANÁLISIS DEL PROBLEMA

### 3.1. Determinación de los productos más importantes.

El gerente de la empresa Cristian Alvarado ha constatado que la nueva línea de producción de munición calibre 5,56 milímetros es la más vendida en el mercado. Por esta razón, ha decidido expandir la nueva línea de ensamblaje a una línea de producción para reducir costos.

No obstante, para determinar si la decisión realizada fue correcta, se procedió a consultar la producción realizada en el transcurso del año con el gerente de producción de armas y municiones, Ingeniero Danny Cárdenas (2012). Después, se realizó un diagrama de Pareto para determinar cuáles son los productos que se producen en mayor cantidad. La gráfica se desarrolló en base a los datos mostrados en el Anexo 1.



Fuente: Elaboración Propia, realizado en Minitab 15.

Figura 3-1: Diagrama de Pareto producción del año 2012.

Como se puede observar en la figura 3-1, el 98% de los productos fabricados en el 2012 se distribuyen entre las municiones de calibre 5,56 y 9 milímetros. No obstante, el diseño actual de la planta está dirigido solo al ensamblaje de municiones de fuego central.

Para poder satisfacer la futura demanda de estos productos, es necesario que se realice un nuevo diseño de planta que permita incrementar la capacidad de producción de estos dos tipos de municiones. También, a fin de reducir costos, línea de ensamblaje actual incorpore todas las actividades relacionadas con la producción de municiones calibre 5,56 milímetros.

Después, se procedió a determinar los factores y causas que impiden la fabricación de municiones con los encargados de producción y con el general de la empresa (Alvarado, 2012). Finalmente, se desarrolló un diagrama causa efecto para clasificarlos entre cinco causas que son: máquina, material, personal, entorno y métodos.



Fuente: Alvarado (2012), realizado en Minitab 15.

Figura 3-2: Diagrama de causa y efecto para la producción de municiones.

### 3.2. Cadena de Valor de la empresa

Para conocer desde una perspectiva general como opera la Empresa Santa Bárbara E.P, se procedió a determinar los macro procesos productivos, gobernantes y habilitantes. Después, se estableció como input las necesidades para la fabricación de productos y sus principales clientes.



Fuente: Creación propia, realizado en Microsoft Visio 2010.

Figura 3-3: Cadena de Valor de la Empresa Santa Bárbara.

### 3.3. Lista Maestra de procesos

En base a la información recopilada en las diferentes áreas de la organización y a la cadena de valor desarrollada en la sección 3.2, se muestra a continuación la lista maestra de procesos propuesta de la empresa Santa Bárbara E.P.

Tabla 3-1: Lista Maestra de Procesos de la empresa Santa Bárbara.

Macro procesos	Proceso	Subproceso 1	Subproceso 2	Código
<b>Gobernantes</b>	Gestión recursos administrativos	Administración personal		GPA-01
		Capacitación		GPA-02
		Evaluación desempeño		GPA-03
		Almacenamiento y distribución		GPA-04
	Planificación Financiera	Estudio económico		GPF-01
		Gestión orden de producción		GPF-02
		Manejo inventario		GPF-03
		Gestión presupuesto		GPF-04
	Aseguramiento de la calidad	Control de calidad		GPC-01
		Indicadores de gestión		GPC-03
<b>Habilitantes</b>	Seguridad y salud ambiental	Seguridad industrial		AGS-01
		Análisis control riesgos		AGS-02
		Responsabilidad ambiental		AGS-03
	Investigación y desarrollo	Desarrollo productos		AGI-01
		Mejora continua		AGI-02
		Asesoría técnica		AGI-03
		Establecimiento medidas		AGI-04
		Proyectos de mejora		AGI-05
		Administración personal		AGR-01
	Recursos humanos	Capacitación		AGR-02
		Inducción		AGR-03
		Evaluación y seguimiento		AGR-04
		Pago personal		AGR-05
		Contratación y despido		AGR-06
		Gestión ventas		GPC-01
	Comercialización	Servicio post – venta		GPC-02
		Capacitación clientes		GPC-03
		Clasificación clientes		GPC-04
		Investigación mercado		GPC-05
		Planificación de ventas		GPC-06
		Planificación		GPA-01
	Adquisiciones	Evaluación de proveedores		GPA-02
		Adquisición de productos		GPA-03
		Importaciones		GPA-04
		Planificación		GPA-05
Macro procesos	Proceso	Subproceso 1	Subproceso 2	Código
<b>Productivos</b>	Producción	Producción Municiones	Orden de producción	GPM-0101
			Generación de pedido	GPM-0102
			Almacenamiento	GPM-0103
			Recolección materia prima	GPM-0104
			Dosificación máquinas	GPM-0105
			Estirado	GPMV-0101
			Recocido	GPMV-0102
			Decapado	GPMV-0102
			Corte exceso	GPMV-0103
			Prensado	GPMV-0103
			Normalizado	GPMV-0104
			Conificado	GPMV-0104
			Taladrado	GPMV-0105
			Enjuague	GPMV-0105
			Abrillantado	GPMV-0106
			Secado	GPMV-0106

			Ranulado	GPMV'0107
			Control dimensional	GPMV-0107
			Recocido	GPMV'0108
			Inspección visual	GPMV-0108
			Moleteado	GPMV'0109
			Control pesaje	GPMV-0109
			Fabricación bala	GPMV'0110
			Calibrado alambre	GPMV-0110
			Prensado del núcleo	GPMV'0111
			Pulir	GPMV-0111
			Inserción fulminantes	GPM-0105
			Carga de cartuchos	GPM-0106
			Control de calidad	GPM-0107
			Empaque en colmena	GPM-0108
			Sellado y vaciado	GPM-0109
			Extrusión	GPMZ-0101
			Formación perdigones	GPMZ-0102
			Carga de cartuchos	GPMZ-0103
			Recopilación	GPM-0110
			Despacho orden de pedido	GPM-0111
		Producción de Armas	Almacenamiento	GPA-0101
			Recolección materia prima	GPA-0102
			Dosificación máquinas	GPA-0103
			Corte	GPA-0104
			Fresado	GPA-0105
			Torneado	GPA-0106
			Tratamiento superficial	GPA-0107
			Marcación	GPA-0108
			Pintura	GPA-0109
			Bodega	GPA-0110
División Industrial	Producción estructuras		Planificación producción	GPI-101
			Producción metalmecánica	GPI-102
			Producción estructuras	GPI-103
			Control de calidad	GPI-104

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

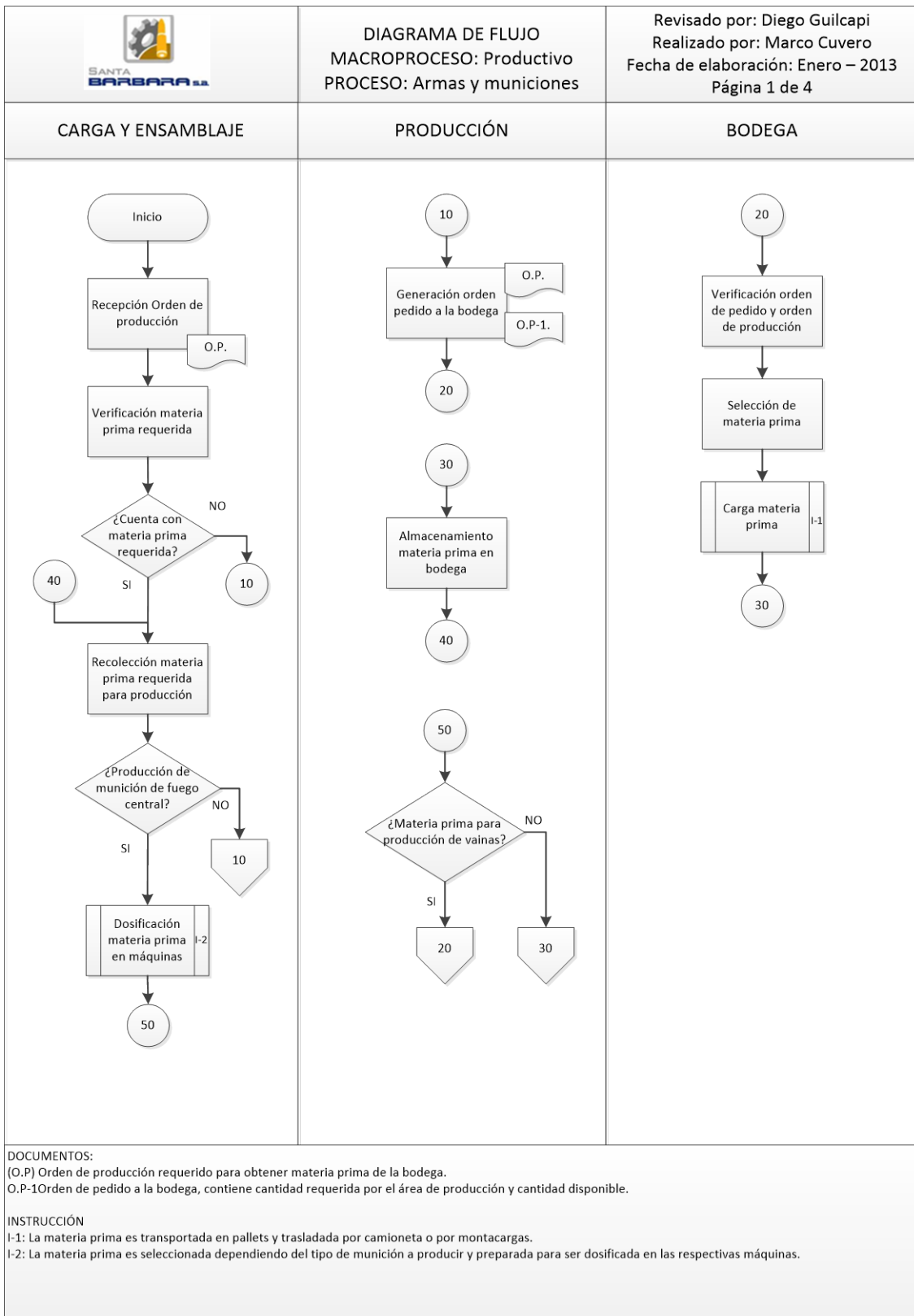
Como se puede observar en la Tabla 3-1, se clasificó a los procesos en tres grandes categorías. Los procesos productivos son todos aquellos que están involucrados en la generación del producto o servicio. Los procesos gobernantes son todos aquellos en los cuales permiten establecer las metas y objetivos en la empresa. Finalmente, los procesos habilitantes son todos aquellos que brindan apoyo a los dos macro procesos anteriores. Las actividades identificadas con relación a la fabricación de copas, vainas y fabricación de munición de se relacionaron con los códigos GPMC, GPMV y GPMZ.

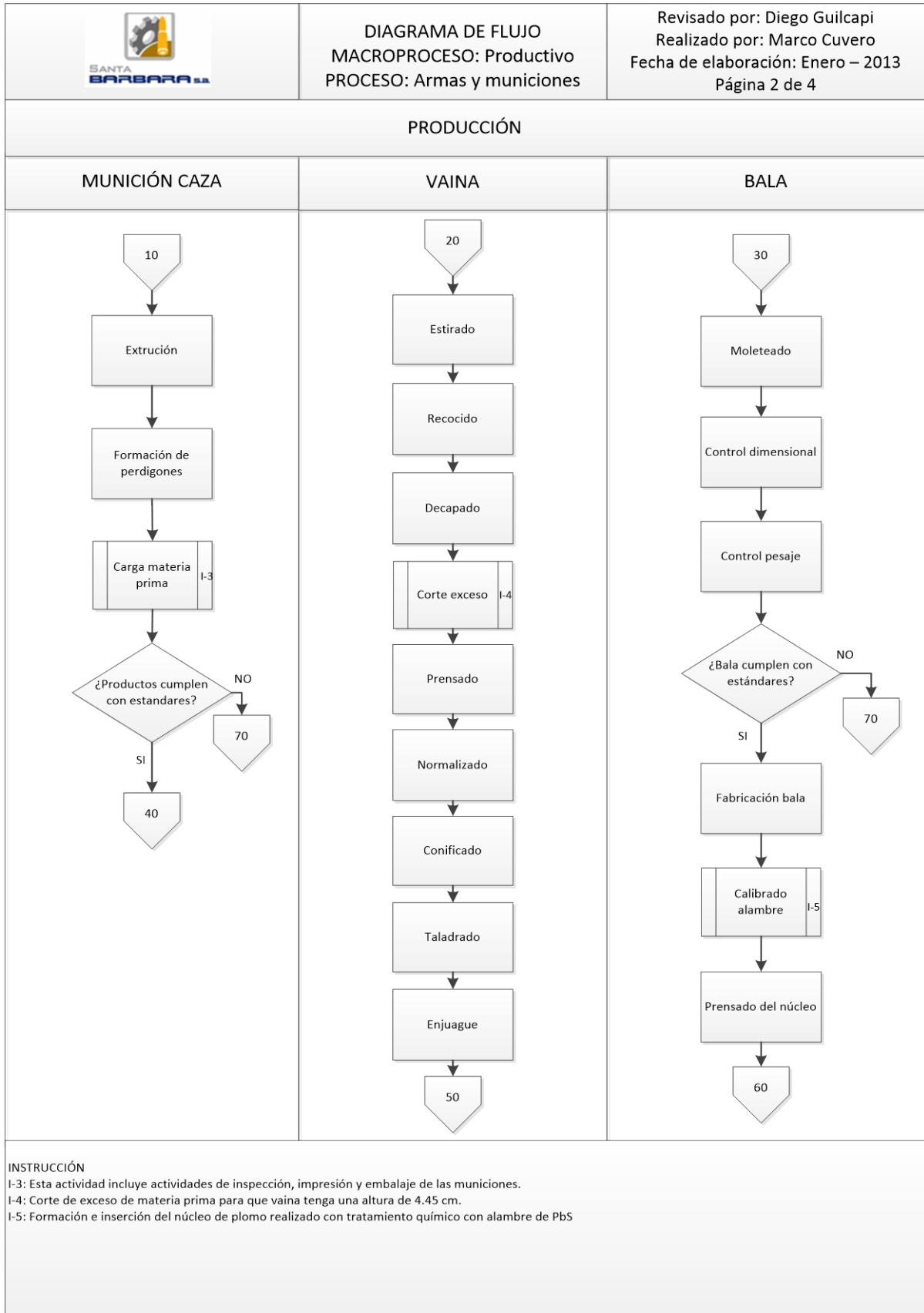


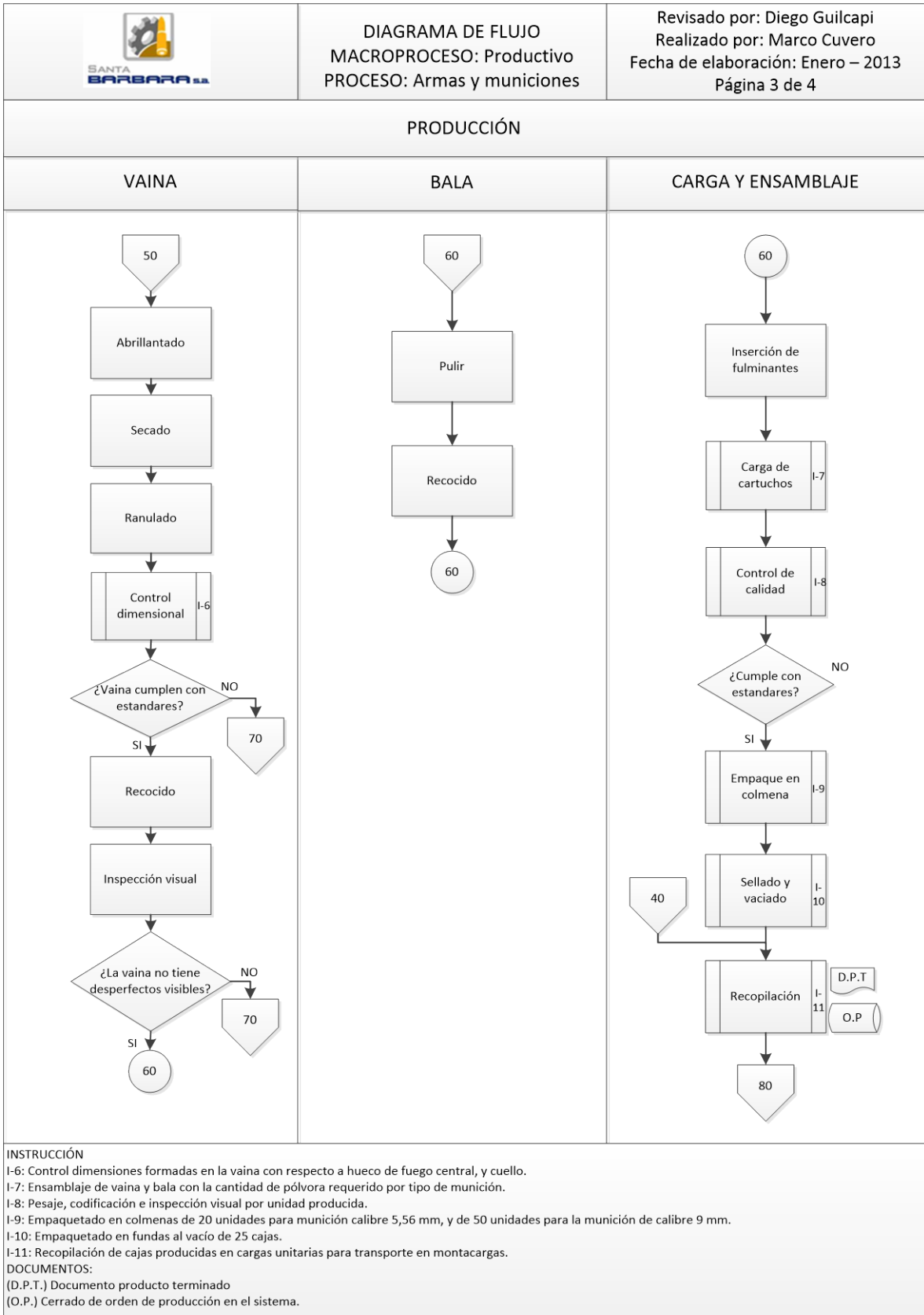
Dado que la empresa actualmente so ensambla municiones, fue necesario identificar los recursos y tareas relacionadas con la producción de las balas y vainas de la munición. Con este fin, se procedió a entrevistar al experto de armas Ing. Pablo Figueroa (2012), y a los trabajadores de antigüedad que trabajaron cuando la línea de producción se encontraba en funcionamiento. La información recopilada fue comparada con el proyecto de tesis ilustrado en la sección 2.2.7.

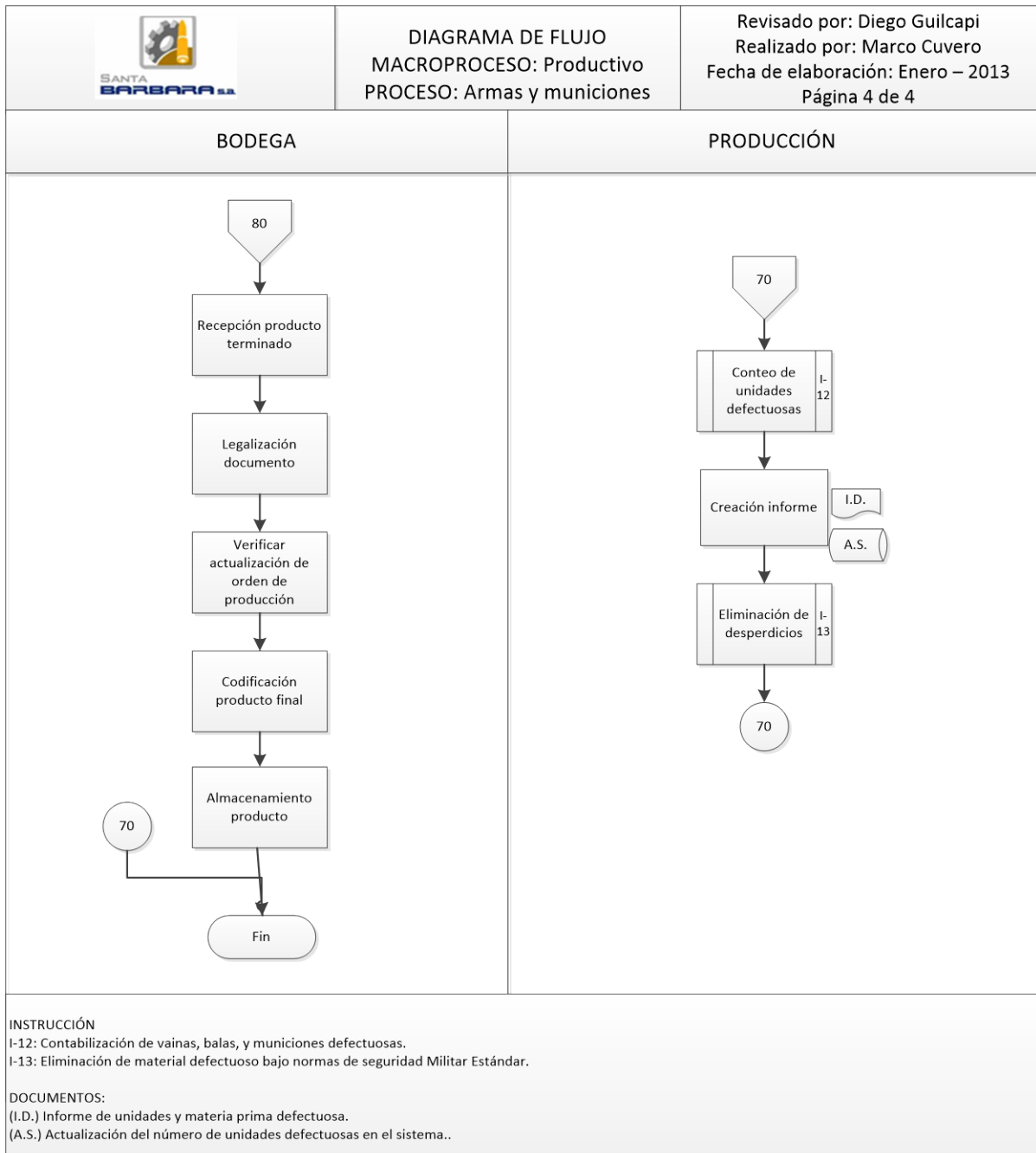
Adicional al proceso de fabricación de municiones, se identificó las actividades relacionadas con la fabricación de armas. Este levantamiento de información fue requerido por la empresa para incursionar en la fabricación de revólveres. No obstante, las máquinas requeridas no serán ubicadas en taller de municiones.

En base a las actividades definidas por la lista maestra de procesos, se desarrolló el flujograma para el nuevo proceso de producción de municiones.









Fuente: Elaboración Propia, realizado en Microsoft Visio 2010.

Figura 3-4: Diagrama de flujo proceso armas y municiones.

### 3.4. Determinación de celdas de manufactura

Se utilizó como referencia la metodología DCA ilustrada en la sección 2.1.10.4 para determinar la disposición de las celdas de manufactura de fabricación y ensamblaje de municiones. Para lograrlo, se determinó la matriz tarea-producto, en la cual se relacionó los diferentes tipos de municiones producidas con las tareas identificadas en la figura 3-4.

Tabla 3-2: Matriz producto – tarea de proceso

		Tareas																				# de 1s																
		Estirado	Recocido	Decapado	Corte Exceso	Prensado	Normalizado	Conificado	Taladrado	Enjuague	Abrillantado	Secado	Ranulado	Control dimensional	Recocido	Inspección visual	Moleteado	Control dimensional	Control pesaje	Fabricación baía	Calibrado alambre		Prensado del núcleo	Pulir	Recocido	Fabricación perdigón	Extrusión	Formación de perdigones	Carga de materia prima	Inserción de fulminantes	Carga de cartuchos	Control de calidad	Empaque en colmena	Sellado y vaciado	Recopilación			
productos	MUNICIÓN ANTIMOTÍN CAL. 12 SAQUETE																								1	1	1	1						1	5			
	MUNICIÓN ANTIMOTÍN CAL. 12 VARIOS PERDIGONES																									1	1	1	1						1	5		
	MUNICIÓN ANTIMOTÍN CAL. 12 UN PERDIGON																									1	1	1	1						1	5		
	MUNICIÓN ANTIMOTÍN CAL. 12 ATURDIDOR																									1	1	1	1						1	5		
	MUNICIÓN ANTIMOTÍN CAL. 12 LACRIMÓGENO																									1	1	1	1						1	5		
	MUNICIÓN ANTIMOTÍN CAL. 37 VARIOS PERDIGONES																									1	1	1	1						1	5		
	UNIDAD FUMIGENA DE COLOR																									1	1	1	1						1	5		
	MUNICIÓN CALIBRE 9 mm.																																			1	6	
	MUNICIÓN CALIBRE .38 SPL																																				1	6
	MUNICIÓN CALIBRE 7,62X51 mm. NATO																																				1	6
	MUNICIÓN CAL. 5,56x45 mm SS-109	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	29	
	# de 1s	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	7	7	7	4	4	4	4	4	4	11		

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Determinada la relación de productos con las tareas con un valor de uno, se sumó todos los valores en cada columna y fila de la matriz. Después, se procedió a ordenar cada una de estas de manera descendente. Finalmente, se agrupó las tareas relacionadas con la fabricación de balas y vainas para facilitar la aplicación de la metodología.

Tabla 3-3: Enumeración de productos y tareas del área de municiones

Numeración	Tarea	Producto
1	Formado de copa	MUNICIÓN ANTIMOTÍN CAL. 12 SAQUETE
2	Formado vaina	MUNICIÓN ANTIMOTÍN CAL. 12 VARIOS
3	Fabricación perdigón	MUNICIÓN ANTIMOTÍN CAL. 12 UN
4	Extrusión	MUNICIÓN ANTIMOTÍN CAL. 12 ATURDIDOR
5	Formación de perdigones	MUNICIÓN ANTIMOTÍN CAL. 12
6	Carga de materia prima	MUNICIÓN ANTIMOTÍN CAL. 37 VARIOS
7	Inserción de fulminantes	UNIDAD FUMIGENA DE COLOR
8	Carga de cartuchos	MUNICIÓN CALIBRE 9 mm.
9	Control de calidad	MUNICIÓN CALIBRE .38 SPL
10	Empaque en colmena	MUNICIÓN CALIBRE 7,62X51 mm. NATO
11	Sellado y vaciado	MUNICIÓN CAL. 5,56x45 mm SS-109
12	Recopilación	

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Tabla 3-4: Primer paso metodología DLC

		Tareas													
		1	2	7	8	9	10	11	3	4	5	6	12		
productos	1								1	1	1	1	1	5	
	2								1	1	1	1	1	5	
	3								1	1	1	1	1	5	
	4								1	1	1	1	1	5	
	5								1	1	1	1	1	5	
	6								1	1	1	1	1	5	
	7								1	1	1	1	1	5	
	8			1	1	1	1	1						1	6
	9			1	1	1	1	1						1	6
	10			1	1	1	1	1						1	6
	11	1	1	1	1	1	1	1						1	8
# de 1s	1	1	4	4	4	4	4	4	7	7	7	7	11		

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Con la matriz producto – tarea ordenada, se ordenó las columnas de mayor a menor (de izquierda a derecha) y las filas en orden ascendente. Estos son los pasos dos y tres y de la metodología DLC.

Tabla 3-5: Pasos dos y tres de la metodología DLC

		Tareas												# de 1s
		3	4	5	6	12	7	8	9	10	11	1	2	
productos	1	1	1	1	1	1								5
	2	1	1	1	1	1								5
	3	1	1	1	1	1								5
	4	1	1	1	1	1								5
	5	1	1	1	1	1								5
	6	1	1	1	1	1								5
	7	1	1	1	1	1								5
	8					1	1	1	1	1	1			6
	9					1	1	1	1	1	1			6
	10					1	1	1	1	1	1			6
	11					1	1	1	1	1	1	1	1	8
# de 1s		7	7	7	7	11	4	4	4	4	4	1	1	

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Como se puede observar en la tabla 3-5, se duplicó la doceava tarea. Esto se debe a que todos los productos pasan esta tarea para ser producidos. A continuación se ilustra cómo se agrupó las tareas en celdas de producción.



Tabla 3-6: Cuarto paso metodología DLC, formación de celdas.

		Tareas												# de 1s		
		3	4	5	6	12a	12b	7	8	9	10	11	1		2	
productos	1	1	1	1	1	1										5
	2	1	1	1	1	1										5
	3	1	1	1	1	1										5
	4	1	1	1	1	1										5
	5	1	1	1	1	1										5
	6	1	1	1	1	1										5
	7	1	1	1	1	1										5
	8							1	1	1	1	1	1			6
	9							1	1	1	1	1	1			6
	10							1	1	1	1	1	1			6
	11							1	1	1	1	1	1	1	1	8
# de 1s		7	7	7	7	7	4	4	4	4	4	4	4	1	1	

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Como se ilustra en la tabla 3-6, La metodología permitió obtener un total de dos celdas de producción, dividiendo a las tareas para la fabricación de municiones de fuego central y de caza.

Tabla 3-7: Cuarto paso metodología DLC, formación con procesos duplicados

Productos	Tarea	Clasificación
Munición Antimotín Calibre 12 Saquete. Munición Antimotín Calibre 12 Perdigones. Munición Antimotín Calibre 12 un perdigón. Munición Antimotín Calibre 12 Aturdidor. Munición Antimotín Calibre 12 Lacrimógeno. Munición Antimotín Calibre 37 Perdigones.  Unidad fumígena de color	Fabricación perdigón  Extrusión Formación de perdigones Carga de materia prima  Recopilación	Celda A (Munición de Caza) Taller de armas y repuestos
Munición calibre 9 milímetros  Munición calibre .38 SPL  Munición calibre 7,62X51 milímetros NATO  Munición calibre 5,56x45 mm SS-109	Fabricación bala  Fabricación vaina  Inserción de fulminantes  Carga de cartuchos  Control de calidad  Empaque en colmena  Recopilación	Celda B (Munición de fuego central) Taller de municiones.

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007

La actual disposición de la planta considera la ubicación de las máquinas relacionadas con el ensamblaje de munición de caza en el taller de herramientas y repuestos. Esta distribución de tareas permitió determinar que en la nueva planta, el proceso de fabricación de municiones de fuego central se llevará a cabo en el taller de municiones.

### 3.5. Área actual de la empresa

La empresa Santa Bárbara E.P. está distribuida en la división de armas, municiones y división industrial. Cuenta con oficinas en donde trabaja el personal administrativo y con terrenos destinados para el control de calidad de las municiones tales como bodega, laboratorios, polvorines y polígono de tiro. La distribución actual de la actual planta se muestra en el Anexo 2.

Tabla 3-8: Áreas actuales de la empresa

Edificios	Áreas (m <sup>2</sup> )
Taller armas y repuestos	1436,79
Taller de municiones	2312,98
Bodega general	1490,66
Laboratorio químico	749,6
Polvorines	2040
Laboratorio balístico	289,87
Polígono abierto	712,72
Parqueadero	4544,84
Cocina y comedor	714,53
Dormitorios	1434,68
Área administrativa	209,61

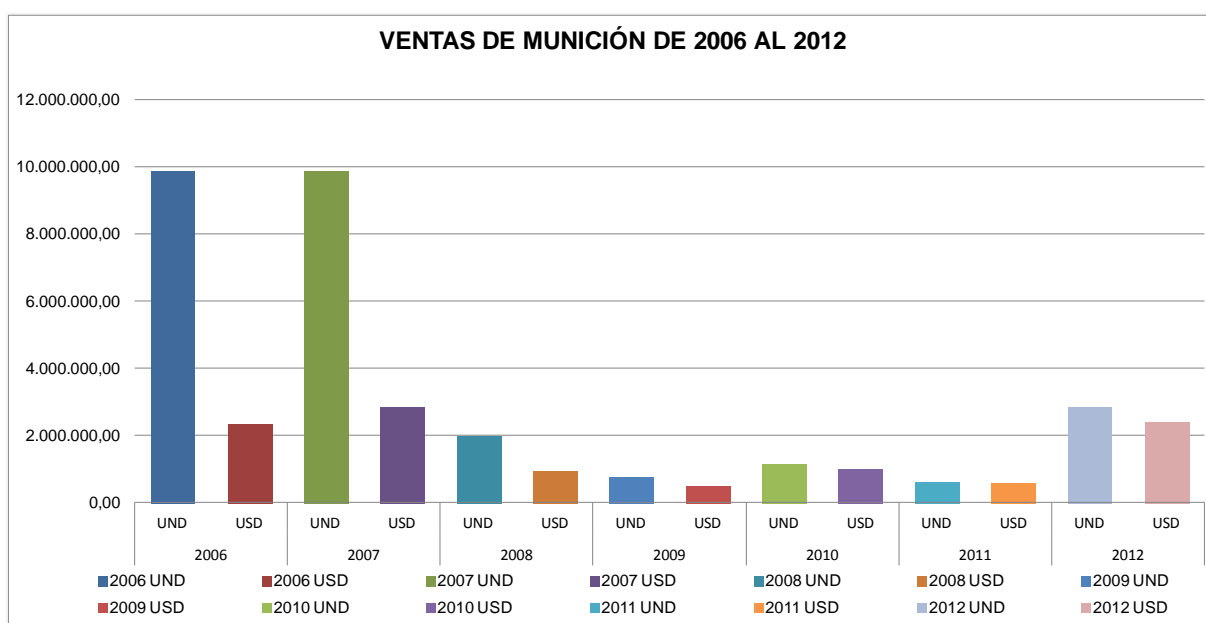
Fuente: Elaboración Propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Para establecer las dimensiones de la nueva planta, se utilizó como referencia las áreas actuales de la empresa con excepción del taller de municiones, bodega general y polvorines. Las áreas mencionadas deben tener el espacio necesario para incorporar la maquinaria requerida y los espacios de almacenamiento requeridos (SKU) de municiones pronosticado requerido por la nueva línea de producción.

## CAPITULO IV: DEMANDA Y SISTEMA DE PRODUCCIÓN

### 4.1. Análisis de la demanda.

Desde el año 2006 hasta el año 2011, se ha notado una considerable disminución de producción de unidades, a causa de los constantes cambios de producción generados y a las políticas implementadas por el Gobierno Ecuatoriano. Para constatar este comportamiento, se presenta la cantidad de municiones vendidas y las ganancias registradas.



Fuente: Palacios (2012)

Figura 4-1: Venta de municiones entre los años 2006 y 2011.

Como se puede observar en la Figura 4-1, la demanda de municiones calibre 9 milímetros disminuyó drásticamente. Este descenso fue ocasionado a que el Ejército Nacional decidió actualizar su armamento con fusiles de asalto. Este cambio fue la causa, para que la empresa adapte la línea de producción.

En el periodo 2008-2011, el Gobierno Nacional, impone un impuesto para la venta de municiones anti-motín y de caza para la empresa privada. Esta decisión causó que la directiva decida reducir en gran medida la venta de productos para personas y entidades particulares, y se enfoque en la producción de municiones calibre 9 y 5,56 milímetros.

#### **4.2. Método Delphi**

Para determinar la cantidad de municiones que la nueva planta deberá abastecer y el periodo de estudio del proyecto, se procedió a utilizar el método Delphi. En base a la teoría ilustrada en la sección 2.1.2, se elaboró las siguientes declaraciones para realizar la entrevista a los expertos.

- Periodo de estudio del presente proyecto.
- Año de inicio de construcción de la nueva planta.
- Número de municiones que la nueva línea de producción debe abastecer para el periodo de estudio.

Después, se procedió a identificar a las personas expertas que están relacionadas con la producción y comercialización de municiones, en base al número de años y nivel de experiencia. Cabe recalcar que solo se pudo contar con cuatro personas que conocen a profundidad el proceso de fabricación de municiones y su distribución.

1. Ing. Cristian Alvarado, Gerente General de la empresa.
2. Ing. Danny Cárdenas, Director del Área de Armas y Municiones.

3. Ing. Pablo Figueroa, Experto Armas y Municiones.

4. Crnl. (SP) Lic. Fernando Palacios, Jefe de Comercialización.

Después, se procedió a realizar entrevistas individuales con cada una de los expertos. Esto se realizó para evitar que las respuestas de la persona entrevistada pueda verse afectada por las opiniones de los otros expertos. Después, se compilaron las respuestas obtenidas en base a las declaraciones establecidas.

Tabla 4-1: Respuestas obtenidas utilizando el método Delphi.

Declaración	Experto entrevistado			
	1	2	3	4
Periodo de estudio del presente proyecto.	5 años	5 años	5 años	5 años
Año de inicio de construcción de la nueva planta.	2013	2014	2014	2013
Número de municiones calibre 9 y 5,56 milímetros que la nueva línea de producción debe abastecer para el periodo de estudio.	7.000.000 para ambos tipos de munición.	947.800 y 4.664.300 municiones	1.019.298 y 3.99.772 municiones	1.019.298 y 3.99.772 municiones

Fuente: Elaboración propia, elaborado en Microsoft Excel 2007.

Como se puede constatar en la tabla 4-1, se obtuvo una concordancia unánime, con un periodo de estudio del proyecto de cinco años. No obstante, se observó que no existe concordancia con respecto al año de construcción de la planta y al número de municiones que la nueva planta debe abastecer.

Ya que aún existen declaraciones por definir, se procedió a realizar una segunda entrevista el día viernes 13 de diciembre del año 2013 a cada uno de los expertos, mostrando los resultados obtenidos por la primera entrevista.

Después, se corroboró la justificación de cada una de las respuestas entre los expertos para llegar a un acuerdo.

El Gerente General de la empresa, Ing. Cristian Alvarado (2013), estableció que la nueva planta deberá tener la capacidad de abastecer una demanda agresiva en el caso de obtener una mayor cantidad de clientes en los futuros años. No obstante, dado a que este supuesto puede aumentar dramáticamente los ingresos generados y el espacio requerido para la nueva planta, es necesario utilizar un escenario de demanda más estable.

El ingeniero Danny Cárdenas (2013), estipuló que se debería utilizar la demanda de municiones pronosticada en base a encuestas realizadas a los clientes principales (ver Anexo 3). Sin embargo, los otros dos expertos pronunciaron que a pesar de realizarse las proformas, estas no se cumplen en su totalidad, por lo que se estaría implementando un proyecto en base a un pronóstico que no es totalmente seguro.

Finalmente, el Ingeniero Pablo Figueroa (2013) y el Coronel Fernando Palacios (2013), coincidieron que debe utilizarse la demanda pedida en el año 2012 para el estudio. Ambos expertos expresaron que la cantidad demandada de municiones de estos años, es la cantidad de municiones requerida más estable que podrían ser solicitadas en los siguientes años; su juicio se basó en intercambios de comunicación previos realizados con los principales clientes y a su juicio ejecutivo.

Después, el día lunes 16 de diciembre del 2013, se efectuó una reunión entre los cuatro expertos para llegar a un acuerdo. En esta, los ingenieros Cristian Alvarado y Danny Cárdenas tomaron en cuenta las opiniones de los

otros expertos de utilizar la cantidad de municiones producidas en el año 2012 para el pronóstico, debido a que en los años anteriores, la cantidad de municiones solicitadas no fue la misma que la cantidad de municiones producidas y vendidas al final de cada año.

El grupo de expertos, en conjunto, llegaron a un acuerdo común de que el proyecto de tesis deberá utilizar la demanda anual y mensual de municiones del año 2012. El periodo de funcionamiento de la planta deberá ser analizado en cuatro años (a partir del 2014). También, se llegó al consenso de que la construcción de la nueva planta se la realizará en el año 2013, con un periodo de construcción de un año.

Tomando en consideración el reporte de producción del Anexo 1, se procedió a establecer la demanda que se utilizará para el presente proyecto de tesis.



Tabla 4-2: Respuestas obtenidas utilizando el método Delphi.

Mes	Munición Calibre 5,56 milímetros (unidades)	Porcentaje producido	Munición calibre 9 milímetros. (Unidades)	Porcentaje producido
Enero	290.000	7,25%	384.620	0,00%
Febrero	833.000	20,83%	0	0,00%
Marzo	377.000	9,43%	562.638	0,00%
Abril	0	0,00%	15.040	37,73%
Mayo	0	0,00%	30.000	0,00%
Junio	1.000.000	25,00%	27.000	55,20%
Julio	899.772	22,50%	0	1,48%
Agosto	600.000	15,00%	0	2,94%
Septiembre	0	0,00%	0	2,65%
Octubre	0	0,00%	0	0,00%
Noviembre	0	0,00%	0	0,00%
Diciembre	0	0,00%	0	0,00%
Pronóstico + 4% desperdicios	3999772	100,00%	1019298	100,00%
Máximo	1.000.000	25%	27.000	55,20%

Fuente: Elaboración propia, elaborado en Microsoft Excel 2007.

### 4.3. Planificación de producción

#### 4.3.1. Identificación tiempos de producción

Tomando en cuenta las tareas de producción establecidas en la figura 3-4, se procedió a recopilar la capacidad de las máquinas requeridas para el proceso de producción (Figuroa, 2012). Para determinar el tiempo de producción de cada actividad, se procedió a invertir la capacidad y multiplicar por 60 segundos.

$$T_n = \frac{1}{\text{Capacidad}} \left( \frac{\text{minuto}}{\text{golpe}} \right) \left( \frac{1 \text{ golpe}}{1 \text{ munición}} \right) \left( \frac{60 \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} \right) \quad (4.3.1.1)$$

Siendo  $T_n$  el tiempo en segundos que le toma a la actividad  $n$  para procesar una munición. Las especificaciones de las máquinas son ilustradas en el Anexo 4. En base a la ecuación 4.3.1.1, se procedió a calcular los tiempos en segundos de cada actividad.

Tabla 4-3: Tiempos de producción de cada actividad.

Número	Actividad	Tiempo (Segundos)	Nodo	Número de personas	Máquinas	Tiempo total (segundos)
1	Dosificación máquinas	0,04	A	1	0	0,04
Fabricación vaina						
2	Estirado	0,67	B	1	1	0,67
3	Recocido	0,25	C	1	1	0,25
4	Decapado	0,25	D	1	1	0,25
5	Corte exceso	0,67	E	1	1	0,67
6	Prensado	0,67	F	1	1	0,67
7	Normalizado	0,25	G	1	1	0,25
8	Conificado	0,67	H	1	1	0,67
9	Taladrado	1,5	I	1	2	0,75
10	Enjuague	0,25	J	1	1	0,25
11	Abrillantado	0,25	K	1	1	0,25
12	Secado	0,25	L	1	1	0,25
13	Ranulado	1,5	M	2	2	0,75
14	Control dimensional	0,67	N	1	1	0,67
15	Recocido	0,5	O	1	1	0,5
16	Inserción fulminantes	1,5	P	1	2	0,75
17	Inspección visual	0,67	Q	2	1	0,67
Fabricación bala						
18	Moleteado	0,67	R	1	1	0,67
19	Control dimensional	1	S	1	1	1
20	Control pesaje	1	T	1	1	1
21	Fabricación bala	1	U	2	1	1
22	Calibrado alambre	0,08	V	1	1	0,08
23	Prensado del núcleo	0,67	W	1	1	0,67
24	Pulir	0,5	X	1	1	0,5
Carga y ensamblaje						
25	Carga de cartuchos	0,5	Y	2	1	0,5
26	Control de calidad	1,5	Z	2	2	0,75
27	Empaque en colmena	0,6	α	1	0	0,6
28	Sellado y vaciado	0,05	β	1	0	0,05
29	Recopilación	0,04	γ	3	0	0,04

Fuente: Elaboración propia, elaborado en Microsoft Excel 2007.

Para estimar el tiempo total en segundos que demoraron las actividades A, β y γ, se preguntó al encargado de control de calidad el tiempo estimado de

los operarios para completar la labor. Después, se procedió a relacionar el número de municiones o componentes mínimo que son procesados con el tiempo estimado de la actividad. A continuación se muestran los cálculos realizados, utilizando como referencia la tabla 4-3. (Murillo, 2012)

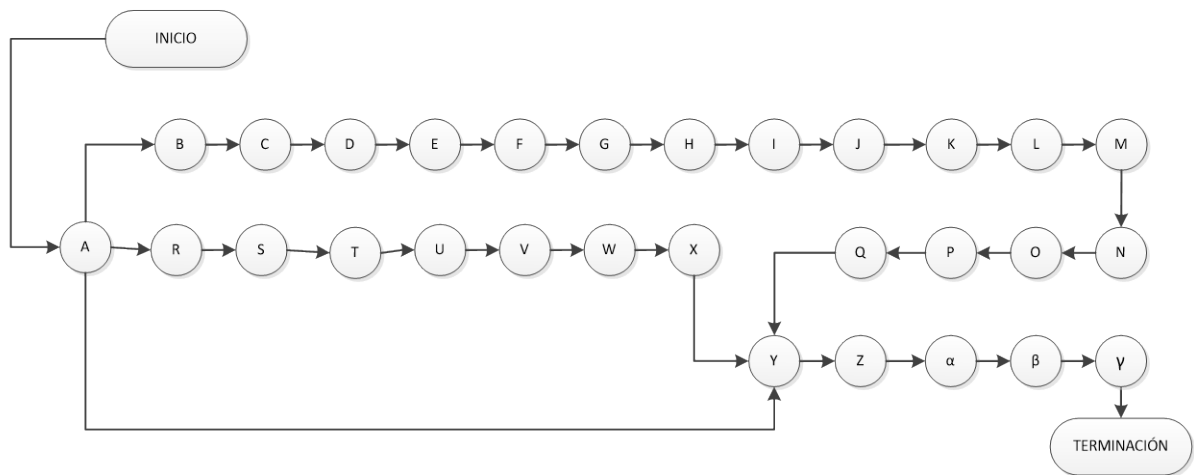
$$Actividad = \frac{Tiempo\ estimado\ actividad}{municiones\ procesados} \quad (4.3.1.2)$$

$$Actividad\ A = \frac{20\ minutos}{32400 \frac{Unidades}{carga\ unitaria}} \left( \frac{60\ segundos}{1\ minuto} \right) = 0,04\ segundos \quad (4.3.1.3)$$

$$Actividad\ \beta = \frac{1\ minuto}{1250\ municiones} \left( \frac{60\ segundos}{1\ minutos} \right) = 0,05\ segundos \quad (4.3.1.4)$$

$$Actividad\ \gamma = \frac{20\ minuto}{32400 \frac{municiones}{carga\ unitaria}} \left( \frac{60\ segundos}{1\ minutos} \right) = 0,04\ segundos \quad (4.3.1.5)$$

Como se puede observar en la tabla 4-3, las actividades fueron relacionadas con una letra para elaborar la red de actividades. Para establecer la secuencia de actividades, se procedió a utilizar la metodología PERT/CPM ilustrada en la sección 2.1.1.4.



Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Visio 2010.

Figura 4-2: Red de actividades del proceso de producción de municiones.

Para determinar la ruta crítica con las actividades que pueden ser retrasadas por un cierto periodo de tiempo, se procede a sumar los tiempos de las trayectorias por las que tiene que cumplir el proceso para producir una munición.

Tabla 4-4: Trayectorias y duración en segundos.

Secuencia	Trayectoria	Duración (segundos)
1: Fabricación de vaina y ensamblaje	A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-L-M-N-O-P-Q-Y-Z-α-β-γ	10,22
2: Fabricación de bala y ensamblaje	A-Q-R-S-T-U-V-W-X-Y-Z-α-β-γ	6,88
3: Ensamblaje	A-Y-Z-α-β-γ	1,97

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Como se puede constatar en la tabla 4-4, la trayectoria de producción de municiones que lleva un mayor tiempo es la secuencia 1. Esta trayectoria está

relacionada con las actividades de fabricación de vaina y ensamblaje. Por lo tanto, esta secuencia de actividades la ruta crítica del proceso que requiere un mayor tiempo al momento de producir municiones de calibre 5,56 milímetros. Los cuellos de botella en esta son el taladrado, ranulado, inserción de fulminantes y control de calidad.

#### 4.3.2. Balanceo de la línea de producción

En base a la ruta crítica establecida en la figura 4-2, se conoce que la secuencia de actividades relacionadas con la fabricación de vaina y ensamblaje las que determinan en mayor parte la producción de municiones. Tomando esto en consideración, se dio mayor importancia a las actividades más lentas que son: taladrado, ranulado, inserción de fulminantes y control de calidad; siendo estas dos las más importantes ya que son compartidas con las tareas de ensamblaje.

En base a la teoría ilustrada en la sección 2.1.7.4 y la tabla 4-3, para balancear la línea de producción, se debe establecer el tiempo de ciclo máximo y mínimo para producir cada tipo de munición. Para determinar los tiempos de ciclo, se calculó la suma de todas las tareas involucradas en el proceso y se identificó el tiempo de la actividad que toma más tiempo para la producción de municiones de calibre 9 y 5,56 milímetros.

Dado  $t_i$  es el tiempo de la actividad  $i$ , en donde  $i=1, 2, 3, 4, \dots, 29$ .

- Munición calibre 9 milímetros.

$$\text{Tiempo de ciclo máximo} = t_1 + \sum_{i=25}^{29} t = 1,97 \frac{\text{segundos}}{\text{munición}} \quad (4.3.3.1)$$

$$\text{Tiempo de ciclo mínimo} = 0,75 \frac{\text{segundos}}{\text{munición}}$$

- Munición calibre 5,56 milímetros.

$$\text{Tiempo de ciclo máximo} = \sum_{i=1}^{17} t + \sum_{i=25}^{29} t = 15,13 \text{ segundos}$$

(4.3.3.2)

$$\text{Tiempo de ciclo mínimo} = 1 \text{ segundo}$$

En una jornada regular de trabajo, la empresa opera durante un periodo de ocho horas diarias, de las cuales se utilizan 30 minutos para el almuerzo. Por lo tanto, el tiempo de operación por día corresponde a 450 minutos. Para analizar si la línea de producción propuesta tiene la capacidad de abastecer el escenario de demanda establecido, es necesario determinar el tiempo de ciclo requerido.

Tomando en cuenta que la planta opera veintidós días al mes y las tabla 4-2. Se debe calcular la tasa requerida para abastecer las demandas mensuales más exigentes. Establecido esto, se procedió a dividir el tiempo de operación con las demandas de 562.632 y 1'000.000 municiones de calibre 9 y 5,56 milímetros.

$$\text{Tiempo de ciclo requerido (munición calibre 9 milímetros)} =$$

$$\frac{450 \left( \frac{\text{minutos}}{\text{día}} \right)}{562.632 \frac{\text{municiones}}{\text{mes}} \left( \frac{1 \text{ mes}}{22 \text{ días}} \right)} \left( \frac{60 \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} \right) = 1,06 \frac{\text{segundos}}{\text{munición}}$$

(4.3.3.3)

*Tiempo de ciclo requerido (munición calibre 5,56 milímetros) =*

$$\frac{(450) \left( \frac{\text{minutos}}{\text{día}} \right)}{1.000.000 \frac{\text{municiones}}{\text{mes}} \left( \frac{1 \text{ mes}}{22 \text{ días}} \right)} \left( \frac{60 \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} \right) = 0,59 \frac{\text{segundos}}{\text{munición}} \quad (4.3.3.4)$$

Para determinar si la línea de producción tiene la capacidad necesaria para abastecer la demanda establecida, el tiempo de ciclo requerido debe estar entre el tiempo de ciclo máximo y mínimo. Como se puede observar, la línea de ensamblaje de municiones calibre 9 milímetros si puede para abastecer la demanda mensual máxima.

No obstante, para abastecer la demanda de municiones de calibre 5,56 milímetros se requiere una mayor capacidad de producción. Dado este escenario, la empresa debe realizar un plan de producción para establecer la cantidad de municiones que deben producirse y almacenarse y abastecer la demanda. La tasa máxima de producción para ambos tipos de munición se calcula al dividir los minutos de operación diarios para el tiempo de ciclo mínimo.

*Tasa de producción diaria de munición calibre 9 milímetros =*

$$\frac{450 \frac{\text{minutos}}{\text{día}}}{0,75 \text{ segundos} \left( \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \right)} = 36000 \frac{\text{municiones}}{\text{día}} \quad (4.3.3.5)$$

*Tasa máxima de producción diaria de munición calibre 5.56 milímetros =*

$$\frac{450 \frac{\text{municiones}}{\text{día}}}{1 \text{ segundo} \left( \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \right)} = 27000 \frac{\text{municiones}}{\text{día}} \quad (4.3.3.6)$$

Determinada la tasa de producción, se dividió la suma el tiempo de todas las actividades con tiempo de ciclo mínimo para determinar el número mínimo de estaciones para combinar tareas elementales.



$$N_{min} = \frac{\sum_i^n t}{\text{Tiempo de Ciclo}}$$

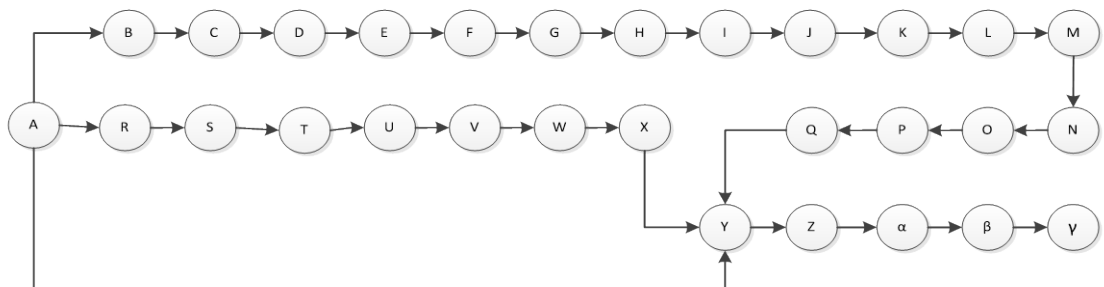
Munición Calibre 9 milímetros.

$$N_{min} = \frac{1,97 \frac{\text{segundos}}{\text{munición}}}{0,75 \frac{\text{segundos}}{\text{munición}}(\text{estación})} = 2,63 \text{ estaciones} \approx 3 \text{ estaciones} \quad (4.3.3.7)$$

Munición Calibre 5,56 milímetros.

$$N_{min} = \frac{15,13 \frac{\text{segundos}}{\text{munición}}}{1 \frac{\text{segundos}}{\text{munición}}(\text{estación})} = 15,13 \text{ estaciones} \approx 16 \text{ estaciones} \quad (4.3.3.8)$$

Se ha determinado el número mínimo de estaciones requerido producir municiones de calibre 5,56 milímetros es de dieciséis, mientras que se requiere un mínimo de 4 estaciones para ensamblar municiones de calibre 9 milímetros.

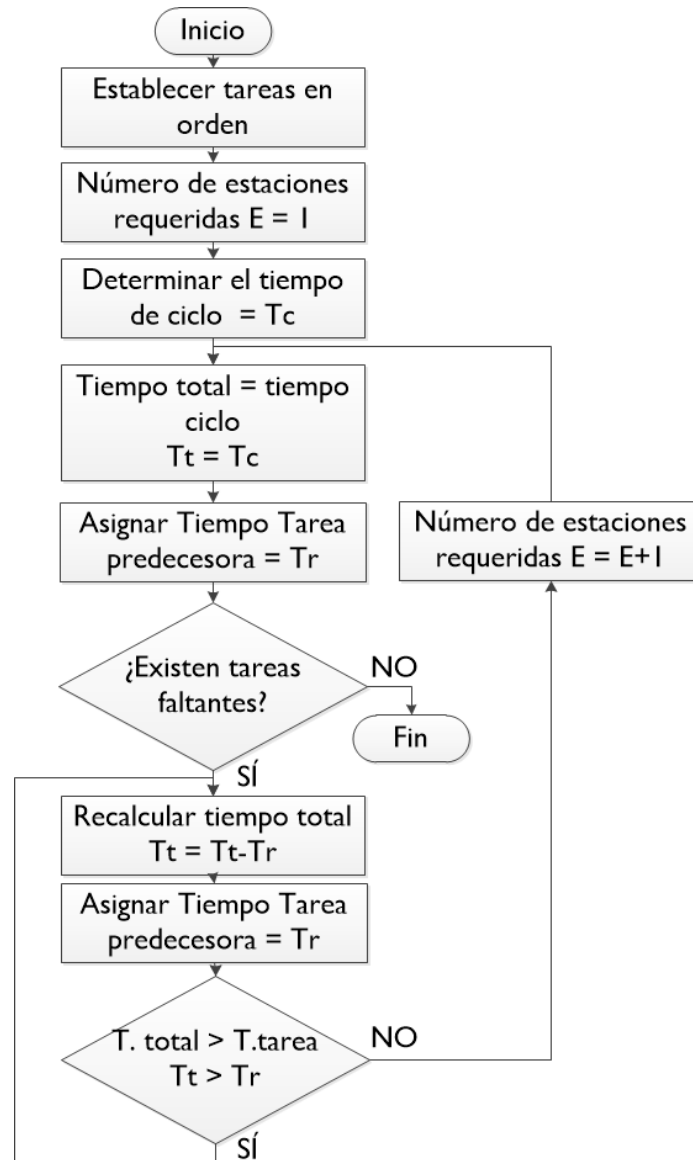


Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Visio 2010.

Figura 4-3: Diagrama de precedencia de actividades.

Después, se procedió a elaborar la asignación de actividades a las diferentes estaciones de trabajo. Los tiempos de ciclo recomendados por Stevenson (2019) para balancear una línea de producción es el de ciclo mínimo, dado que permite que la línea de producción genere municiones a su máxima capacidad. Para explicar claramente el procedimiento de balanceo, se

generó un diagrama de flujo en cual se establece como variable el número de estaciones.



Fuente: Creación propia, realizado en Microsoft Visio 2010.

Figura 4-4: Diagrama de flujo proceso de balanceo de líneas de producción.

Tabla 4-5: Balanceo de la línea de producción, tiempo de ciclo de 1 segundo.

Estación (E)	Tiempo restante (segundos) (Tt)	Actividades Elegibles	Actividad Asignada	Tiempo Actividad Asignada (Tr)	Tiempo libre en la estación (segundos)
1	1,00	A	A	0,03	
	0,97	B,R	B	0,67	
	0,30	C,R	C	0,25	
	0,05				0,05
2	1,00	D,R	D	0,25	
	0,75	E,R	E	0,67	
	0,08				0,08
3	1,00	F,R	R	0,67	
	0,33				0,33
4	1,00	F,S	S	1,00	
	0,00				0,00
5	1,00	F,T	T	1,00	
	0,00				0,00
6	1,00	F,U	U	1,00	
	0,00				0,00
7	1,00	F,V	F	0,67	
	0,33	G,V	G	0,25	
	0,08	V,H	V	0,08	
	0,01				0,01
8	1,00	H,W	H	0,67	
	0,33				0,33
9	1,00	I,W	I	0,75	
	0,25	J,W	J	0,25	
	0,00				0,00
10	1,00	K,W	K	0,25	
	0,75	W,L	W	0,67	
	0,08				0,08
11	1,00	L,X	L	0,25	
	0,75	M,X	M	0,75	
	0,00				0,00
12	1,00	N,X	N	0,67	
	0,33				0,33
13	1,00	O,X	O	0,50	
	0,50	X,P	X	0,50	
	0,00				0,00
14	1,00	P	P	0,75	
	0,25				0,25
15	1,00	Q	Q	0,67	
	0,33				0,33
16	1,00	Y	Y	0,50	
	0,50				0,50
17	1,00	Z	Z	0,75	
	0,25				0,25
18	1,00	$\alpha$	$\alpha$	0,60	
	0,40	$\beta$	$\beta$	0,05	
	0,35	$\gamma$	$\gamma$	0,04	
	0,31				0,31
Total tiempo desocupado					2,87
% tiempo desocupado					15,96
Eficiencia					84,04

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

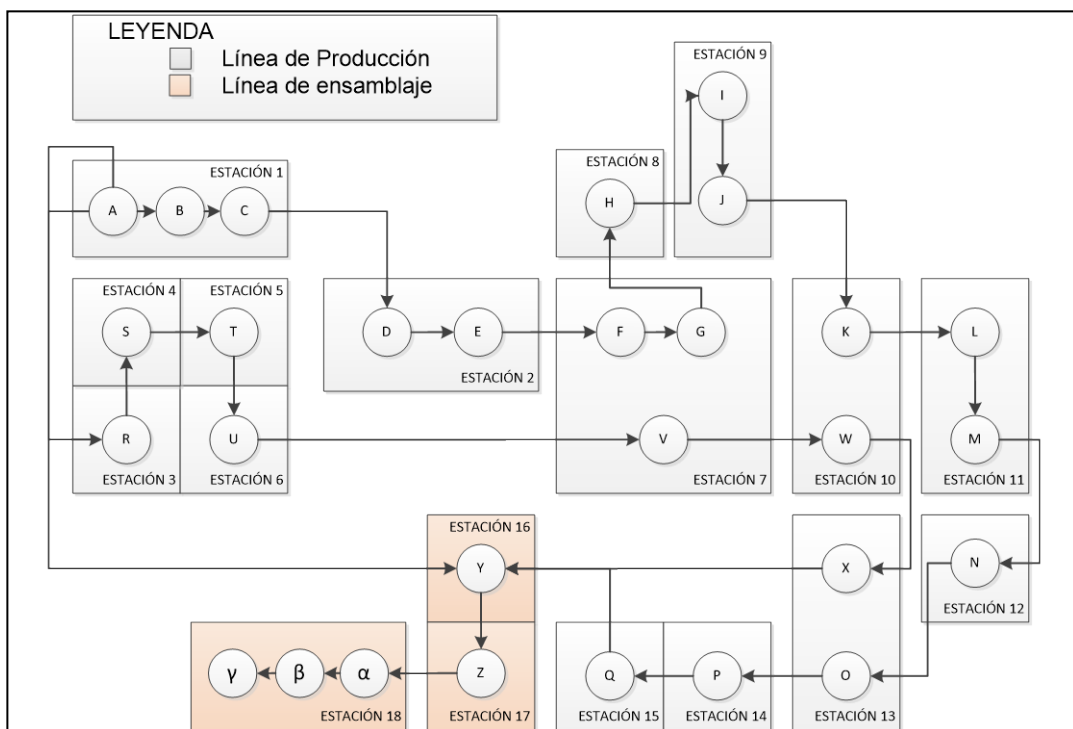
En base al tiempo total en que las máquinas no se encuentran ocupadas, se calculó la eficiencia de la línea de producción.

$$\text{Porcentaje de tiempo desocupado} = \frac{2,87 \text{ segundos}}{18(1 \text{ segundo})} \times 100\% = 15,96\%$$

(4.3.3.9)

$$\text{Eficiencia} = 100\% - 15,96\% = 84,04\% \quad (4.3.3.10)$$

Cabe recordar que esta línea de producción de estaciones no tiene la capacidad abastecer la demanda mensual más alta pronostica. La distribución de las estaciones con sus diferentes actividades es mostrada a continuación:

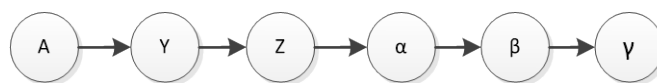


Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Visio 2010.

Figura 4-5: Distribución de actividades en las estaciones.

Para determinar la distribución de actividades para el ensamblaje de municiones calibre 9 milímetros, se procedió a repetir el balanceo de producción con el tiempo de ciclo de 0,75 segundos. Tomando como referencia

la tabla 4-3, se elaboró un diagrama de precedencias para establecer la secuencia de actividades necesaria.



Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Visio 2010.

Figura 4-6: Diagrama de precedencia, línea de ensamblaje.

En base del diagrama de diagrama de flujo ilustrado en la figura 4-4, se realizó la asignación de actividades en estaciones para la línea de ensamblaje de municiones calibre 9 milímetros.

Tabla 4-5: Balanceo línea de ensamblaje, tiempo de ciclo de 0,75 segundos.

Estación	Tiempo restante (segundos)	Actividades Elegibles	Actividad Asignada	Tiempo Actividad Asignada	Tiempo libre en la estación (segundos)
1	0,75	A	A	0,03	0,00
	0,72	Y	Y	0,50	0,00
	0,22	-	-	-	0,22
2	0,75	Z	Z	0,75	0,00
	0,00	-	-	-	0,00
3	0,75	α	α	0,60	0,00
	0,15	β	β	0,05	0,00
	0,10	γ	γ	0,04	0,00
	0,06	-	-	-	0,06
Suma tiempo desocupado					0,28
% Tiempo desocupado					6,02
Eficiencia					93,98

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Al sumar el tiempo en el que las estaciones pasan desocupadas, se puede calcular la eficiencia de la línea de ensamblaje de municiones calibre 9 milímetros.

$$\text{Porcentaje de tiempo desocupado} = \frac{0,28 \text{ segundos}}{3(0,75 \text{ segundos})} \times 100\% = 6,02\% \quad (4.3.3.11)$$

$$\text{Eficiencia} = 100\% - 6,02\% = 93,98\% \quad (4.3.3.12)$$

Tomando como referencia la figura 4-22, se puede constatar que las estaciones 16, 17 y 18 pueden ser subdivididas para acoplar la distribución de estaciones de la línea de ensamblaje. Es importante recalcar que la línea solo puede producir un tipo de munición al día, dado que las máquinas en las estaciones de la línea de ensamblaje deben ser recalibradas cada vez que se cambia el tipo de munición a producir.

#### **4.4. Plan Agregado de Producción**

El Plan Agregado de producción es una herramienta que permite reducir los costos de almacenar y producción al momento de abastecer la demanda. Para elaborar un modelo adecuado para la línea de producción, se toman como referencia los planes agregados producción ilustrados en la sección 2.1.4.

Para realizar el cronograma de producción, debe tomar en cuenta que la línea de producción puede generar un solo tipo de municiones por día. Esto se debe a que las máquinas en las estaciones de la línea de ensamblaje deben ser recalibradas cada vez que se cambia el tipo de munición a producir.

La demanda anual que deben abastecerse por el cronograma de producción son de 1.019.298 y 3.999.772 municiones de calibre 9 y 5,56 milímetros respectivamente. Tomando como referencia el Anexo 1 y la

demanda establecida en la sección 4.2, se puede constatar que los últimos meses no hay una demanda que abastecer, por lo que se consideró a este periodo como disponible para la producción de municiones.

Dado que no es posible incrementar la capacidad de producción sin adquirir nueva maquinaria, no se incluirá el incremento de fuerza laboral requerida en el modelo para regular la tasa de producción. En base a esta asunción, las restricciones y variables relacionadas con la fuerza laboral ilustradas en el modelo de la sección 2.1.4.2 no serán utilizadas. A continuación se define el modelo de producción lineal.

La función objetivo del plan de desagregación:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^T [C_{r_{it}}R_{it} + C_{s_{it}}S_{it} + h_t I_{it}], \quad T = 12, m = 2 \quad (4.4.1)$$

Variables de decisión:

- $R_{it}$ : Número de municiones  $i$  producidas en jornada regular en el periodo  $t$ .
- $S_{it}$ : Número de municiones  $i$  producidas en jornada suplementaria en el periodo  $t$ .
- $P_{it}$ : Número de municiones  $i$  producidas en el periodo  $t$ .
- Parámetros:
- $C_{r_{it}}$ : Costo de producir una munición  $i$  en jornada regular en el periodo  $t$ .

- $C_{sit}$ : Costo de producir una munición  $i$  en jornada suplementaria en el periodo  $t$ .
- $h_t$ : Costo de almacenar una munición en el periodo  $t$ .
- $I_{it}$ : Numero de municiones  $i$  almacenadas en el periodo  $t$ .
- $B_{it}$ : Capacidad máxima de producción de la fuente  $i$  en el periodo  $t$ .
- $M_{it}$ : Munición  $i$  inicial disponible en el periodo  $t$ .
- $Z_{it}$ : Munición  $i$  restante al final del periodo  $t$ .
- $D_{it}$ : Demanda de municiones  $i$  en el periodo  $t$ .
- $E_{it}$ : Capacidad máxima en jornada regular de la fuente  $i$  en el periodo  $t$ .

Tomando en consideración que  $m$  es el número de fuentes de producción y  $T$  es el número de periodos a considerar en el modelo. Las restricciones necesarias para el modelo son las siguientes:

- Número de municiones producidas no pueden exceder la capacidad de producción.

$$P_{it} = R_{it} + S_{it} \leq B_{it} \quad (4.4.2)$$

- No negatividad.

$$R_{it}, S_{it}, h_t, C_{rit}, C_{sit}, h_{it}, I_t, B_{it}, M_{it}, Z_{it}, D_{it}, E_{it} \geq 0$$



Para determinar los parámetros requeridos para completar el modelo, se inició con establecer los costos de producir una munición en el sistema actual. Para esto, se tomó como base los costos para la actual línea de ensamblaje (Figuroa, 2012). En base a los rubros establecidos, se calculó los nuevos costos de producción ilustrados en el Anexo 5 para el sistema propuesto. Los rubros de materia prima fueron establecidos en conjunto con el Ingeniero Pablo Figuroa (2012).

Los costos de producción establecidos toman en cuenta la cantidad de trabajadores requeridos para producir una munición, el tiempo y el costo de la materia prima requerida para la fabricación de municiones calibre 5,56 milímetros. Por lo tanto, el costo unitario de producir una munición ( $c_R$ ) calibre 9 y 5,56 milímetros es de 0,3382 y 0,4682 dólares.

Para establecer el costo de producir municiones en horas suplementarias ( $c_S$ ), primero se tomó el pago por trabajador de 0,0985 dólares por minuto, en base a la hoja de cálculo mostrada en el Anexo 5. Después, se implementó un incremento del 50% salarial como se establece en el código de trabajo (2013). El costo calculado es de 0,4687 Y 0,3350 dólares para la fabricación de municiones calibre 9 y 5,56 milímetros respectivamente.

La capacidad de producción ( $B_{it}$ ) para la línea de producción en jornada regular fue calculada previamente en la sección 4.3.2. Sin embargo, para establecer la capacidad total del sistema, se debe sumar a la capacidad antes calculada la cantidad de municiones que pueden ser producidas en jornada suplementaria.

La empresa ha establecido un horario de trabajo 07:00 a 12:30 para las horas regulares; y de 15:00 a 19:00 para las horas suplementarias. Tomando en consideración que cada mes cuenta con veintidós días laborables, con una jornada laboral de cinco días a la semana; se utilizó estos datos para calcular la capacidad en jornada suplementaria para ambos tipos de munición en base a la ecuación 2.1.6.1.

Munición Calibre 9 milímetros

$$\begin{aligned} \text{Capacidad jornada regular} &= 36000 \frac{\text{municiones}}{\text{día}} \left( \frac{22 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \right) \\ &= 792.000 \left( \frac{\text{municiones}}{\text{mes}} \right) \end{aligned} \quad (4.4.3)$$

$$\begin{aligned} \text{Capacidad jornada suplementaria} &= \frac{240 \frac{\text{minutos}}{\text{día}}}{0,75 \frac{\text{segundos}}{\text{munición}} \left( \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \right)} \left( \frac{22 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \right) = \\ &= 422.400 \frac{\text{municiones}}{\text{mes}} \end{aligned} \quad (4.4.4)$$

Munición calibre 5,56 milímetros.

$$\begin{aligned} \text{Capacidad Jornada regular} &= 27.000 \frac{\text{municiones}}{\text{día}} \left( \frac{22 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \right) \\ &= 594.000 \left( \frac{\text{municiones}}{\text{mes}} \right) \end{aligned} \quad (4.4.5)$$

$$\begin{aligned} \text{Capacidad Jornada Suplementaria} &= \frac{240 \frac{\text{minutos}}{\text{día}}}{1 \frac{\text{segundo}}{\text{munición}} \left( \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \right)} \left( \frac{22 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \right) = \\ &= 316.800 \frac{\text{municiones}}{\text{mes}} \end{aligned} \quad (4.4.6)$$

Finalmente, para calcular el costo de acarrear inventario ( $h_{ti}$ ), se agregó tres costos principales que son: mano de obra directa, los materiales indirectos y los costos de oportunidad. Al valor final se le incluyó un 20% establecido por la empresa para gastos administrativos y de mantenimiento.

Como se determinó en la ecuación 4.3.1.3, se requiere de tres personas para cargar y descargar 32.400 municiones de una caja en veinte minutos (0,04 segundos por munición) y de un operario para que conduzca el montacargas. Dado que esta operación también se ejecuta por los operarios de la bodega para cargar y descargar un pallet, se calculó el costo pagado a los operadores al multiplicar el número de operarios; el tiempo requerido para cargar y descargar y el costo pagado por minuto establecido anteriormente en el Anexo 5.

$$\begin{aligned} \text{Costo mano de obra directo por munición} = \\ 4 \text{ operarios} \left( 0,04 \frac{\text{segundos}}{\text{munición}} \times 2 \right) \left( \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \right) \left( 0,0657 \frac{\text{Dólares}}{\text{minuto} \times \text{operario}} \right) = \\ 0,0003504 \frac{\text{Dólares}}{\text{munición}} \end{aligned} \quad (4.4.7)$$

Para establecer el costo de materiales indirectos requeridos para la manipulación de municiones establecido, se tomó como referencia el Anexo 13. No obstante, a estos valores se debe agregar los cascos de polietileno y cinturones de protección lumbar. El valor unitario de estos equipos de protección individual (EPI) fue proporcionado por la directora de seguridad y salud ocupacional, Ingeniera Catalina Charpentier (2012). La transformación de los costos indirectos por munición se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Costo materiales indirectos} = \frac{4 \text{ operarios}}{36.000 \text{ municiones}} \left( \frac{\text{Valor unitario EPI}}{\text{operario}} \right)$$

(4.4.8)

Para determinar el costo de acarrear inventario, primero se procedió se a determinar interés que se pudo generar el dinero invertido en el montacargas y la venta de las municiones que se encuentran almacenadas. Después, se transformó la tasa de interés activa establecida por el Banco Central (2013) del 8,17% a una tasa de capitalización mensual.

$$\text{Tasa capitalización mensual} = \frac{\text{Tasa de interes activa nominal}}{12 \text{ meses}} =$$

$$\frac{8,16\%}{\text{año}} \left( \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ mes}} \right) = \frac{0,680833\%}{\text{mes}} \quad (4.4.9)$$

Finalmente, se procedió a calcular el costo de oportunidad de tener una munición almacenada. Para establecer este valor relacionado con el costo del montacargas, se estableció la cantidad de unidades que pueden ser transportadas por pallet. La capacidad de transporte es de 36.000 y 32.400 municiones de calibre 9 y 5,56 milímetros (Cárdenas, 2012).

Dado que para la nueva planta se requiere adquirir un nuevo montacargas, se consultó en la empresa el tipo de vehículo requerido y las especificaciones que requerían. Después, se propuso a la empresa adquirir un montacargas de marca TCM valorado en 40.000 dólares (ver Anexo 6). Por lo tanto, el costo de oportunidad del montacargas por munición en:

$$\text{Costo oportunidad montacargas por munición} =$$

$$\frac{\text{Costo activo para transportar un palet}}{\text{Número de municiones transportadas por pallet}} (\text{Tasa de capitalización mensual})$$

(4.4.10)

*Costo oportunidad montacargas por munición calibre 9 milímetros =*

$$\left( \frac{\frac{40.000 \text{ Dólares}}{\text{palet}}}{\frac{36.000 \text{ municiones}}{\text{pallet}}} \right) \frac{(0,680833\%)}{100\%} = 0,007565 \frac{\text{Dólares}}{\text{munición}} \quad (4.4.11)$$

*Costo oportunidad montacargas por munición calibre 5,56 milímetros =*

$$\frac{\frac{40.000 \text{ Dólares}}{\text{palet}}}{\frac{32.400 \text{ municiones}}{\text{pallet}}} \frac{(0,680833\%)}{100\%} = 0,0084054 \frac{\text{Dólares}}{\text{munición}} \quad (4.4.12)$$

Para determinar costo de oportunidad perdido por cada munición almacenada durante un mes, se multiplico el precio de venta de 0,72 y 1 dólares de munición calibre 9 y 5,56 milímetros, con la tasa de capitalización mensual calculada. Los precios de venta fueron proporcionados por el jefe de comercialización, Coronel Fernando Palacios (2012).

*Costo oportunidad de venta por munición =*

$$\text{precio de venta} (\text{Tasa de capitalización mensual}) \quad (4.4.13)$$

*Costo oportunidad de venta por munición calibre 9 milímetros =*

$$0,72 \frac{\text{Dólares}}{\text{munición}} \left( \frac{(0,680833\%)}{100\%} \right) = 0,005242 \quad (4.4.14)$$

*Costo oportunidad de venta por munición calibre 5,56 milímetros =*

$$1 \frac{\text{Dólar}}{\text{munición}} \left( \frac{(0,680833\%)}{100\%} \right) = 0,006808 \quad (4.4.15)$$

Tomando en cuenta toda la materia prima, costo de oportunidad del montacargas y de venta, operadores y de materiales indirectos. Se sumó todos los egresos requeridos y se le agrego un 20% para gastos administrativos. Por lo tanto, el costo de acarrear inventario para las municiones de calibre 9 y 5,56

milímetros es de 0,030 y 0,022 dólares. Los detalles de los rubros se ilustran en el Anexo 7.

Cabe recalcar, que el plan desagregado establecido considera que la línea de producción no puede producir dos tipos de municiones en el mismo día. Para agregar esta restricción, se estableció una relación entre la capacidad mensual de producir un tipo de munición A menos la cantidad de días requeridos para producir la munición de munición B.

$$\text{Días de producción requeridos} = \frac{\text{Producción mensual}}{\text{Capacidad diaria}} \quad (4.4.16)$$

Capacidad Restringida (B).

$$\text{Capacidad mensual A} - \left( \frac{\text{Producción mensual B}}{\text{Capacidad diaria B}} \right) (\text{Capacidad diaria A}) \quad (4.4.17)$$

Capacidad restringida munición calibre 9 milímetros ( $B_{2,t}$ )

$$(79200 + 422400) \frac{\text{municiones}}{\text{mes}} - \left( \frac{P_1}{(27000+14400) \frac{\text{municiones}}{\text{día}}} \right) (36000 + 19200) \frac{\text{municiones}}{\text{día}} \quad (4.4.18)$$

Capacidad restringida munición calibre 5,56 milímetros ( $B_{1,t}$ )

$$(594000 + 316800) \frac{\text{municiones}}{\text{mes}} - \left( \frac{P_2}{(36000+19200) \frac{\text{municiones}}{\text{día}}} \right) (27000 + 1400) \frac{\text{municiones}}{\text{día}} \quad (4.4.19)$$

Para el sistema de inventario se estableció que las municiones restantes, después de abastecer la demanda mensual, son almacenadas para

el siguiente mes. En base a la teoría ilustrada en la sección 2.1.7.2, las ecuaciones para calcular la cantidad de municiones disponibles y restantes para el modelo se establecen a continuación:

$$\text{Municiones disponibles en el periodo } t = M_{it} = P_{it} + I_{it} \quad (4.4.20)$$

$$\text{Municiones restantes al final del periodo } t = Z_{it} = M_{it} - D_{it} \quad (4.4.21)$$

$$\text{Inventario} = I_{it} = Z_{i(t-1)} \quad (4.4.22)$$

Para asegurar que la demanda sea siempre abastecida en el periodo  $t$ , se estableció que la cantidad de municiones disponibles siempre sea mayor o igual que la demanda a abastecer en el periodo.

$$D_{it} \leq M_{it} \quad (4.4.23)$$

Para determinar los costos de producir y acarrear inventario, se incluyó las siguientes ecuaciones para determinar la cantidad de municiones producidas en jornada regular y suplementaria. Siendo  $x$  la cantidad de municiones producidas por la fuente  $i$  en el periodo  $t$  y  $E_{it}$  la capacidad máxima de municiones en jornada regular:

Munición producida en jornada regular.

$$R_{it}(x) = \begin{cases} x; & x < E_{it} \\ E_{it}; & x \geq E_{it} \end{cases} \quad (4.4.24)$$

Munición producida en jornada suplementaria.

$$S_{it}(x) = \begin{cases} x - E_{it}; & x > E_{it} \\ 0; & x \leq E_{it} \end{cases} \quad (4.4.25)$$

Los costos de producción se calcularon en base al total de municiones producidas en cada jornada de trabajo para su respectivo costo de producción. Los egresos necesarios para la fabricación de municiones son mostrados en el Anexo 5. Para calcular el costo de almacenar municiones, se multiplicó la cantidad de inventario generado en cada mes con el por el costo de almacenamiento establecido en el Anexo 7.

Con todas las variables y parámetros establecidos, se definió el modelo de ecuaciones lineales en el software Microsoft Excel 2007. Después, se instaló el complemento Solver para establecer las restricciones, variables de decisión y la función objetivo de minimizar reducir los costos de producción y los costos de acarrear inventario. Finalmente, se corrió el programa para resolver el sistema de ecuaciones y los siguientes resultados:



Tabla 4-6: Cronograma producción municiones calibre 5,56 milímetros.

t	Mes	Demanda Munición Calibre 5,56 milímetros (D)	Producción municiones (P)	Capacidad Restringida (B)	Días de producción requeridos	Capacidad Máxima 5,56 milímetros	Inventario (I)	Municiones disponibles (M)	Municiones restantes (R)
1	Octubre	0	0	910.800	0	910.800	0	0	0
2	Noviembre	0	0	910.800	0	910.800	0	0	0
3	Diciembre	0	0	910.800	0	910.800	0	0	0
4	Enero	290.000	290.000	622.335	8	910.800	0	290.000	0
5	Febrero	833.000	833.000	910.800	24	910.800	0	833.000	0
6	Marzo	377.000	377.000	488.822	11	910.800	0	377.000	0
7	Abril	0	0	899.520	0	910.800	0	0	0
8	Mayo	0	109.450	888.300	3	910.800	0	109.450	109.450
9	Junio	1.000.000	890.550	890.550	25	910.800	109.450	1.000.000	0
10	Julio	899.772	899.772	910.800	26	910.800	0	899.772	0
11	Agosto	600.000	600.000	910.800	17	910.800	0	600.000	0
12	Septiembre	0	0	910.800	0	910.800	0	0	0
	Total	3.999.772	3.999.772	10.165.127	114	10.929.600	109.450	4.109.222	109.450

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007 con el complemento Solver.

Como se puede constatar en la tabla 4-6, la línea de producción de municiones calibre 5,56 milímetros tiene la capacidad de abastecer, en la mayoría de meses, la demanda establecida. No obstante, se puede observar que en el mes de Mayo, se producen municiones sin demanda que abastecer por lo que se genera un inventario. Este pedido realizado permitió que la línea de producción tenga la suficiente cantidad de municiones disponibles para abastecer la demanda en el mes de Junio.

. Tabla 4-7: Cronograma producción municiones calibre 9 milímetros.

t	Mes	Demanda munición calibre 9 milímetros (D)	Producción municiones (P)	Capacidad Restringida (B)	Días de producción requeridos	Capacidad Máxima 9 milímetros	Inventario (I)	Municiones disponibles (M)	Municiones Restantes (R)
1	Octubre	0	0	1.214.400	0	1.214.400	0	0	0
2	Noviembre	0	0	1.214.400	0	1.214.400	0	0	0
3	Diciembre	0	0	1.214.400	0	1.214.400	0	0	0
4	Enero	384.620	384.620	827.733	8	1.214.400	0	384.620	0
5	Febrero	0	0	103.733	0	1.214.400	0	0	0
6	Marzo	562.638	562.638	711.733	12	1.214.400	0	562.638	0
7	Abril	15.040	15.040	1.214.400	0	1.214.400	0	15.040	0
8	Mayo	30.000	30.000	1.068.467	1	1.214.400	0	30.000	0
9	Junio	27.000	27.000	27.000	1	1.214.400	0	27.000	0
10	Julio	0	0	14.704	0	1.214.400	0	0	0
11	Agosto	0	0	414.400	0	1.214.400	0	0	0
12	Septiembre	0	0	1.214.400	0	1.214.400	0	0	0
	Total	1.019.298	1.019.298	9.239.771	22	14.572.800	0	1.019.298	0

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007 con el complemento Solver.

Como se muestra en la tabla 4-31, La capacidad de producción de la línea de ensamblaje puede abastecer la demanda en todos los periodos sin la necesidad de acarrear inventario. Solver estableció que la línea de ensamblaje debe producir y despachar, en el mismo mes, la cantidad de municiones requeridas por el cliente.

Tabla 4-8: Matriz de costos de producción y de acarrear inventario.

Mes	Munición 5,56 milímetros		Munición 9 milímetros	
	Jornada Regular	Jornada Suplementaria	Jornada Regular	Jornada Suplementaria
Octubre	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0
Enero	290.000	0	384.620	0
Febrero	594.000	239.000	0	0
Marzo	377.000	0	562.638	0
Abril	0	0	15.040	0
Mayo	109.450	0	30.000	0
Junio	594.000	296.550	27.000	0
Julio	594.000	305.772	0	0
Agosto	594.000	6.000	0	0
Septiembre	0	0	0	0
Total	594.000	3.405.772	1.019.298	0
Costo	\$ 201.187,80	\$ 1.149.788,63	\$ 477.235,32	\$ 0,00
Función Objetivo		\$1.852.290,75		

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007 con el complemento Solver.

Se puede constatar en la tabla 4-8, solo es necesario producir municiones de calibre 5,56 milímetros en jornada suplementaria a partir del mes de febrero. No obstante, la línea de ensamblaje no ocupó horas en jornada suplementaria para abastecer la demanda de municiones calibre 9 milímetros.

La solución encontrada por Solver determinó un costo total de 1.852.290,75 dólares, incluyendo los costos de producción y de acarrear inventario. El plan de desagregación de producción logró demostrar que la línea de producción propuesta tiene la capacidad necesaria para abastecer un escenario de producción establecido en la sección 4.2.

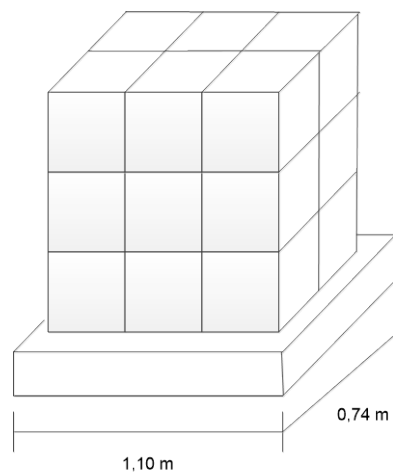
## CAPITULO V: DETERMINACIÓN DE FLUJOS Y ESPACIOS

### 5.1. Medición del flujo

El traslado de materiales en la empresa Santa Barbará E.P. se realiza utilizando un montacargas o transportado por un operario. Para determinar los costos de transporte entre las áreas de la empresa, se establecerá la carga unitaria para cada tipo de flujo y su costo de traslado.

#### 5.1.1. Carga unitaria transportada en montacargas

Los flujos de materia prima y producto terminado que circulan entre el taller de armas y repuestos, municiones, bodega general y polvorines son transportados mediante un montacargas. Las cajas son apiladas en pallets con una superficie de 1,10 x 0,74 metros cuadrados.



Fuente: Figueroa, (2012). Elaboración propia, realizado en Microsoft Visio 2010.

Figura 5-1: Compilación de cajas en pallet.

En una caja se transportan 2.000 y 1800 municiones de calibre 9 y 5,56 milímetros con un peso por munición de 13 y 12,5 gramos respectivamente. Se

utilizan tachos que almacenan 30 kilogramos para el transporte de pólvora, cada pallet puede transportar un máximo de 4 unidades.



Fuente: Polvorín empresa de municiones Santa Bárbara E.P.

Figura 5-2: Contenedor de pólvora munición de fuego central.

El transporte de las cajas vainas y balas es realizado mediante pallets, con un sistema de apilamiento de patrón de fila dividida como se ilustra en la figura 5-3. La materia prima para la munición de calibre 9 milímetros se ordena en tres niveles, cada uno tiene un total de 19 cajas. Las cajas de vainas y balas contienen 2.000 unidades (Tompkins et al. 2006, p.183).



Fuente: Polvorín empresa de municiones Santa Bárbara E.P.

Figura 5-3: Apilamiento de cajas de vainas y balas en pallet.

Cabe recalcar que las cajas ingresadas vienen con su respectiva etiqueta. Este documento contiene información detallada del material que contiene con respecto al número de unidades, peso, número de lote y nombre de la materia prima.



Fuente: Polvorín empresa de municiones Santa Bárbara E.P.

Figura 5-4: Descripción de producto en bodega.

Las vainas y las balas de la munición calibre 5,56 milímetros vienen en cajas de diferentes dimensiones con relación a las cajas de munición calibre 9 milímetros. Estas son distribuidas en cuatro filas y columnas en tres niveles con un sistema de apilamiento con patrón de bloques como se ilustra en la figura 5-5. Las cajas de vainas y balas contienen 2.000 y 5000 unidades respectivamente.



Fuente: Polvorín empresa de municiones Santa Bárbara E.P.

Figura 5-5: Descripción de producto en bodega.

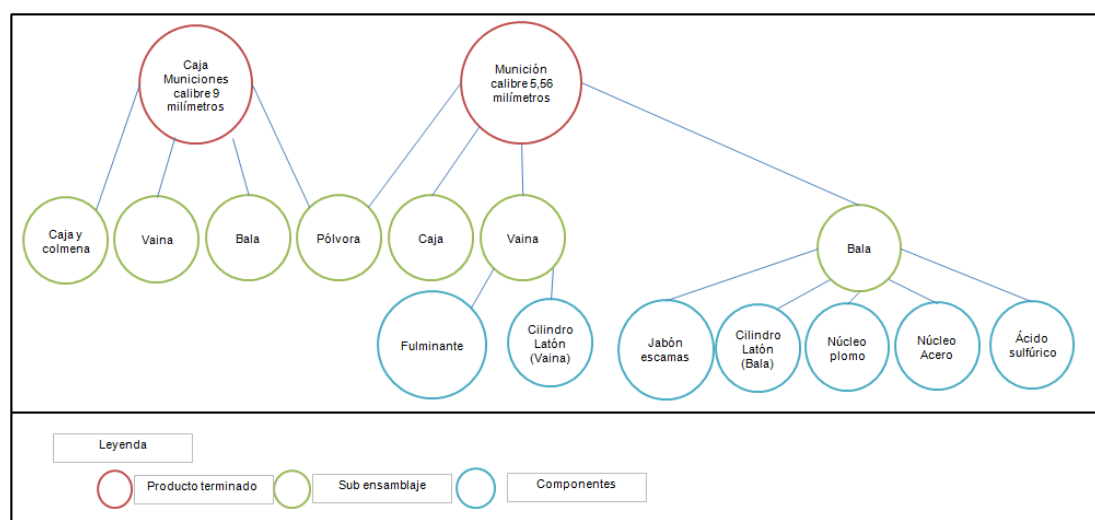
Para el transporte de las cajas y colmenas, el encargado de bodega, Renán Alvear (2013), mencionó que se utilizan los contenedores de producto terminado sin municiones. Con este sistema, al momento de transportar la materia prima se puede garantizar que los materiales no sufran daños al ser transportados. Dicho esto, el número de cajas y colmenas transportado por caja es de 40 y 90 cajas de calibre 9 y 5,56 milímetros, cada una con una capacidad de 50 y 20 municiones.

Cabe recalcar que, para determinar las cantidades de unidades que podrán ser transportadas en una caja en la nueva línea de producción, se determinó los pesos de cada ítem requerido para la producción y ensamblaje de municiones. Para tener una clara idea de los componentes que se requieren para la fabricación de municiones, se utilizó la información en el Anexo 5 para identificar la cantidad de componentes requeridos de cada uno.

Tabla 5-1: Pesos y unidades transportadas y abastecidas en cargas unitarias.

Tipo	Peso carga unitaria	Peso requerido por munición generada	Total municiones generadas por caja	Número de cajas por pallet	Total municiones generadas por pallet	Peso total del pallet
Munición Calibre 5,56 milímetros	22,5 Kg	0,0125 Kg	1800	18	32400	2014
Munición Calibre 9 milímetros	26 Kg	0,013 Kg	2000	18	36000	1176
Vainas 9 milímetros	7,2 Kg	0,0039 Kg	2000	57	114000	445
Balas 9 milímetros	16,4 Kg	0,0088 Kg	2000	57	114000	1003
Vainas 5,56 milímetros	13,4 Kg	0,0078 Kg	2000	48	96000	749
Balas 5,56 milímetros	20,4 Kg	0,003 Kg	5000	48	240000	720
Pólvora 9 milímetros	30 Kg	0,0003 Kg	100000	4	400000	120
Pólvora 5,56 milímetros	30 Kg	0,0017 Kg	17647	4	70588	120
Ácido Sulfúrico	0,000014 Kg	0,000056 Kg	125000	6	750000	6
Jabón Escamas	26 Kg	0,000060 Kg	433333	18	7799994	468
Núcleo Plomo 5,56 milímetros	22,5 Kg	0,0025 Kg	9000	48	432000	1080
Núcleo Acero	22,5 Kg	0,0015 Kg	15000	48	720000	1080
Fulminante	22,5 Kg	0,0036 Kg	6250	48	300000	1080
Caja y colmena 9 milímetros	40 Kg	1,872 Kg	21	18	378	708
Caja 5,56 milímetros	90 Kg	0,6772 Kg	132	18	2376	1609

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.



Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Figura 5-6: Componentes de las municiones.



La empresa utiliza un montacargas para el transporte de pallets y un operario para el transporte de cajas. Tomando en cuenta que la carga unitaria más pesada que se transporta entre áreas es de municiones calibre 5,56 milímetros con un peso de 2014 Kilogramos. No obstante, la empresa solicitó que se proponga en el proyecto un montacargas con capacidad de 4 toneladas, la cual es mayor de la carga unitaria más pesada.

Dado que en la empresa tiene la proyección de construir las instalaciones en un nuevo terreno alejado de la ciudad, ha optado por adquirir un nuevo montacargas. La importadora JGC (2012), vende maquinaria de marca TCM con características requeridas por el área de producción y de mantenimiento. La ficha técnica del montacargas fue especificada anteriormente en el Anexo 6.

Para estimar el costo de transportar pallets entre las áreas de la empresa, se consultó en la página web de ingeniería civil y construcción (Vallejo, 2012) el consumo de combustible, lubricantes y grasas de un montacargas. En base a esta información y a la teoría ilustrada en la sección 2.1.4, se realizó una interpolación para la calcular del consumo de combustible, lubricantes y grasas en base a especificaciones del montacargas y a la capacidad de carga.

$$Consumo_y = Consumo_a + (Capacidad - 3000Kg) \left( \frac{Consumo_b - Consumo_a}{5500Kg - 3000Kg} \right)$$

(5.1.1.1)

Tabla 5-2: Consumo de combustible, lubricantes y grasas.

		Potencia (HP)	Capacidad (Kg) (x)	Peso (Kg)	Combustible gln/hr	Lubricantes gln/hr	Grasas lb/hr
Valores de referencia		68	3000 (a)	5200	1,86	0,07	0,04
		70	5500 (b)	8100	2,13	0,08	0,08
		70	7500	9100	2,53	0,09	0,09
Tipos de Montacargas	FD35C9	0,55	3500	6060	1,914	0,072	0,048
	FD40C9	0,55	4000	6410	1,968	0,074	0,056
	FD45C9	0,55	4500	6920	2,022	0,076	0,064
	FD50C9	0,55	5000	7260	2,076	0,078	0,072

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Tomando en cuenta que la velocidad máxima del montacargas es de 19,5 Km/h, se calculó el costo de combustible tipo diesel, lubricante y grasa para transportar materia prima por metro recorrido. Los costos de los componentes fueron proporcionados por el encargado del área de mantenimiento (Revelo, 2013).

También se estableció que la máquina requiere de mantenimiento cada 250 horas de uso durante un periodo de dos horas (Revelo, 2013). Finalmente, se calculó Los costos de movilidad y mantenimiento, tomando en consideración que la velocidad máxima de circulación segura es 10 kilómetros por hora (INSHT, 2013).

$$\text{Costo gasolina} = \left(1,968 \frac{\text{galónes}}{\text{hora}}\right) \left(\frac{1,037 \text{ dólares}}{1 \text{ galón}}\right) \left(\frac{1 \text{ hora}}{10 \text{ Km}}\right) = 0,2041 \frac{\text{dólares}}{\text{Kilómetro}}$$

(5.1.1.2)

$$\text{Costo lubricante} = \left(0,074 \frac{\text{galónes}}{\text{hora}}\right) \left(\frac{19 \text{ dólares}}{1 \text{ galón}}\right) \left(\frac{1 \text{ hora}}{10 \text{ Km}}\right) = 0,1406 \frac{\text{dólares}}{\text{Kilómetro}}$$

(5.1.1.3)

$$\text{Costo aceite} = \left(0,074 \frac{\text{galónes}}{\text{hora}}\right) \left(\frac{19,33 \text{ dólares}}{1 \text{ galón}}\right) \left(\frac{1 \text{ hora}}{10 \text{ Km}}\right) = 0,1430 \frac{\text{dólares}}{\text{Kilómetro}}$$

(5.1.1.4)

$$\text{Costo mantenimiento} = \left(\frac{0,6121 \text{ Dólares} \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}}\right) 2 \text{ horas}}{250 \text{ horas}}\right) \left(\frac{1 \text{ hora}}{10 \text{ Km}}\right) =$$

$$0,0294 \frac{\text{dólares}}{\text{Kilómetro}} \quad (5.1.1.5)$$

$$\text{Costo operario} = \left(\frac{0,6121 \text{ Dólares}}{\text{minuto}}\right) \left(\frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}}\right) \left(\frac{1 \text{ hora}}{10 \text{ Km}}\right) = 3,6726 \frac{\text{dólares}}{\text{Kilómetro}}$$

(5.1.1.6)

A los costos por operador y de consumo, se debe incluir el costo de depreciación del montacargas. Tomando como referencia la teoría ilustrada en la sección 2.1.8, se estableció que la maquinaria industrial tiene una vida útil de diez años, si se le da mantenimiento preventivo. El activo fijo del vehículo es de 40.000 dólares.

Para el costo de salvamento de la maquinaria, el encargado del taller de mantenimiento estableció un 0,20% del su valor de adquisición al final de su vida útil. Por lo tanto, El costo de depreciación por metro cuadrado recorrido es el siguiente:

$$\text{Depreciación} = \frac{\$40.000 \text{ dólares} - 40.000(0,2) \text{ dólares}}{10 \text{ años}} = 3.200 \frac{\text{dólares}}{\text{año}}$$

(5.1.1.7)

$$\begin{aligned} & \text{Costo depreciación del montacargas por Kilómetro recorrido} = \\ & 3.200 \left( \frac{\text{dólares}}{\text{año}} \right) \left( \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} \right) \left( \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \right) \left( \frac{1 \text{ hora}}{10 \text{ Km}} \right) = 0,0365 \text{ dólares/kilómetro} \end{aligned}$$

(5.1.1.8)

El costo total de transportar una carga unitaria utilizando un nuevo montacargas es de 4,23 dólares por Kilómetro, equivalente a 0,00423 dólares por metro recorrido.

### 5.1.2. Carga unitaria transportada por el personal

Entre los talleres de municiones y armas y repuestos, laboratorios y polígono, una persona transporta producto terminado y materia prima. El flujo transportado entre estas áreas corresponde a muestras, que son utilizadas para diversas pruebas de control de calidad.

La carga unitaria para este tipo de flujo se la transporta, de ser necesario, en cajas de 36 x 24 x 24 centímetros cúbicos con una capacidad de 26 Kilogramos. Por lo tanto, cada flujo que se encuentre por debajo de este peso establecido es considerado como una carga unitaria transportada por el personal. Tomando como referencia el Anexo 5 y la velocidad más baja a la que una persona puede caminar con carga (25 metros por minuto) sin sufrir lesiones (Zharrugh. 1974), se calculó el costo de transportar materia prima por un operario:

$$\begin{aligned} & \text{Costo transporte por metro} = \left( 0,6121 \frac{\text{Dólares}}{\text{minuto}} \right) \left( \frac{1 \text{ minuto}}{25 \text{ metros}} \right) = \\ & 0,02248 \frac{\text{Dólares}}{\text{metro}} \quad (5.1.2.1) \end{aligned}$$

## 5.2. Flujos de materia prima y productos

### 5.2.1. Flujos entre edificios

Una vez que se logró determinar las cargas unitarias que se transportan dentro de las diferentes áreas de la empresa, se realizaron diversas entrevistas con los encargados de cada departamento para identificar los flujos de materia prima y de productos terminados.

Dado que la mayor cantidad de materia que se transporta en la empresa se realiza entre la bodega y el taller de municiones. Tomando como referencia la tabla 4-6 y 4-7, en el mes de Marzo se generó la mayor cantidad de unidades con un total de 562.638 y 377.000 municiones de calibre 9 y 5,56 milímetros respectivamente.

En la entrevista realizada al encargado de bodega, Renán Alvear (2013), se estipuló que toda la materia prima que ingresa es procesada por el taller de municiones y entregada al cliente. Esta afirmación permitió establecer que existe un flujo directo relacionado con la cantidad de municiones producidas y el parqueadero, utilizada actualmente como área de carga y descarga.

Tomando como referencia la tabla 5-1, se procedió a dividir la cantidad de producto y componentes transportados con las unidades que pueden ser transportadas por pallet. Las ecuaciones y cálculos utilizados son ilustrados a continuación:

$$\text{Número de cajas requeridas} = \frac{\text{Municiones producidas}}{\text{Unidades abastecidas por caja}}$$

(5.2.1.1)

$$\text{Número de palets requeridos} = \frac{\text{Número de cajas requeridas}}{\text{Número de cajas por palet (carga unitaria)}}$$

(5.2.1.2)

En la siguiente tabla, se utilizaron diferentes colores para diferenciar la suma de pallets correspondiente a cada flujo.

Tabla 5-3: Flujo entre la bodega y el área de municiones en el mes de Marzo.

Tipo	Total municiones generadas por caja	Número de cajas requeridas	Número de cajas por pallet	Número de pallets requeridos
Munición Calibre 5,56 milímetros	1800	210	12	12
Munición Calibre 9 milímetros	2000	282	16	16
Vainas 9 milímetros	2000	282	5	5
Balas 9 milímetros	2000	282	5	5
Vainas 5,56 milímetros	2000	189	4	4
Balas 5,56 milímetros	5000	76	2	2
Pólvora 9 milímetros	100000	6	2	2
Pólvora 5,56 milímetros	17647	22	6	6
Ácido Sulfúrico	125000	4	1	1
Jabón Escamas	433333	1	1	1
Núcleo Plomo 5,56 milímetros	9000	42	1	1
Núcleo Acero	15000	26	1	1
Fulminante	6250	61	2	2
Caja y colmena 9 milímetros	1800	313	18	18
Caja 5,56 milímetros	2000	189	11	11
Flujos	Taller - Parqueadero			28
	Bodega – taller			49
	Polvorín - taller			10

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Como se puede observar en la tabla 5-3, el flujo entre el taller de municiones y el parqueadero que corresponde a las municiones producidas, es de 28 cargas unitarias. Para establecer los flujos entre la bodega y el taller de municiones, se sumó el número de pallets relacionados con los componentes requeridos para la producción de municiones; las cargas unitarias transportadas entre estas áreas fueron 49. Por regulaciones de seguridad

industrial, la pólvora y los productos terminados deben ser almacenados en el polvorín de la empresa. Dada esta restricción, se identificó un flujo de 10 cargas unitarias que fueron transportadas entre estas áreas.

Tomando como referencia la tabla 4-13, se utilizó las municiones en inventario almacenadas en el mes de Junio, para determinar el flujo existente entre el polvorín y el parqueadero de municiones calibre 5,56 milímetros. Este mismo flujo será considerado como transportado entre el taller de municiones y el polvorín.

*Flujo polvorín a parqueadero =*

$$\left[ 109.450 \text{ municiones} \left( \frac{1 \text{ palet}}{32400 \text{ municiones}} \right) \right] = [3,38] = 4 \text{ palets} \quad (5.2.1.3)$$

Ya que no existen flujos en el cronograma de producción entre el taller de armas y herramientas con la bodega, fue necesario establecer un flujo de material estimado con el Ingeniero Danny Cárdenas (2012), para definir una necesidad de cercanía entre estas dos áreas. En base a la experiencia del encargado del área, se estableció un flujo máximo de 10 Kilogramos en un mes.

Dado que la materia prima y materiales producidos en esta área, son transportados en cajas con las mismas características de las utilizadas para transportar municiones; se estableció que la carga unitaria es de una caja con capacidad de 26 kilogramos.

$$\text{Flujo taller de armas y repuestos con bodega} = \frac{\text{Flujo establecido}}{\text{Capacidad máxima carga unitaria}} = \frac{10 \text{ Kg}}{26 \text{ Kg}} \quad (5.2.1.4)$$

*Flujo Taller armas y repuestos con bodega = 0,38*

Como se puede constatar en la ecuación 5.2.1.4, el valor de la carga unitaria transportada fue de 0,38, por lo que se establece que solo una carga unitaria es transportada entre estas áreas.

También existen flujos entre el taller de municiones con el laboratorio balístico y polígono abierto para la realización de diferentes pruebas de calidad. El número de unidades que es transportado al laboratorio balístico en un mes de producción máxima es de 290 municiones. (Murillo, 2012)

Tabla 5-4: Flujo entre el taller de municiones y laboratorio balístico.

Prueba	Número de municiones requerido
Extracción de la bala	20
Test residual	20
Velocidad	90
Puntería	20
Presión en la cámara	20
Presión de aire	20
Función	100
Configuración de grano	10
Dureza	10
Total	310
Peso	4,03

Fuente: Murillo (2012), realizado en Microsoft Excel 2007.

Ya que el peso total de municiones para realizar las pruebas respectivas es menor a 26 Kg, se estableció que en un día de producción se transporta una carga unitaria entre el taller de municiones y el laboratorio balístico. Por lo tanto, el flujo en el periodo de un mes es de 22, considerando una producción durante cinco días a la semana.



De igual manera, para realizar pruebas prácticas de las municiones producidas, el encargado de calidad, Edgar Murillo (2012), utiliza un total de 48 municiones al mes por calibre para realizar pruebas en el polígono abierto. Tomando como referencia los pesos de la tabla 5-1 y los días de producción establecidos en las tablas 4-30 y 4-31, se calculó el flujo entre estas áreas.

*Flujo municiones calibre 9 milímetros =*

$$48 \frac{\text{municiones}}{\text{dia}} \left( \frac{0,013 \text{ Kilogramos}}{1 \text{ munición}} \right) 9 \text{ días} = 5,62 \frac{\text{Kilogramos}}{\text{mes}} \quad (5.2.1.5)$$

*Flujo municiones calibre 5,56 milímetros =*

$$48 \frac{\text{municiones}}{\text{dia}} \left( \frac{0,0125 \text{ Kilogramos}}{1 \text{ munición}} \right) 17 \text{ días} = 10,2 \frac{\text{Kilogramos}}{\text{mes}} \quad (5.2.1.6)$$

Sumando ambos flujos, se obtuvo un peso total transportado de 15,64 kilogramos al mes; ya que este valor es inferior a 26 kilogramos, se pudo establecer que una carga unitaria es transportada entre el taller de municiones y el polígono.



De la misma manera, existe un flujo de materia prima entre el polvorín y el laboratorio químico, que se realiza muy pocas veces al año. Dado que la muestra transportada entre estas dos áreas es una muestra muy pequeña de pólvora, solo es necesario de un operario para transportarla (Alvear, 2013).

Para realizar pruebas de control de calidad, la encargada del laboratorio balístico, Lorena Jami (2012), mencionó que se requiere de una sola muestra de 0,013 Kilogramos de pólvora. Como la cantidad requerida es menor a 26

kilogramos, se considera que existe un flujo de una carga unitaria entre el polvorín y el laboratorio químico.

Determinados todos los flujos existentes entre las áreas de la empresa, se elaboró la tabla desde – hacia de la empresa tomando como referencia la teoría ilustrada en la sección 2.1.9.3.

Tabla 5-5: Tabla inicial desde - hacia.



Matriz desde hacia Santa Bárbara E.P.	Taller de armas y repuestos	Taller municiones	Bodega General	Laboratorio Químico	Polvorines	Laboratorio Balístico	Polígono abierto	Parqueadero	Comedor	Dormitorios	Área administrativa
Taller armas y repuestos			1								
Taller municiones					4	22	1	28			
Bodega General		49									
Laboratorio Químico											
Polvorines		10		1				4			
Laboratorio Balístico											
Polígono abierto											
Parqueadero											
Comedor											
Dormitorios											
Área administrativa											
Leyenda  Flujo transportado por persona  Flujo transportado por montacargas											

Fuente: Elaboración propia, realizado con el software Microsoft Excel 2007.

Determinada la tabla desde – hacia, se sumó los flujos comunes de cargas unitarias entre áreas para establecer un flujo único. También se tomó en

consideración que cada flujo puede ser transportado con el montacargas o por el personal de la empresa. También, se adicionaron áreas de carga y descarga individuales para la bodega, taller de municiones y polvorines.

Tabla 5-6: Matriz flujo-entre de la empresa Santa Bárbara E.P.

Matriz flujo-entre Empresa Santa Bárbara E.P.	Taller de repuestos	Taller municiones	Área de carga y descarga	Bodega General	Área de carga y descarga (2)	Laboratorio Químico	Polvorines	Área de carga y descarga (3)	Laboratorio Balístico	Polígono abierto	Parqueadero	Comedor	Dormitorios	Área administrativa
Taller armas y repuestos				1										
Taller municiones			28	49			14		22	1				
Área de carga y descarga														
Bodega General					49									
Área de carga y descarga (2)														
Laboratorio Químico							1							
Polvorines								4						
Área de carga y descarga (3)														
Laboratorio Balístico														
Polígono abierto														
Parqueadero														
Comedor														
Dormitorios														
Área administrativa														
Leyenda														
 Flujo transportado por persona  Flujo transportado por persona														

Fuente: Elaboración propia, realizado con el software Microsoft Excel 2007.

Como se muestra en la tabla 5-6, el flujo entre el taller de municiones con la bodega general y el área de descarga son los más altos. No obstante, cabe recordar que para completar flujos existentes, se realizó entrevistas con varios encargados de la empresa para establecer los flujos en un día de producción.

### **5.2.2. Flujos entre estaciones de trabajo**

Inicialmente, en base a la figura 5-6, se relacionó los componentes requeridos por cada tarea en cada estación de trabajo. Después, se estableció el flujo de productos y componentes en la nueva línea de producción de municiones tomando como referencia el flujo de actividades entre estaciones ilustrado en la figura 4-5. Finalmente, se generó una tabla de flujo de materiales entre estaciones en la cual se especificó el componente o producto necesario en cada estación y su procedencia.

Tabla 5-7: Flujos de materiales entre estaciones.

Estación	Nodo	Actividad Asignada	Input	Procedencia
1	A	Dosificación máquinas		
	B	Estirado	Vainas	Bodega
	C	Recocido		
2	D	Decapado	Ácido Sulfúrico	Bodega
	E	Corte exceso	Vainas	1
3	R	Moleteado	Balas	1
4	S	Control dimensional	Balas	3
5	T	Control pesaje	Balas	4
6	U	Fabricación bala	Balas	5
7	F	Prensado	Vainas	2
	G	Normalizado		
	V	Calibrado alambre	Balas	6
8	H	Conificado	Vainas	7
9	I	Taladrado	Vainas	8
	J	Enjuague	Jabón escamas	Bodega
10	K	Abrillantado	Vainas	9
	W	Prensado del núcleo	Balas	7
			Núcleo Plomo	Bodega
		Núcleo Acero	Bodega	
11	L	Secado	Vainas	10
	M	Ranulado		
12	N	Control dimensional	Vainas	11
13	O	Recocido	Vainas	12
	X	Pulir	Balas	10
14	P	Inserción fulminantes	Fulminantes	Bodega
			Balas	13
15	Q	Inspección visual	Balas	14
16	Y	Carga de cartuchos	Balas	15
			Vainas	13
			Balas ensambladas	Bodega
			Vainas ensambladas	Bodega
		Pólvora	Bodega	
17	Z	Control de calidad	Municiónes 9 mm	16
			Municiónes 5,56 mm	
18	α	Empaque en colmena	Municiónes 9 mm	17
	β	Sellado y vaciado	Municiónes 5,56 mm	
	γ	Recopilación	Cajas (9 mm)	Bodega
			Colmenas (9 mm)	Bodega
			Cajas (5,56 mm)	Bodega

Fuente: Elaboración propia, realizado con en Microsoft Excel 2007.

En base a la tabla 5-7, se determinó los flujos de materiales procedentes de la estación 1. Esto se debe a que la actividad A incluye el proceso de recolección de la materia prima requerida de la bodega para alimentar las

máquinas. Cabe recalcar que en el taller se incluirá una pequeña bodega en la cual se pueda almacenar los componentes requeridos para un mes de producción.

Para las tareas de limpieza y tratamiento térmico, la línea de producción requiere ácido sulfúrico y jabón de escamas. Estos aditivos cuentan con un peso muy inferior con respecto a los otros componentes, por lo que no afectan en mucho al flujo entre la estación 1 y las estaciones 2 y 9.

Al final del proceso, se encuentra el área de despacho, en donde son utilizadas las cajas y colmenas para empaquetar el producto y despacharlo. Cabe recalcar que, las municiones de calibre 5,56 milímetros son empaquetadas en cajas de 20 unidades y no requieren de colmenas. No obstante, las municiones de calibre 9 milímetros son colocadas cuidadosamente en colmenas de 50 unidades y depositadas en la respectiva caja.

Tomando como referencia la tabla 5-1, la ecuación 5.2.1.1 y la producción anual de la tabla 4-2. Se calculó el número de cargas unitarias transportadas por lo operarios que son requeridas para la producción de 562.638 y 377.000 municiones calibre 9 y 5,56 milímetros en el mes de Marzo.

Tabla 5-8: Cargas unitarias calculadas para los flujos entre estaciones de trabajo.

Tipo	Total municiones generadas por caja	Número de cargas unitarias requeridas
Munición Calibre 5,56 milímetros	1800	210
Munición Calibre 9 milímetros	2000	282
Vainas 9 milímetros	2000	282
Balas 9 milímetros	2000	282
Vainas 5,56 milímetros	2000	189
Balas 5,56 milímetros	5000	76
Pólvora 9 milímetros	100000	6
Pólvora 5,56 milímetros	17647	22
Ácido Sulfúrico	125000	4
Jabón Escamas	433333	1
Núcleo Plomo 5,56 milímetros	9000	42
Núcleo Acero	15000	26
Fulminante	6250	61
Caja y colmena 9 milímetros	1800	313
Caja 5,56 milímetros	2000	189

Fuente: Elaboración propia, realizado con el software Microsoft Excel 2007.

Finalmente, en base a la teoría ilustrada en la sección 2.1.9.3 y a las tablas 5-7 y 5-8, se utilizó una tabla desde hacía para identificar los flujos entre las estaciones. No fue necesario elaborar una tabla flujo entre dado que el proceso sigue una secuencia lineal, en la cual los flujos siguen un sentido de procesamiento.

Tabla 5-9: Tabla desde – hacia, flujo de materiales en el taller de municiones.

Matriz flujo entre Taller municiones	Bodega	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6	Estación 7	Estación 8	Estación 9	Estación 10	Estación 11	Estación 12	Estación 13	Estación 14	Estación 15	Estación 16	Estación 17	Estación 18
Bodega																			
Estación 1	189																		
Estación 2	4	189																	
Estación 3	76																		
Estación 4				76															
Estación 5					76														
Estación 6						76													
Estación 7			189				76												
Estación 8								189											
Estación 9	2								189										
Estación 10	68							76		189									
Estación 11											189								
Estación 12												189							
Estación 13											76		189						
Estación 14	61													76					
Estación 15															76				
Estación 16	590													189		76			
Estación 17																	492		
Estación 18	502																	492	

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

### 5.3. Relaciones entre departamentos

#### 5.3.1. Relación entre edificios.

Tomando como referencia la literatura ilustrada en la sección 2.1.9.3. Se efectuaron entrevistas a los jefes de cada área para establecer las relaciones y necesidades de cercanía entre las áreas de la empresa. La asignación fue establecida en base letras para la ponderación cualitativa de cercanía y números de razón para la cantidad de flujo de materiales o información. Los códigos de la tabla de relaciones son ilustrados en las tablas 2-3 y 2-4.



Tabla 5-10: Tabla de relaciones de la nueva planta.

Número	Áreas Santa Bárbara E.P.
1	Taller de armas y repuestos
2	Taller municiones
3	Bodega General
4	Laboratorio Químico
5	Polvorines
6	Laboratorio Balístico
7	Polígono abierto
8	Parqueadero
9	Comedor
10	Dormitorios
11	Área administrativa

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Como se puede observar en la tabla 5-10, existe un flujo considerable de materiales y una importancia de cercanía entre los talleres, bodega y laboratorios. Esta herramienta permitió establecer relaciones de cercanía importantes, que deben cumplirse al momento de proponer la distribución general.

Tomando como referencia el manual de transporte, manipulación y almacenamiento de municiones (2006), el polvorín debe permanecer alejado de las otras áreas de la empresa. La distancia de seguridad es mantenida debido al producto terminado y pólvora que lo contiene.

Las áreas restantes a considerar son: el comedor, parqueadero, dormitorios y el área administrativa. Los principales encargados de estas establecieron ponderaciones cualitativas, que determinan las necesidades de cercanía con los otros departamentos.

### **5.3.2. Relación entre estaciones de trabajo**

Tomando como referencia la tabla 5-9, se procedió a determinar la importancia de cercanía que debe existir entre las diferentes estaciones de trabajo. Para ello se establecieron intervalos de flujos en base a porcentajes acumulativos del 20% para cada intervalo.

Los límites superiores de cada razón son calculados al multiplicar el flujo más grande de 590 cargas unitarias. Cabe recalcar que la distribución de importancia de flujos se realizó en cinco intervalos, ya que en el área de armas y municiones no existen estaciones de trabajo que deben estar estrictamente alejadas entre sí.

Tabla 5-11: Límites tabla de relaciones.


Importancia	Porcentaje	Límite inferior	Límite superior	Leyenda
A	100,00%	432,81	-	
E	80,00%	324,61	432,8	
I	60,00%	216,41	324,6	
O	40,00%	108,21	216,4	
U	20,00%	0	108,2	
X	0,00%	0	0	

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.


Como se puede observar en la tabla 5-11, se pudo obtener intervalos equivalentes de permitirá la distribución de flujos de manera. También, se estableció un límite de cero para la importancia de no conveniente (X), esta medida se aplicó para evitar que flujos positivos se encuentren dentro de esta categoría. Después, se procedió a clasificar los flujos entre las estaciones de trabajo.

Tabla 5-12: Tabla de relaciones taller de municiones.

Tabla de relaciones Taller de municiones	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6	Estación 7	Estación 8	Estación 9	Estación 10	Estación 11	Estación 12	Estación 13	Estación 14	Estación 15	Estación 16	Estación 17	Estación 18
Estación 1																		
Estación 2	189 E																	
Estación 3	4 U	189 I																
Estación 4	76 O		76 O															
Estación 5				76 O														
Estación 6					76 O													
Estación 7			189 I			76 O												
Estación 8							189 I											
Estación 9	2 U							189 I										
Estación 10	68 O					76 O			189 I									
Estación 11										189 I								
Estación 12											189 I							
Estación 13										76 O		189 I						
Estación 14	61 U												76 O					
Estación 15														76 O				
Estación 16	590 E												189 I		76 O			
Estación 17																	492 A	
Estación 18	502 A																	492 A



Necesaria  
Importante



Normal  
No importante  
No conveniente

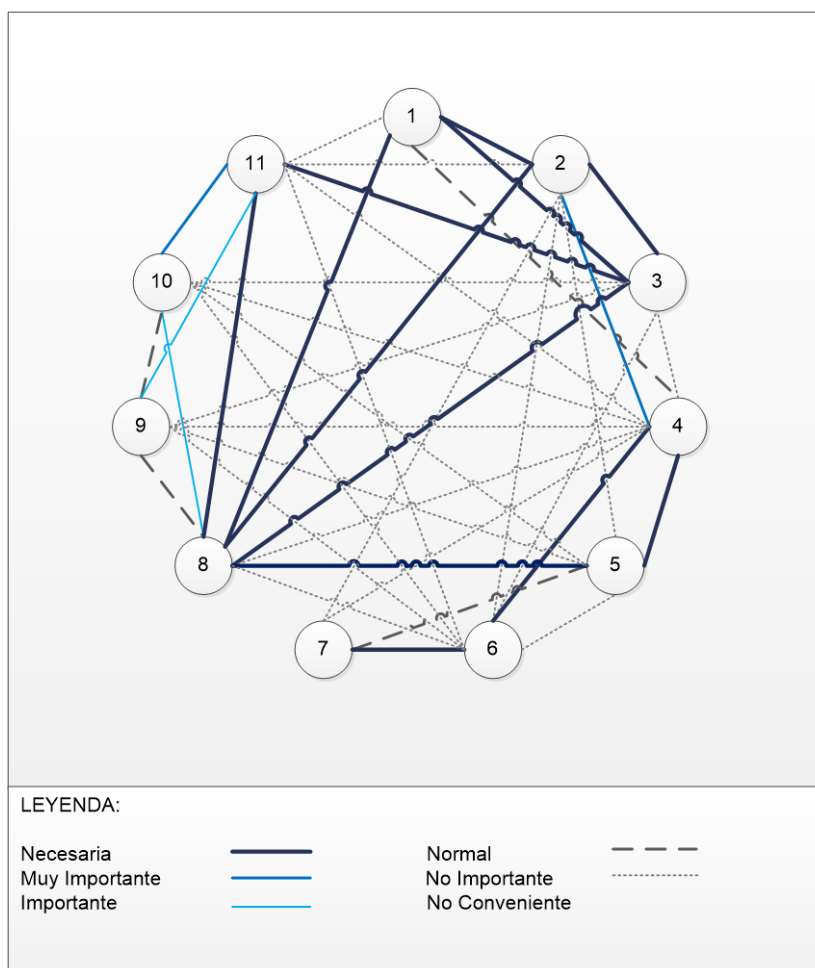
Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Dado que no se pudo entrevistar al personal en relación al sistema de producción que antes funcionada, se fue posible utilizar los flujos de carga unitaria para establecer una importancia de cercanía entre estaciones. Cabe recalcar que ningún flujo cayó dentro del intervalo de muy importante

## 5.4. Diagrama de relaciones

### 5.4.1. Entre las áreas de la empresa

Tomando como referencia la tabla 5-10 y la teoría ilustrada en la sección 2.1.10, se realizó un diagrama de relaciones entre las áreas de la empresa Santa Bárbara E.P. Las importancias de cercanía son diferenciadas mediante distintos colores y tipos de línea.

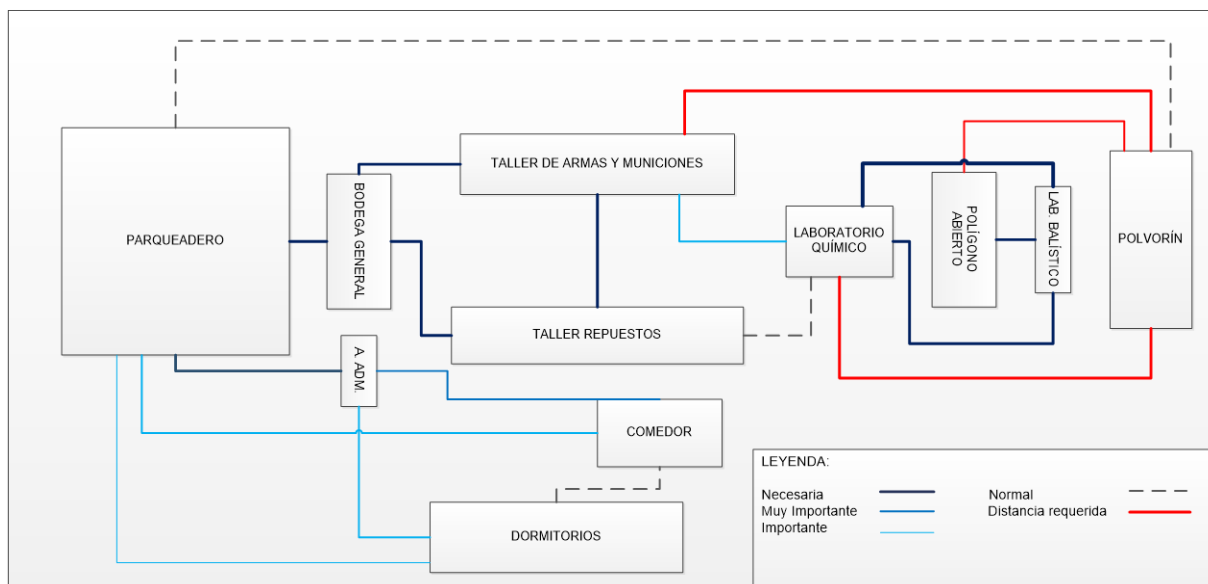


Fuente: Elaboración propia, realizado en Visio 2010

Figura 5-7: Diagrama de Relaciones entre áreas.

Dado que las relaciones de tipo necesaria, muy importante e importante son las que determinan un flujo de producto terminado y de materia prima entre

departamentos. Se realizó el correspondiente diagrama de relación de espacio utilizando las áreas establecidas en la tabla 3-8 y la figura 5-7. También, Las relaciones de no importancia no fueron consideradas; esto de debe a que estas no aportan a las necesidades de cercanía entre edificios.



Fuente: Elaboración propia, realizado en Visio 2010

Figura 5-8: Diagrama de Relaciones de espacio.

Como se puede constatar en la Figura 5-8, se logró establecer las relaciones existentes necesarias entre los departamentos. No obstante, en base a la norma INEN 2 216:99 (2012), los polvorines con berma de protección deben encontrarse a una distancia mínima de edificios habitados en base a la cantidad de explosivos y pólvora que almacenan.

Tomando como referencia las tablas 4-7, 4-8 y 5-8, se calculó la cantidad de explosivos en kilogramos que fueron almacenados en el polvorín por el plan de desagregación. Para esto, se multiplicó el peso de la pólvora por

unidad por la cantidad de proyectiles almacenados. La cantidad de kilogramos de pólvora almacenados en el polvorín es:

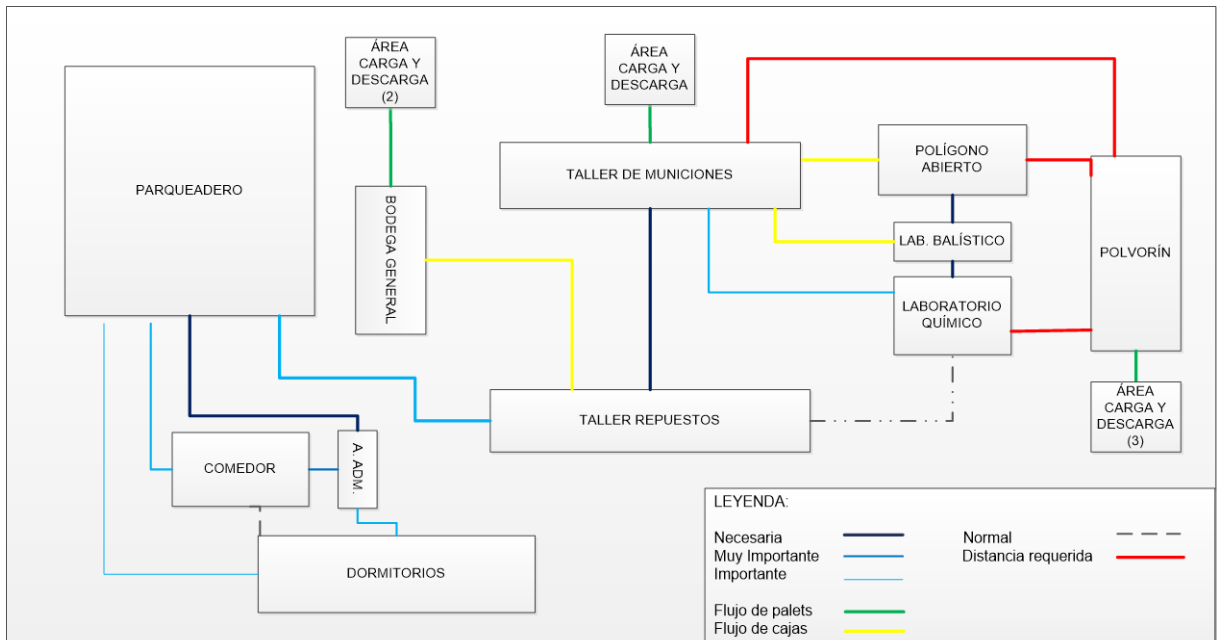
$$\begin{aligned} & \text{Peso en pólvora proveniente de las municiones almacenadas} = \\ & 109.450 \text{ municiones} \left( 0,0017 \frac{\text{Kg}}{\text{munición}} \right) = 186,45 \text{ Kg} \quad (5.3.2.1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Pólvora almacenada requerida para la producción} = \\ & 238 \text{ contenedores} \left( \frac{30 \text{ Kg}}{1 \text{ contenedor}} \right) = 7.140 \text{ Kg} \quad (5.3.2.2) \end{aligned}$$

Dado que en total de peso en pólvora almacenado es de 7326,45 Kilogramos, se ubicara a los polvorines a una distancia mínima de 286 metros de los edificios habitados. Dada esta restricción, se asignó un área designada en los polvorines que facilite las operaciones de carga y descarga de productos y materia prima.

También, se estableció una segunda área de carga y descarga, para diferenciar el parqueadero del personal con el área de recepción de camiones. Este espacio es compartido entre el taller de municiones y la bodega general. En base a la teoría ilustrada en las secciones 2.1.13 y 2.1.14. Se adaptó las dimensiones de esta zona a la estructura propuesta con el espacio requerido para que los vehículos puedan transitar y parquearse.

Después, se identificó las relaciones que están conectadas con el transporte de cargas unitarias en base a la tabla 5-6. Para esto, se modificó las líneas de conexión para especificar el tipo de transporte utilizado para transportar las cargas unitarias.



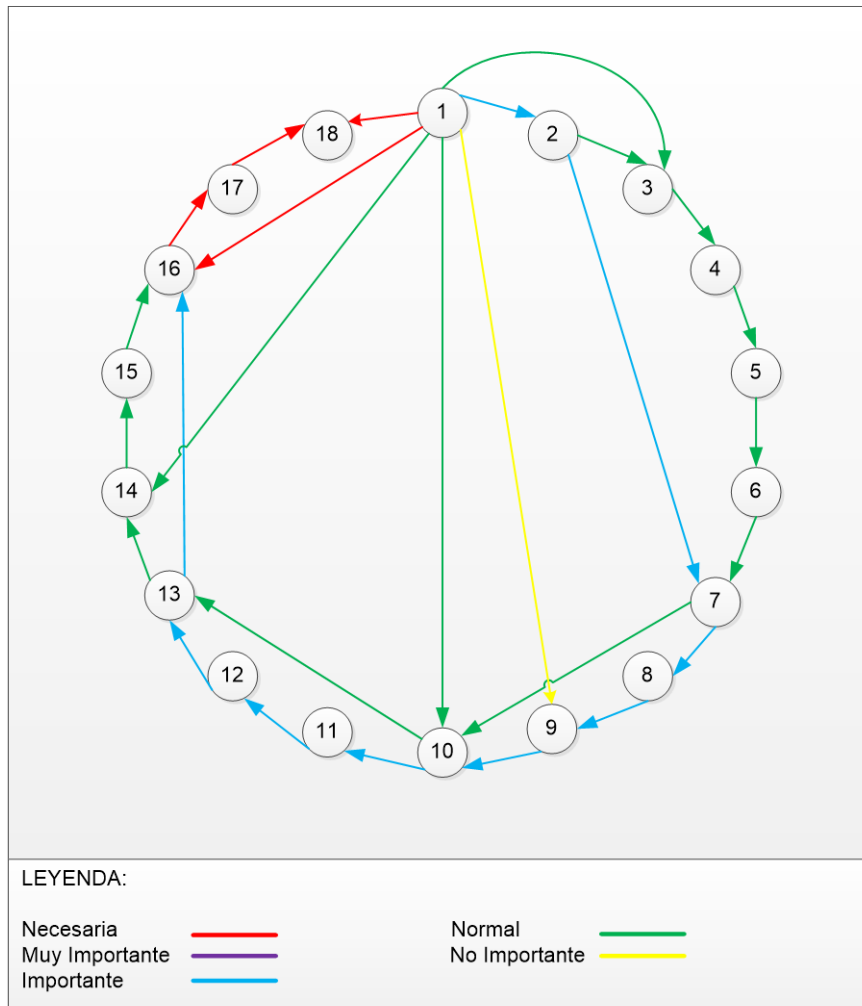
Fuente: Elaboración propia, realizado en Visio 2010

Figura 5-9: Diagrama de Relaciones de espacio con flujos de material.

#### 5.4.2. Relaciones en el taller de municiones

Para ubicar de las estaciones en el taller de municiones propuesto, se procedió a elaborar un diagrama de relaciones, en el cual se identifiquen los flujos de materia prima y de producto terminado. Tomando como referencia la tabla 5-13, se relacionó cada estación con un nodo. Después, se utilizó líneas específicas de colores para ilustrar la importancia de cercanía entre las estaciones de trabajo.





Fuente: Elaboración propia, realizado con en Visio 2010

Figura 5-10: Diagrama de Relaciones entre estaciones.

Como se puede constatar en la figura 5-10, los flujos más significativos siguen la secuencia tareas de producción establecida en la sección 5.3.2. No obstante, es necesario que las estaciones y, 1, 16, 17 y 18 se encuentren a una distancia cercana para reducir costos de transporte de cargas unitarias. También, se consideró unir estaciones de trabajo que compartan un flujo de componentes y productos terminados entre sí.

## **5.5. Requerimientos de espacio**

### **5.5.1. Taller de municiones**

Para determinar el área requerida, se tomó las dimensiones de las máquinas requeridas con una cinta métrica. Al momento de efectuar la medición, se tomó en cuenta toda el área ocupada alrededor de las máquinas, para evitar posibles obstrucciones que puedan ocasionarse durante la producción. Después, se identificó las posiciones corporales a la que operan los trabajadores en base a la tarea.

Para maximizar la cantidad de espacio requerido por los operadores alrededor de las máquinas, en base a la norma MIL-STD 756 ilustrada por Kroemer (2003), se utilizó un radio de alcance y profundidad del cuerpo de 0,6096 y 0,46 metros cuando la persona esta parada, y de 1,22 metros cuando se encuentra arrodillada. No obstante, dado que el operador solo requiere hincarse para actividades de mantenimiento, solo se tomó en cuenta el radio de distancia cuando el operador está parado (pp. 357-359).

Para establecer el área del trabajador cuando se encuentra sentado, se tomo como referencia las medidas establecidas por Tompkins (2006). La distancia de alcance fácil es de 0,635 metros y con ancho de cuerpo de 0,46 metros de 1 metro. Al sumar estas dimensiones, se estableció que el trabajador requiere de 1,095 metros de distancia alrededor de la máquina (p. 147).

Tabla 5-13: Distancias requeridas por operario en la estación de trabajo.

Posición	Distancia de alcance (metros)	Anchura del cuerpo (metros)	Distancia total (metros)
Parado	0,6096	0,46	1,0696
Sentado	0,635	0,46	1,095

Fuente: Elaboración propia, realizado con en Microsoft Excel 2010

Después, en base a la teoría ilustrada en la sección 2.1.11, se calculó el área requerida por cada estación de trabajado. Dado que el área requerida para los operadores y las máquinas es superior a 5,9 metros cuadrados, el taller de municiones requiere de un 40% de espacio total para la holgura de pasillos.

Tomando como referencia los cálculos de la sección 4,4 es necesario determinar el espacio requerido en el área de despacho y bodega dentro del taller de municiones. Primero, se calculó la tasa de producción en la jornada suplementaria de 240 minutos. Después, a esta se le se sumó la tasa de producción en jornada regular. Para los cálculos se utilizaron las ecuaciones 2.1.4.1, 4.3.3.3 y 4.3.3.4.

*Producción diaria máxima munición calibre 9 milímetros =*

$$36000 \frac{\text{municiones}}{\text{día}} + \frac{240 \frac{\text{minutos}}{\text{día}}}{0,75 \text{ segundos} \left( \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \right)} = 55200 \left( \frac{\text{municiones}}{\text{día}} \right)$$

(5.5.1.1)

*Producción diaria máxima munición calibre 5,56 milímetros =*

$$27000 \frac{\text{municiones}}{\text{día laboral}} + \frac{240 \frac{\text{minutos}}{\text{día laboral}}}{1,56 \text{ segundos} \left( \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \right)} = 41400 \left( \frac{\text{municiones}}{\text{día}} \right)$$

(5.5.1.2)

Posteriormente, tomando como referencia la tabla 5-1, se dividió la tasa de producción máxima con el número de municiones o componentes requeridos por pallet. El número de cargas unitarias de municiones producidas son destinadas al área de despacho, mientras que el resto provienen de la bodega en el taller de municiones.

Tabla 5-14: Número requerido de cargas unitarias.

Tipo	Total municiones generadas por caja	Número de cajas requeridas	Total municiones generadas por pallet	Número de pallets requeridos
Munición Calibre 5,56 milímetros	1800	23	18	2
Munición Calibre 9 milímetros	2000	28	18	2
Vainas 9 milímetros	2000	28	57	1
Balas 9 milímetros	2000	28	57	1
Vainas 5,56 milímetros	2000	21	48	1
Balas 5,56 milímetros	5000	9	48	1
Pólvora 9 milímetros	100000	1	4	1
Pólvora 5,56 milímetros	17647	3	4	1
Ácido Sulfúrico	125000	1	6	1
Jabón Escamas	433333	1	18	1
Núcleo Plomo 5,56 milímetros	9000	5	48	1
Núcleo Acero	15000	3	48	1
Fulminante	6250	7	48	1
Caja y colmena 9 milímetros	1800	31	18	2
Caja 5,56 milímetros	2000	21	18	2
Áreas	Pallets destinados al área de despacho			4
	Pallets provenientes de la bodega			14

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

En un solo día se pueden producir un máximo de cuatro cargas unitarias, por lo que el área de despacho requiere de cuatro espacios de almacenamiento aleatorio para colocar los pallets generados. También, el área

de la bodega requiere de catorce espacios de almacenamiento de componentes; requeridos para abastecer la tasa de producción máxima antes establecida.

Para determinar el área final requerida, es necesario especificar el espacio requerido por el por el montacargas. En base a la ficha técnica ilustrada en el Anexo 6, se calculó el área ocupada por el montacargas en base a las dimensiones máximas requeridas por el montacargas.

Tabla 5-15: Área requerida por el montacargas.

Especificación montacargas		Medidas (metros)
Largo	22	2,82
	11	0,56
	10	1,017
Ancho	17	1,48
Área (metros cuadrados)		6,51

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Para calcular el área requerido por los pallets, se procedió a multiplicar el número de cargas unitarias por las dimensiones ilustradas en la figura 5-1. Después, se calculó el área requerida al multiplicar las longitudes establecidas y agregar un 40% de holgura para pasillos. El espacio total para la bodega y la zona de despacho es el siguiente:

Tabla 5-16: Calculo de áreas requeridas para la bodega y despacho.

Área requerida por los pallets (metros cuadrados)					Área requerida por el montacargas (metros cuadrados)	Área total (metros cuadrados)
Cálculo áreas requeridas	Número de Pallets	Largo (metros)	Ancho (metros)	Área (metros cuadrados)		
Dimensiones	1	1,10	0,74	0,81		
Despacho	4	4,40	2,96	13,02	6,51	19,53
Bodega	16	17,60	11,84	208,38	6,51	214,89

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Dadas todas las especificaciones requeridas por el personal y las áreas de despacho y bodega en las estaciones 1 y 18. En el Anexo 8 se muestra la tabla con los cálculos realizados para establecer las dimensiones y áreas requeridas en cada estación de trabajo. También, se incluyó un ancho de 50 centímetros para señalización de seguridad en base a teoría ilustrada en la sección 2.1.21.2.

### **5.5.2. Bodega General y polvorín de la empresa**

Para determinar el espacio requerido para almacenar y transportar las cargas unitarias, es necesario establecer el máximo número de cargas unitarias que podrían ser almacenadas en el caso de un periodo con alta demanda. Como referencia, se utilizó la cantidad de municiones producidas y almacenadas establecidas por el plan agregado de producción en la sección 4.4.

Primero, se identificó en número de unidades abastecidas por pallet para cada componente especificado en la tabla 5-7. Dado que se cuenta con un total de doce periodos, se determinó la cantidad de unidades requeridas para cada mes. Después, se agregó un espacio de almacenamiento adicional para las cargas unitarias transportadas desde el taller de armas y repuestos.

Es importante recalcar que, bajo la normativa INEN 2 216:99 (2012), en la bodega no se debe almacenar pólvora ni municiones. Esto se debe a que las condiciones de seguridad requeridas para su almacenamiento establecen que todos los elementos explosivos deben ser almacenados en polvorines a una distancia segura de edificios y vías de acceso.

En base a la teoría ilustrada en la sección 2.1.12.1, en el Anexo 9 se muestra el cálculo realizado para determinar el número de cargas unitarias requeridas para la bodega y el polvorín utilizando un sistema de almacenamiento aleatorio. Después, se procedió a calcular las áreas del polvorín y de la bodega utilizando una holgura del 40% para pasillos.

Tabla 5-17: Calculo de área requerida para la bodega general y polvorín.

Área requerida por los pallets (metros cuadrados)					Área requerida por el montacargas (metros cuadrados)	40% holgura para pasillos y espacio adicional (metros cuadrados)	Área total (metros cuadrados)
Cálculo áreas requeridas	Número de pallets	Largo (metros)	Ancho (metros)	Área (metros cuadrados)			
Dimensiones	1	1,10	0,74	0,81			
Bodega	37	41,00	27,58	1131,09	6,51	455,04	1586,13
Polvorín	6	6,60	4,44	29,30	6,51	14,33	43,63

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007

Se puede constatar que la bodega y el polvorín requieren de 37 y 6 espacios de almacenamiento aleatorio. Se utilizó este sistema dado que permite juntar a los pallets por familias de productos, componentes y sub-ensamblajes; facilitando el almacenamiento y despacho en la bodega y optimizando la ocupación de espacio. La distribución de componentes y productos se establece en el manual de manipulación, transporte y almacenamiento de explosivos de la empresa. (2006)

Dado que el actual estudio de diseño de layout no toma en consideración especificar los espacios requeridos para el resto de áreas que no estén involucradas en la producción o almacenamiento de municiones. En base

a la tabla 3-8, se procedió a establecer las los espacios que serán utilizadas para la distribución de edificios en la nueva planta.

Tabla 5-19: Áreas propuestas para el diseño de la nueva planta.

Edificios	Áreas (m <sup>2</sup> )
Taller armas y repuestos	1436,79
Taller de municiones	1258,43
Bodega General	1586,13
Laboratorio Químico	749,6
Polvorines	43,69
Laboratorio Balístico	289,87
Polígono abierto	712,72
Parqueadero	4544,84
Cocina y comedor	714,53
Dormitorios	1434,68

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007



## CAPITULO VI: DISEÑO DEL LAYOUT

### 6.1. Disposición de las Áreas

#### 6.1.1. Disposición del Taller de municiones.

Para establecer una disposición de layout inicial, se utilizó como referencia el Anexo 9, la figura 4-5. Se estableció una distribución inicial siguiendo el flujo de componentes y producto terminado para la producción de municiones. También, se unió las estaciones que no tienen tiempo libre de estación con la máquinas establecidas en el flujo de proceso para evitar que los operarios tengan que trasladar cargas unitarias.

En base a la teoría ilustrada en la sección 2.1.11. Se utilizó un ancho de pasillo de 1,82 metros (6 pies) alrededor de todas las estaciones para la circulación del personal en ambos sentidos. No obstante, tomando como referencia la tabla 2-15 y 5-16, se calculó las vías de circulación y entradas por las que circula el montacargas y los trabajadores circulan en base a al ancho del montacargas.

Tabla 6-1: Anchos de pasillo para sentido de circulación único y doble.

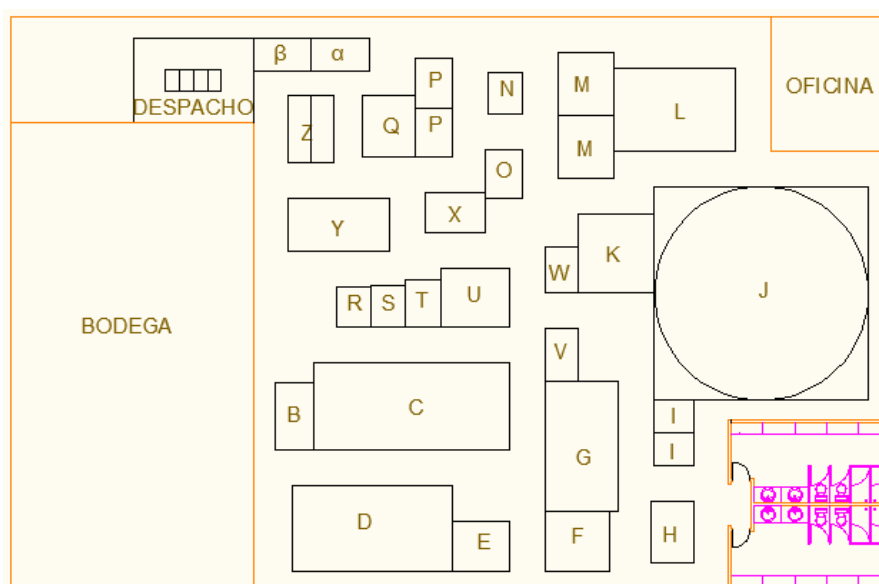
Tipo de sentido		Sentido Único (metros)	Doble sentido (metros)
Peatones		1	1,86
Vehículos		2,48	2,88
Vehículos (único sentido)	Peatones	2,88	3,48
Peatones (doble sentido)	Vehículos	3,48	5,36

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

En base a la teoría ilustrada en la sección 2.1.15 se colocó baños en el taller para hombres y mujeres. Dado que en la línea de producción trabajarán

un total de 36 personas, el personal requiere un total de tres inodoros y dos lavabos por baño para los requerimientos de necesidades sanitarias. No obstante, dado que no se conoce con exactitud el número de empleados que serán hombres y mujeres, se optó por colocar dos inodoros por baño.

También, se procuró juntar las estaciones 1, 16, 17 y 18 que tienen los flujos más importantes para reducir el costo de transporte de cargas unitarias e incrementar la eficiencia del layout propuesto. Dadas estas condiciones, se generó una disposición de máquinas y áreas requeridas por el personal. En el Anexo 10 se muestra la disposición de las máquinas en el taller de municiones con sus dimensiones.



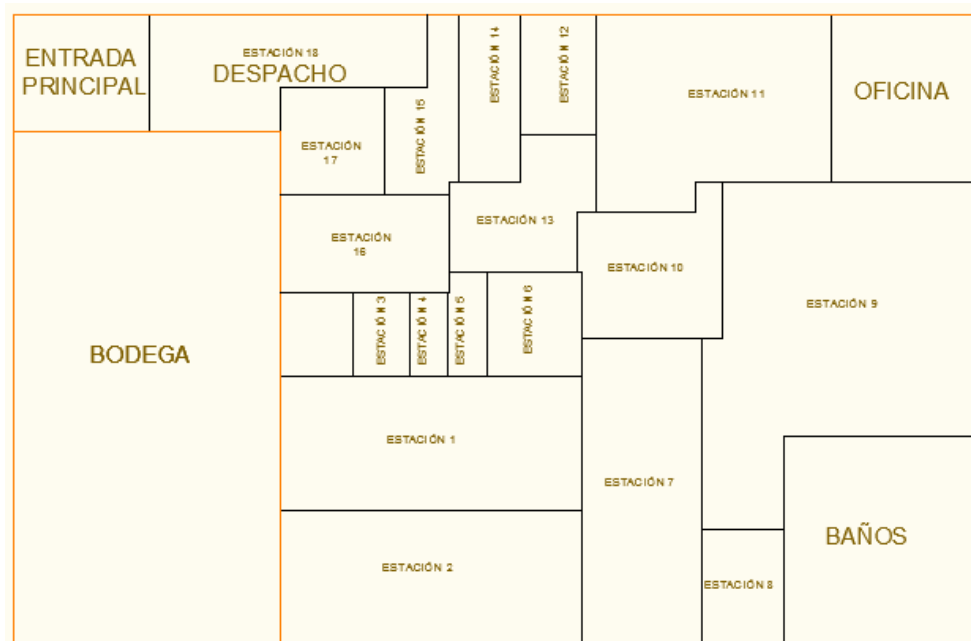
Fuente: Elaboración propia, realizado en AutoCAD 2010.

Figura 6-1: Propuesta de distribución inicial de máquinas.

Como se puede observar en la figura 6-1, cada estación cuenta con la distribución de máquinas dispuesta para que las tareas conectadas se efectúen ininterrumpidamente. Se utilizó un ancho de pasillo mínimo de 1 metro periférico al taller de municiones para la circulación del personal en un sentido.

Adicionalmente, se utilizó el área restante que no fue ocupada para establecer la ubicación de la oficina para el encargado del taller.

Dado que se asignó una holgura del 40% basado en la carga por estación para los pasillos, se consideró el espacio de 1,1 metros de distancia alrededor de las estaciones de trabajo. También se incluyó las áreas irregulares que no pudieron ser ocupadas en la distribución como parte de la estación. En el Anexo 11, se muestra la disposición de cada estación con sus respectivas medida en metros.



Fuente: Elaboración propia, realizado en AutoCAD 2010.

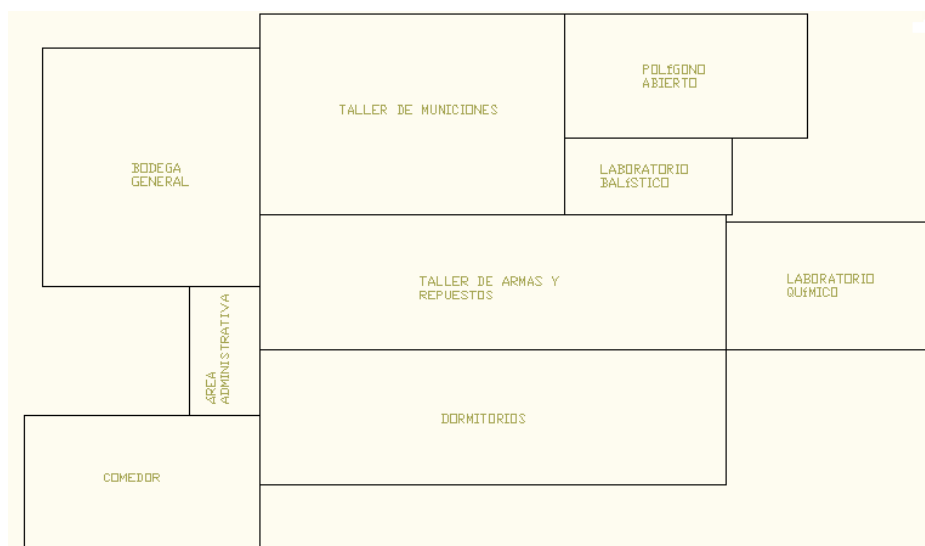
Figura 6-2: Propuesta de distribución de las estaciones de trabajo.

El área total para el taller de municiones propuesto es de 1.384,24 metros cuadrados, la cual es superior al área estimada previamente calculada en el Anexo 16 de 1.258,43 metros cuadrados. No obstante, hay que recalcar que la distribución propuesta toma en consideración áreas para requerimientos

de personal y pasillos de doble sentido para una circulación fluida de operarios alrededor de la planta.

### 6.1.2. Disposición general empresa Santa Bárbara E.P.

Tomando como referencia la figura 5-9, se realizó una distribución inicial de planta, ubicando adyacentemente a todos los edificios que tienen flujo o importancia de cercanía para reducir costos de transporte e incrementar la calificación de adyacencia. También se tomó las áreas de los polvorines y bodega general ilustrados en la tabla 5-19, para establecer las dimensiones de los edificios en la propuesta inicial.



Fuente: Elaboración propia, realizado en AutoCAD 2010.

Figura 6-3: Propuesta distribución inicial de edificios empresa Santa Bárbara E.P.

La mayoría de los edificios fueron agrupados para reducir los costos de transporte de los flujos y satisfacer las necesidades de cercanía antes establecidos. No obstante, el área requerida para el parqueadero y las zonas de carga y descarga serán establecidas en base a la ubicación final propuesta

de los edificios. Creada la distribución inicial, se ajustó las dimensiones de los departamentos para establecer un único edificio.

Para establecer el número de parqueaderos necesarios, es necesario establecer el número de trabajadores requeridos en la nueva planta. Para esto, se estableció en conjunto con el encargado de recursos humanos, Fernando Tapia (2013), que la empresa necesita de 21 y 56 personas en el área administrativa y productiva. Cabe recalcar que el Gerente general, Ingeniero Cristian Alvarado (2012), estableció que se incluya un mínimo de quince espacios adicionales para las personas que visiten la empresa. Tomando como referencia la sección 2.1.13, el número mínimo espacios requeridos para el parqueaderos es de:

$$\text{Número mínimo de espacios en el parqueadero} = \left\lceil \frac{77 \text{ personas}}{1,25 \left( \frac{\text{espacio}}{\text{persona}} \right)} \right\rceil + 10 \text{ espacios} = 72 \text{ espacios} \quad (6.1.2.1)$$

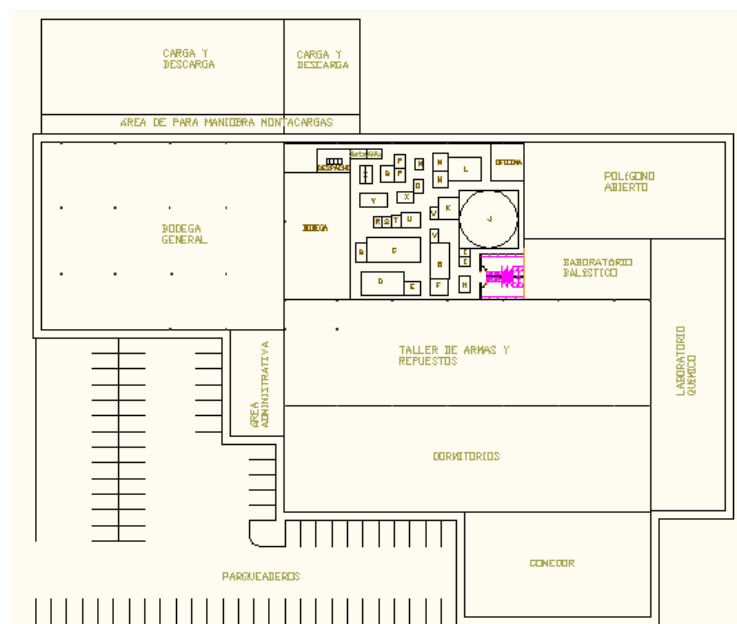
Adicionalmente, en base a la sección 2.1.17, se estableció un ancho de faja, profundidad y de maniobra de faja de 4,27, 18,29 y 3,65 metros para las áreas de carga y embarque. En base a estas dimensiones, se estableció zonas individuales para la bodega, el taller de municiones y los polvorines.

Para determinar las dimensiones adecuadas que debe tener cada polvorín, se utilizó como referencia las normas de seguridad para el refugio de municiones o explosivos realizado por la empresa (Guzmán, 2007, p.4). El ancho y largo sugeridos por el documento es de 30 y 9 metros de largo. Por lo tanto, el número de polvorines requeridos para la nueva planta en base al área establecida en la tabla 5-19 es de:

$$\text{Número de polvorines requeridos} = \frac{\text{Área requerida para el polvorín}}{\text{Área polvorín}} =$$

$$\frac{43,69\text{m}^2}{30(9)\frac{\text{m}^2}{\text{polvorín}}} = [0,16] = 1 \text{ polvorín} \quad (6.1.2.2)$$

Tomando como referencia las dimensiones establecidas en el Anexo 10 para el taller de municiones, se acopló todos los edificios con las especificaciones dadas para generar la distribución propuesta de la nueva planta.



Fuente: Elaboración propia, realizado en AutoCAD 2010.

Figura 6-4: Propuesta distribución de edificios empresa Santa Bárbara E.P.

Como se observa en la figura 6-4, se distribuyó las diferentes áreas de la empresa para reducir costo de transportar el flujo de cargas unitarias y optimizar la eficiencia de adyacencia de la planta. Las dimensiones del laboratorio químico y balístico fueron modificadas para ajustar la ubicación de los departamentos en la de la planta. La distribución propuesta de la nueva planta con sus dimensiones es mostrada en el Anexo 12.

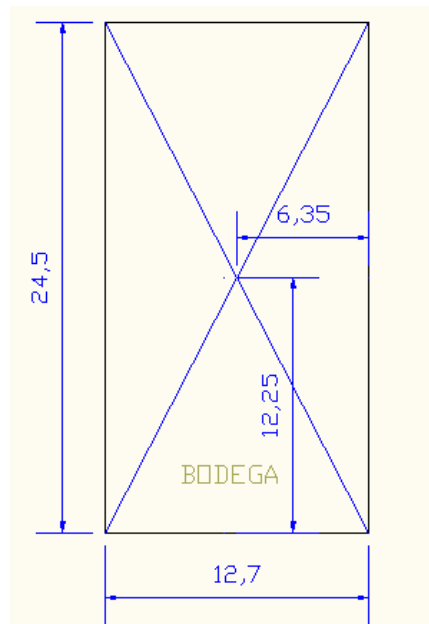
## **6.2. Análisis de eficiencia de layouts propuestos**

### **6.2.1. Medición de distancias.**

Con el fin de determinar los costos relacionados con el transporte de cargas unitarias en el taller de municiones y en la empresa; se realizó una medición de distancias entre las estaciones de trabajo y edificaciones. Para determinar las distancias exactas, se utilizó la herramienta de acotamiento del programa AutoCAD 2010 tomando como referencia la medida de distancias rectilíneas ilustrada en la sección 2.1.16.

Primero, tomando como referencia el diagrama espaguete ilustrado en la sección 2.1.17, se estableció los flujos de materia prima y de producto terminado que son transportados en la planta y en el taller de municiones. Para trazar las rutas de los elementos, se utilizó diferentes colores para diferenciar los tipos de flujo. Para el taller de municiones y de la planta, se empleó las ponderaciones de cercanías establecidas en la tabla 5-3 y la figura 5-9.

Con el fin de establecer el punto de medición en la bodega, se utilizó el programa Autocad 2010. Primero, se trazó las dos diagonales del respectivo rectángulo que conforma la bodega. Después, se identificó el centroide como la intersección de ambas diagonales. Este procedimiento fue utilizado posteriormente para la ubicación de estos puntos en los edificios de la empresa.



Fuente: Elaboración propia, realizado en AutoCAD 2010.

Figura 6-5: Ejemplo identificación de centroide.


No obstante, Al momento de medir el flujo de la materia prima y las municiones que circulan en el taller de municiones, no se consideró la distancia recorrida dentro de cada máquina y en las zonas de seguridad; esto se debe a que las cargas unitarias no son transportadas por los operarios en estas zonas. En el diagrama de espagueti ilustrado en el Anexo 13, se muestran los puntos de entrada y salida los flujos a lo largo de las máquinas.

Como se puede constatar en el diagrama ilustrado, se estableció las rutas de circulación a lo largo de los pasillos y el tipo de flujo transportado. La distancia de los flujos fue medida utilizando la herramienta de acotación lineal del programa Autocad 2010. También se utilizó diferentes colores para diferenciar los flujos en base a la tabla 5-13. Finalmente, se compiló las distancias relacionadas con cada tipo de flujo en el taller de municiones.




Tabla 6-2: Matriz de distancias entre estaciones de trabajo.

Matriz distancias Taller municiones (metros)	Bodega	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6	Estación 7	Estación 8	Estación 9	Estación 10	Estación 11	Estación 12	Estación 13	Estación 14	Estación 15	Estación 16	Estación 17	Estación 18
bodega																			
Estación 1	8,82																		
Estación 2	28,05	1,82																	
Estación 3	14,40																		
Estación 4				0															
Estación 5					0														
Estación 6						0													
Estación 7			1,86				0												
Estación 8								1,86											
Estación 9	29,77								1,86										
Estación 10	26,47							1,86		1,86									
Estación 11											3,31								
Estación 12												1,86							
Estación 13													3,89	1,86					
Estación 14	29,83														3,64				
Estación 15																1,86			
Estación 16	8,93													1,86			1,83		
Estación 17																		1,15	
Estación 18	16,44																		1,22



Necesaria  
Importante



Normal  
No importante  
No conveniente



Fuente: Elaboración propia, Realizado en Microsoft Excel 2007.

Como se puede observar en la tabla 6-2, se redujo totalmente la distancia entre ciertas estaciones; eso se realizó en base a que estas no tienen tiempo de desocupación disponible para transportar cargas unitarias, por lo que deben estar pegadas entre sí para evitar tiempo de transporte. También se minimizó la distancia existente entre los flujos de importancia necesaria para reducir costos e incrementar la eficiencia del taller.

Empleando el mismo procedimiento, se utilizó un diagrama de espagueti para determinar el flujo de materiales que recorre cuando son transportados

por el montacargas o el personal entre los edificios de la empresa. Las distancias rectilíneas fueron medidas entre los centroides de las áreas, empleando diferentes colores para diferenciar los flujos e importancias de cercanía. El diagrama generado se muestra en el Anexo 14. Finalmente, se elaboró la matriz de distancias entre los edificios de la propuesta de la nueva planta.

Tabla 6-3: Matriz de distancias entre edificios de la empresa Santa Bárbara E.P.

Matriz distancias Empresa Santa Bárbara E.P.	Taller de repuestos	Taller municiones	Área de carga y descarga	Bodega General	Área de carga y descarga (2)	Laboratorio Químico	Polvorines	Área de carga y descarga (3)	Laboratorio Balístico	Polígono abierto	Parqueadero	Comedor	Dormitorios	Área administrativa
Taller armas y repuestos				74,20										
Taller municiones			18,56	28,39			286,00		69,53	61,42				
Área de carga y descarga														
Bodega General					30,59									
Área de carga y descarga (2)														
Laboratorio Químico							461,00							
Polvorines								26,78						
Área de carga y descarga (3)														
Laboratorio Balístico														
Polígono abierto														
Parqueadero														
Comedor														
Dormitorios														
Área administrativa														
Leyenda														
 Flujo transportado por persona  Flujo transportado por persona														

Fuente: Elaboración propia, Realizado en Microsoft Excel 2007.

Como se puede constatar en la tabla 6-3, solo se midió las distancias entre las áreas que comparten un flujo de cargas unitarias entre ellos. También se estableció que los flujos transportados de los edificios a las áreas de carga y descarga son realizados utilizando el montacargas.

### 6.2.2. Determinación Matriz de Costos

Tomando de referencia las secciones 5.1.1 y 5.1.2; se relacionó los tipos de flujo transportados con sus costos de transporte mediante una matriz de costos. Esta tabla permite determinar cuánto le cuesta a la empresa transportar cargas unitarias entre las áreas de la empresa. Dado que se estableció que los flujos de materia prima y de producto terminado sería transportado por los operadores en el taller de municiones, el costo de transporte por metro recorrido 0,0225 dólares.

Tabla 6-4: Matriz de costos entre estaciones de trabajo.



Matriz distancias Taller municiones (dólares/metro)	Bodega	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6	Estación 7	Estación 8	Estación 9	Estación 10	Estación 11	Estación 12	Estación 13	Estación 14	Estación 15	Estación 16	Estación 17	Estación 18
Bodega																			
Estación 1	0,0225																		
Estación 2	0,0225	0,0225																	
Estación 3	0,0225																		
Estación 4				0,0225															
Estación 5					0,0225														
Estación 6						0,0225													
Estación 7			0,0225				0,0225												
Estación 8								0,0225											
Estación 9	0,0225								0,0225										
Estación 10	0,0225									0,0225									
Estación 11											0,0225								
Estación 12												0,0225							
Estación 13													0,0225						
Estación 14	0,0225													0,0225					
Estación 15															0,0225				
Estación 16	0,0225															0,0225			
Estación 17																	0,0225		
Estación 18	0,0225																	0,0225	

	Necesaria		Normal
	Importante		No importante
			No conveniente

Fuente: Elaboración propia, Realizado en Microsoft Excel 2007.

En base a tabla 5-5, Se relacionó los tipos de flujo transportados entre las áreas de la empresa con los costos de transporte. El costo de transportar cargas unitarias utilizando el montacargas es de 0,00423 dólares por metro recorrido.

Tabla 6-5: Matriz de costos entre Áreas de la empresa Santa Bárbara E.P.

Matriz de costos empresa Santa Bárbara E.P.	Taller de armas y repuestos	Taller municiones	Área de carga y descarga	Bodega General	Área de carga y descarga (2)	Laboratorio Químico	Polvorines	Área de carga y descarga (3)	Laboratorio Balístico	Polígono abierto	Parqueadero	Comedor	Dormitorios	Área administrativa
Taller armas y repuestos				0,00423										
Taller municiones			0,00423	0,00423			0,00423		0,00423	0,00423				
Área de carga y descarga														
Bodega General					0,00423									
Área de carga y descarga (2)														
Laboratorio Químico							0,00423							
Polvorines								0,00423						
Área de carga y descarga (3)														
Laboratorio Balístico														
Polígono abierto														
Parqueadero														
Comedor														
Dormitorios														
Área administrativa														
Leyenda														
 Flujo transportado por persona  Flujo transportado por persona														

Fuente: Elaboración propia, Realizado en Microsoft Excel 2007.

Como se puede constatar en la tabla 6-5, el costo de transporté utilizando un montacargas es mucho menor que el costo de transporte por persona. Esto se debe a que la máquina puede transportar varias municiones en pallets a una mayor velocidad, mientras que los operadores se mueven mucho más lento y tienen una menor capacidad de carga.

### **6.2.3. Evaluación de Layouts Propuestos**

Para determinar el desempeño de la planta con respecto a los costos de transporte de cargas unitarias, se utilizó las funciones objetivo basadas en distancias y en adyacencias ilustrados en la sección 2.1.18. Para el cálculo de los indicadores, se tomó como referencia las matrices de costos, distancias y flujos establecidas en las secciones 5.2.1, 5.2.2, 6.2.1 y 6.2.2.

Para realizar el cálculo de eficiencia en ambos layouts propuestos, es necesario elaborar una matriz de adyacencias que permita identificar las estaciones y áreas que están vecinas entre sí. En el caso del taller de municiones, se consideró como parte de la estación el área utilizada para pasillos alrededor de las máquinas y del espacio de trabajo de los operadores.

En base a la figura 6-2, se procedió a colocar un valor de uno entre las estaciones que comparten un lado entre sí en la matriz de adyacencias. Es importante destacar que no se tomó en cuenta como áreas cercanas a la estación 3 con la bodega, dado que existe un espacio no utilizado que es superior a los 1,86 metros de distancia entre pasillos.

Tabla 6-6: Matriz de adyacencias entre estaciones.

Matriz Adyacencias Taller Municiones	Bodega	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6	Estación 7	Estación 8	Estación 9	Estación 10	Estación 11	Estación 12	Estación 13	Estación 14	Estación 15	Estación 16	Estación 17	Estación 18
Bodega																			
Estación 1	1																		
Estación 2	1	1																	
Estación 3	0																		
Estación 4				1															
Estación 5					1														
Estación 6						1													
Estación 7			1				1												
Estación 8								1											
Estación 9	0								1										
Estación 10	0								1	1									
Estación 11										1	1								
Estación 12											1	1							
Estación 13											1		1						
Estación 14	0													1					
Estación 15															1				
Estación 16	1													1		1			
Estación 17																	1		
Estación 18	1																	1	

Necesaria

Normal

Importante

No importante

No conveniente

Fuente: Elaboración propia, Realizado en Microsoft Excel 2007.

Como se puede constatar en la tabla 6-6 y 6-14, la mayoría de estaciones y edificios con flujos son adyacentes entre sí. No obstante, se puede ver que los flujos entre la estación 1 con las estaciones 9, 10, 14 y 16 no existe adyacencia. Al elaborar la propuesta de distribución, se procuró reducir la distancia entre estas para reducir el costo de transporte de cargas unitarias.

Para evaluar la distribución general, se elaboró la matriz de adyacencias entre las áreas de la empresa tomando como referencia el Anexo 12. Cabe recalcar que para calificar la eficiencia de la planta, tomo en cuenta colocar valores de 1 entre los edificios que comparten entre sí una necesidad de

cercanía y que son adyacentes. Para identificar las interacciones, se tomó como referencia la figura 5-9.

Tabla 6-7: Matriz de adyacencias edificios de la empresa Santa Bárbara E.P.

Matriz de adyacencias empresa Santa Bárbara E.P.	Taller de repuestos	Taller municiones	Área de carga y descarga	Bodega General	Área de carga y descarga (2)	Laboratorio Químico	Polvorines	Área de carga y descarga (3)	Laboratorio Balístico	Polígono abierto	Parqueadero	Comedor	Dormitorios	Área administrativa
Taller armas y repuestos		1		1		1			1		0		1	1
Taller municiones			1	1		0	0		1	1			1	
Área de carga y descarga														
Bodega General					1						1			1
Área de carga y descarga (2)														
Laboratorio Químico							0		1	1			1	
Polvorines								1		0				
Área de carga y descarga (3)														
Laboratorio Balístico										1				
Polígono abierto														
Parqueadero												1	1	1
Comedor													1	
Dormitorios														1
Área administrativa														

Leyenda		Importancia cercanía	
Flujos			
Flujo transportado por persona			Necesaria
Flujo transportado por montacargas			Muy importante
			Importante
			Normal
			No importante
			No conveniente

Fuente: Elaboración propia, Realizado en Microsoft Excel 2007.

Se puede observar que la distribución de edificios cumple con la mayoría de importancia de cercanías establecidas. Las dos relaciones que no se pudieron efectuar son las del taller de municiones con el laboratorio químico, y

la del taller de armas y repuestos con el parqueadero. También, se categorizó a las relaciones entre el polvorín con el resto de edificios habitados como no conveniente para cumplir con la normativa de distancia.

Finalmente, para implementar la calificación de adyacencia establecida en la ecuación 2.1.18.2.3, se estableció una escala ordinal para transformar las importancias de cercanía en una escala ordinal que pueda ser utilizada en agregada a la tabla 5-6. Para pasar las importancias de cercanía a flujos, se estableció los siguientes valores de flujo.

Tabla 6-8: Escala ordinal tabla de relaciones.

	Importancia de cercanía	Escala ordinal	Leyenda
A	Necesaria	4	
E	Muy importante	3	
I	Importante	2	
O	Normal	1	
U	No importante	0	
X	No conveniente	-1	

Fuente: Elaboración propia, Realizado en Microsoft Excel 2007.









Establecidos los valores cualitativos que se le da a cada importancia de cercanía, se agregó a la tabla 5-6 los flujos ordinales. Cabe resaltar se establecieron a los flujos relacionados como negativos para asegurar de que los edificios habitados no estén cerca de los polvorines. La siguiente tabla solo se utilizó para calcular la calificación de adyacencia entre edificios.



Tabla 6-9: Matriz flujo-entre modificada de la empresa Santa Bárbara E.P.

Matriz flujo-entre modificada Empresa Santa Bárbara E.P.	Taller de repuestos	Taller municiones	Área de carga y descarga	Bodega General	Área de carga y descarga (2)	Laboratorio Químico	Polvorines	Área de carga y descarga (3)	Laboratorio Balístico	Polígono abierto	Parqueadero	Comedor	Dormitorios	Área administrativa
Taller armas y repuestos		4		1		1					2			
Taller municiones			28	49		2	-14		22	1				
Área de carga y descarga														
Bodega General					49									
Área de carga y descarga (2)														
Laboratorio Químico							-1		4	1				
Polvorines								4		-1				
Área de carga y descarga (3)														
Laboratorio Balístico										4				
Polígono abierto														
Parqueadero												2	2	4
Comedor													1	
Dormitorios														3
Área administrativa														

Leyenda	
Flujos	Importancia cercanía
 Flujo transportado por persona	 Necesaria
 Flujo transportado por montacargas	 Muy importante
	 Importante
	 Normal
	 No importante
	 No conveniente

Fuente: Elaboración propia, Realizado en Microsoft Excel 2007.

Tomando como referencia la sección 2.1.18, se calculó los indicadores distribución de planta propuesta.

Tabla 6-10: Indicadores de calificación de distancia, adyacencia y eficiencia para las propuestas de layout establecidas.

Objetivo	Layouts	
	Taller de Municiones	Disposición General
Distancia (dólares)	125,67	40,81
Adyacencia (cargas unitarias)	3369	154
Eficiencia (Porcentaje)	95,07%	96,53%

Fuente: Elaboración propia, Realizado en Microsoft Excel 2007.

Como se puede constatar en la tabla 6-10, el costo de trasladar materia prima y municiones el taller es de 125,67 dólares mensuales, con una calificación de adyacencia normalizada del 95,07%. Este indicador nos muestra que el Layout propuesto se ajusta al flujo de proceso establecido y a la cercanía de estaciones necesaria para transportar cargas unitarias entre sí.

No obstante, es importante determinar si el costo de trasladar municiones y materia prima entre estaciones está incluido en el costo de producción establecido en el Anexo 5. Tomando en cuenta que cada estación puede producir una cantidad constante de 2.000 municiones, calculó cuál es el tiempo libre disponible en cada estación.

$$Tiempo\ disponible = 2.000\ municiones \left( \frac{Tiempo\ libre\ en\ la\ estación}{municion} \right) \quad (6.2.3.1)$$

Después, se calculó el tiempo que le toma a un operario trasladar las cargas unitarias a su estación de trabajo y regresar a su puesto. La velocidad

de transporte establecida en la sección 5.1.2 para una persona es de 25 metros por minuto.

*tiempo transporte carga unitaria =*

$$\frac{\text{Distancia en metros}}{\text{viaje}} \left( \frac{1 \text{ minuto}}{25 \text{ metros}} \right) \left( \frac{60 \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} \right) 2 \text{ viajes} \quad (6.2.3.2)$$

Finalmente, para determinar si el operario cuenta con tiempo suficiente para transportar cargas unitarias, se realizó una resta entre el tiempo que la estación pasa desocupada y el tiempo máximo que le toma al operario trasladar la carga unitaria y regresar a su estación. Los cálculos realizados son mostrados en el Anexo 15.

Como se puede constatar, se estableció un escenario en el que el operario en la estación es el encargado de transportar las cargas unitarias desde su estación predecesora y de la bodega. No obstante, las estaciones 9, 11 y 13 no cuentan con suficiente tiempo de desocupación para que los operarios que puedan trasladar las cargas unitarias requeridas y producir a la vez sin generar atrasos.

Para solventar este problema, se estableció un escenario en el que los trabajadores que operan en el área de embarque, sean los encargados de transportar abastezcan las estaciones mencionadas. Para definir si el área de embarque puede realizar dicha labor, se restó los tiempos de transporte de las estaciones 9, 11 y 13 con el tiempo libre de la estación 18. También se comprobó si se puede asignar a los operarios de estaciones adyacentes para que realicen el transporte de estas cargas unitarias.

Tabla 6-10: Tiempo libre de estaciones, transporte múltiple de cargas unitarias.

Escenario	Estación	Tiempos máximo (segundos)	Tiempo restante estación anterior (segundos)	Tiempo restante (segundos)
Transporte por operarios en estaciones adyacentes	Estación 9	142,9	651,07	508,18
	Estación 11	11,91	32,94	21,04
	Estación 13	12,72	651,07	638,35
Transporte operarios en estación 18	Suma (segundos)	167,52		
	Tiempo restante estación 18 (segundos)	372,8		

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Como se puede constatar en la tabla 6-10, el tiempo de transporte de cargas unitarias entre estaciones de trabajo es justificado. En la propuesta de distribución del taller de municiones, el tiempo disponible en las estaciones puede ser utilizado para transportar cargas unitarias, aprovechando el tiempo remunerado que no es ocupado.

El layout propuesto para la distribución general de la empresa cumple con una eficiencia de adyacencia máxima del 91,12% entre los diferentes edificios. A pesar de obtener un costo de transporte de 40,81 dólares en el mes de Marzo. Se ha reducido al máximo la distancia entre el taller de municiones, laboratorio balístico y polígono abierto de la empresa. En base a esto, es factible decir que el layout propuesto reduce en mayor medida el costo de transportar materia prima y cumple con las importancias de cercanía necesarias.

Se puede constatar, en base a los indicadores ilustrados en la tabla 6-10, que la eficiencia para ambos tipos de distribuciones son superiores al 90%, la que es muy buena. Obtenidos estos resultados, se justifica que no se requiere de la aplicación de un algoritmo para establecer otra propuesta de layout. Es importante recalcar que la secuencia del flujo en el taller de

municiones es lineal, por lo que, en la propuesta realizada, la ubicación de las estaciones y máquinas siempre deben estar ubicados secuencialmente.

## **CAPITULO VII: SEGURIDAD INDUSTRIAL**

En el presente capítulo se describirá las regulaciones de seguridad industrial necesarias en la planta propuesta, tomando como referencia las normas de seguridad establecidas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Estos criterios permitirán salvaguardar la integridad física de los trabajadores y evitar la ocurrencia de accidentes laborales.

### **7.1. Señalización**

#### **7.1.1. Determinación de paneles de seguridad y áreas**

Tomando como referencia la sección 2.1.21 y la entrevista realizada a la ingeniera Catalina Charpentier (2012). Las áreas de la bodega y talleres de la empresa cumplen con normativas similares de seguridad establecidas con excepción de pocas reglamentaciones. No obstante, en el polvorín se identificó los paneles que regulen las actividades de los operadores y visitantes del lugar.

En base a los riesgos que pueden ocasionarse en todas las áreas de la empresa, se identificó la señalética requerida en cada uno de los edificios (ver Anexo 16). Cabe recalcar que los paneles que regulan la prohibición de actividades deben ser colocadas a la entrada de cada edificio para asegurar que las todas personas que ingresen sean advertidas.

Para determinar la cantidad de letreros requeridos por área, Para establecer el número de paneles requeridos, se relacionó el área de cada uno de los edificios propuestos y espacios con la distancia de cobertura de la señal.

Las dimensiones establecidas en la tabla 2-10 los tipos de señalética requeridos en el Anexo 16 fueron utilizados como referencia.

Tabla 7-1: Número de paneles requeridos.

Tipo de letrero	Número	Áreas
Letreros extra grandes (0,594 x 0,594 metros)	27	Parqueadero y áreas de carga y descarga
Letreros pequeños (0,2 x 0,2 metros)	29	Laboratorios, polvorín, dormitorios, comedor y área administrativa
letreros grandes (0,42 x 0,42 metros)	44	Talleres, Bodega y Polígono

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Como se ilustra en el Anexo 8, se incluyó un área de seguridad para cada una de las estaciones por el área de trabajo. Para su delimitación, se debe emplear franjas de color negro y amarillo con una anchura de 0,05 metros. En la zona de la bodega, se deberá delimitar solamente el área que ocupan los espacios de apilamiento.

Tomando como referencia la tabla 6.1, se estableció anteriormente pasillos con una anchura de 1,86 metros para la circulación en ambos operarios. No obstante, en las entradas a los talleres, pasillos de la bodega y en el área de despacho, se procuró dejar un área suficiente grande para establecer pasillos que permitan la circulación del montacargas y de los trabajadores. Las vías de circulación del montacargas son delimitadas con franjas de color negro y blanco de 0,05 metros de anchura.

El material de los pisos para la bodega general y los talleres seleccionado fue el hormigón, tomando como referencia la tabla 2-11. Esta

superficie de piso se utiliza comúnmente en las industrias para construir el piso de las instalaciones de producción, debido a que puede ser utilizado para la circulación de vehículos, rampas, zonas de producción y almacenes.

## 7.2. Protección Contra incendios

### 7.2.1. Extintores de incendio

La forma más rápida de apagar un incendio es mediante el uso de un extintor contra incendios; sin embargo, la elección de un tipo erróneo puede ocasionar que el este no pueda ser controlado. A continuación, tomando en consideración la tabla 2-12, se realizó una clasificación del tipo de riesgo que puede ocurrir en cada área de la empresa.

Tabla 7-2: Clasificación de riesgo de incendio.

Áreas de la empresa Santa Bárbara E.P.		Riesgo de incendio
1	Taller de repuestos	A,B,C
2	Taller armas y municiones	A,B,C
3	Bodega	A,B,C
4	Laboratorio Químico	A,B,C
5	Polvorín	A
6	Laboratorio Balístico	ABC
7	Polígono	A
8	Parqueadero y áreas de descarga	-
9	Dormitorios	A
10	Comedor	K
11	Área Administrativa	A

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Como se puede constatar en la tabla 7-2, las áreas 1, 2, 3, 4 y 6 comparten varios tipos de riesgo de incendio, por lo que es necesario utilizar extintores que puedan aplacar ambos. El resto de áreas, con excepción del comedor, tienen un riesgo de incendio tipo A. Después, se procedió a



identificar cual es el agente extintor más adecuado para cada áreas de la empresa. La selección fue realizada en base a la tabla 2-13

Tomando en consideración que las áreas de producción y almacenamiento trabajan con maquinaria y con elementos de riesgo A y B, el agente extintor más adecuado para aplacar un incendio es el polvo seco polivalente ABC. De igual manera, para los dormitorios y áreas administrativas, se deberá utilizar extintores ABC de baja capacidad. Se decidió elegir este tipo de agente extintor dado que minimizan los daños a equipos electrónicos. En el caso de la cocina, se debe colocar extintores de clase K, que permiten mitigar incendios en base a aceites, minerales, animales y grasas.

Posteriormente, en base de las normas de seguridad para el refugio de municiones y explosivos de Santa Bárbara E.P. (Guzman, 2007), el agente más recomendable para aplacar incendios causados por material explosivo es el agua, por lo que se consideró ubicar equipos y gabinetes para mitigar posibles incendios que puedan ocasionarse en los exteriores. También, el montacargas que transportan pólvora y productos explosivos debe contar con un extintor a bordo tipo ABC o BC (Instituto Nacional de Normalización, 2012).

Para determinar el número de extintores requeridos por área, se tomarán como referencia las tablas 2-14 y 2-15, teniendo en cuenta que 1 pie y pie cuadrado corresponde a 0,305 metros y 0,0929 metros cuadrados. Después, se relacionó el área del edificio con el área de cobertura de los extintores (1045,13 metros cuadrados) para determinar el número de extintores requerido.

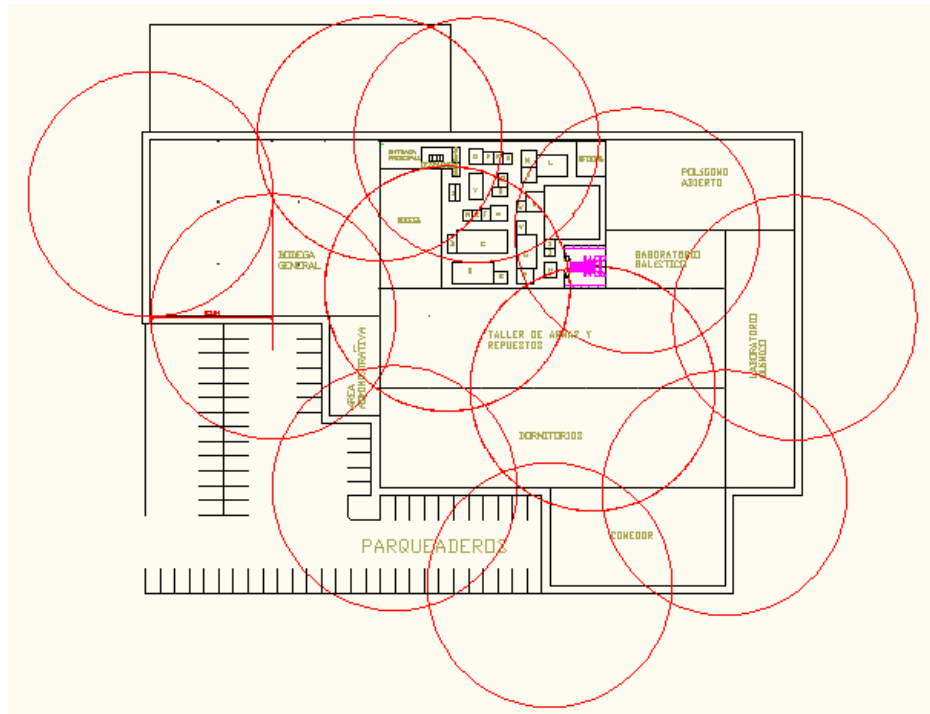
$$\text{Número de extintores individuales} = \left\lceil \frac{\text{Área del edificio}}{\text{Área de cobertura del extintor}} \right\rceil$$

(7.2.1.1)

En el caso de la distancia de recorrido, se tomó en consideración ambas medidas para riesgos de incendio tipo A y B para los extintores ABC. Los cálculos realizados son ilustrados en el Anexo 17.

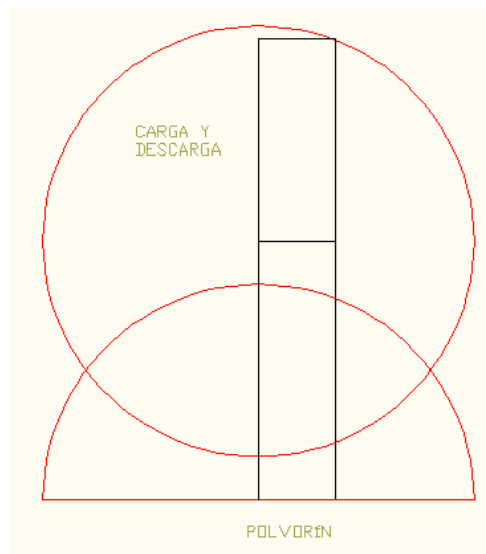
### **7.2.2. Ubicación de los Gabinetes de incendio**

Como se especificó en la sección 2.1.24.5. Los gabinetes contra incendios deben ser ubicados cerca de las salidas de cada edificio de la empresa. Para iniciar la medición, se ubicó el primer gabinete en la entrada norte del taller de municiones. A partir de este, se procedió a colocar alrededor de la planta y en su interior gabinetes a una distancia máxima entre ellos de 50 metros. Además, se utilizó círculos con un radio de 25 metros alrededor de cada ubicación de cada gabinete para identificar el área protegida contra incendio.



Fuente: Elaboración propia, realizado en AutoCAD 2010.

Figura 7-1: Distribución de gabinetes de incendio edificios



Fuente: Elaboración propia, realizado en AutoCAD 2010.

Figura 7-2: Distribución de gabinetes de incendio en el polvorín.

Como se puede observar en la figura 7-1 y 7-2, se logró que todas las áreas de la empresa se encuentren dentro de una zona protegida. Es importante señalar que se ubicó un gabinete de incendio adicional en cada taller. También, se requirió de dos gabinetes adicionales para el polvorín. A continuación, se ilustra la distribución de gabinetes de seguridad.

Tabla 7-3: Número de gabinetes requeridos para la propuesta de layout.

Áreas de la empresa Santa Bárbara E.P.	Número de gabinetes de incendio	
	Internos	Externos
Taller de armas y repuestos	1	0
Taller de municiones	1	1
Bodega	0	3
Laboratorio Químico	0	1
Laboratorio Balístico	0	1
Dormitorios	0	0
Comedor	0	2
Área Administrativa	0	1
Polvorines	0	2
Total	13	

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

La ubicación de cada gabinete contra incendio con las medidas de distancia son ilustrados en el Anexo 18.

### 7.2.3. Sistemas de detección de incendios

Con el fin de detectar de manera rápida y oportuna el inicio de un incendio, es necesario implementar un sistema de detección. Estos pueden ser automáticos, manuales o mixtos. Para determinar los componentes necesarios que debe tener un sistema de incendios, se tomó como referencia los rubros de construcción establecidos por la Judicatura Nacional del Estado (Laines, 2013).

Para determinar el número de unidades y metros requeridos para cada uno de los elementos, se investigó las áreas de protección que cubren cada tipo de elemento y el número de unidades requeridas. Como referencia, se utilizó las normativas del Instituto Nacional de Higiene y Salud de España y las reglamentaciones el Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Quito (2013). También se tomó en consideración la guía de Capacitación técnica de Instalación de Sistemas de Alarmas de la empresa Honeywell (2004).

Tabla 7-4: Estimación de componentes, sistema de alarmas contra incendios.

Sistemas de Alarmas Contra Incendios	Cantidad (unidades)	Documento de referencia
Panel Central de Control de Alarmas Contra incendios	1	HoneyWell
Teclado de programación y monitoreo con Display	1	HoneyWell
Booster aislador para lazos VPLEX	8	HoneyWell
Detector de Humo y Temperatura para tecnología VPLEX	11	NTP 215
Estación Manual	1	Honeywell
Salida luz electrobioscopia	8	Estimado
Botón de pánico VPLEX	3	Honeywell
Batería de Respaldo para Luces Estroboscópicas	1	Honeywell
Sensor de Gas	8	NTP 40
Señalización de salida de emergencia	8	Estimado
Caja 20x20 metálica con tapa	1	1

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

En la empresa, se estableció que deben existir un máximo de tres botones de pánico que deben ubicarse en los talleres y la bodega. La ubicación

de estos dispositivos tendrá lugar en lugares supervisados por los encargados de cada área (HoneyWell, 2004).

De acuerdo a la norma NTP 215 y NTP 40, los detectores de humo para temperatura tienen un área de cobertura de 1.400 metros cuadrados. Tomando como referencia las áreas en la tabla 2-10, se determinó instalar dos unidades en los dormitorios y talleres; en el resto de edificios es necesario instalar una unidad. De la misma manera, es recomendable que se utilice un sensor de gas para cada edificio (INSHT, 1986).

### **7.3. Equipos de Protección Individual**

Dada la ejecución de actividades en la empresa, es necesario que los trabajadores que operan en los talleres y bodega utilicen equipos de protección individual para disminuir el riesgo. Para esto, se tomó en consideración todas las actividades a la que lo operarios se encuentran expuestos durante una jornada de trabajo individual.

En la nueva planta, los operarios en área productiva son distribuidos de la siguiente manera: 15 operarios en el taller de armas repuestos, 35 en el taller de municiones y 6 en la bodega general. Tomando como referencia los materiales indirectos especificados los Anexos 5 y 7, se estableció el número de equipos de protección individual requeridos por los operarios por área.

Tabla 7-5: Equipos de protección individual requeridos por la empresa

Tipo de protección	Equipo	Unidades	Cantidad	Área
Cráneo	Casco de polietileno	UNIDADES	6	Bodega
	Cobertores de cabeza	UNIDADES	50	Talleres
Ocular y Facial	Gafas transparentes	PAR	15	Talleres
	Vidrios transparentes	UNIDADES	3	Taller herramientas
	Careta de soldador	UNIDADES	3	Taller herramientas
Oído	Orejas	PAR	15	Taller herramientas
	Tampones auditivos	PAR	35	Taller armas y municiones
Vías respiratorias	Respirador	UNIDAD	15	Taller herramientas
	Mascarillas	UNIDAD	35	Taller armas y municiones
Manos y Brazos	Guantes de nitrilo	PAR	2	Laboratorio químico
	Guantes de soldador	PAR	2	Taller herramientas
	Guantes de punto blanco	PAR	35	Armas y municiones
	Mangas de cuero	PAR	50	Talleres
	Guantes quirúrgicos	CAJA	2	Laboratorio balístico y químico
Pies y Piernas	Botas de cuero	PAR	35	Armas y municiones
	Botas de punta metálica	PAR	15	Taller Herramientas
Protectores de tronco	Overoles	UNIDAD	50	Talleres
	Cinturón de protección	UNIDAD	6	Bodega

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Como se muestra en la tabla 7-5, fue necesario determinar el tipo de protección para los soldadores que operan en el taller de armas y herramientas, considerando que están sujetos a riesgos a nivel ocular y de los brazos. También, se estableció que los trabajadores de la bodega utilicen protección para la zona lumbar, estos dispositivos protegen al usuario de lesiones causadas por transportar cargas pesadas. Adicionalmente, se asignó la utilización de guantes quirúrgicos y de nitrilo, para proteger a los encargados de los químicos utilizados en las actividades realizadas en los laboratorios (Jami, 2012).

#### 7.4. Vías de evacuación

Como se menciona en la sección 2.1.23, la distancia máxima de recorrido que debe existir desde un punto de evacuación hasta una salida debe ser menor a 50 metros. En base de esta asunción, se procedió a determinar las distancias máximas posibles que un operador debe recorrer en cada edificio.

Tabla 7-6: Distancias Máximas posibles a una salida de incendios.

Áreas de la empresa Santa Bárbara E.P.	Ancho en metros	Largo en metros	Total (metros)
Taller de repuestos	20,38	70,5	90,88
Taller municiones	30,37	46,14	76,51
Bodega	36	44,06	80,06
Laboratorio Químico	14,24	52,43	66,67
Polvorín	9	30	39
Laboratorio Balístico	11,79	24,35	36,14
Polígono	18,47	38,59	57,06
Dormitorios	20,38	70,5	90,88
Comedor	20	35,73	55,73
Área Administrativa	10,29	20,38	30,38

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Como se puede observar en la tabla 7-6, los edificios que no requieren de salidas de emergencia adicionales son el área administrativa, los polvorines individuales, el laboratorio balístico y el área administrativa. También se puede constatar que los edificios con un mayor tiempo de recorrido de vértice a vértice son los talleres, la bodega y los dormitorios. Por lo tanto, es necesario establecer las puertas de entrada y de salida para cumplir con la norma NTP 436 (INSHT, 2006).



Tomando como referencia el Anexo 12, se estableció la ubicación de las puertas principales y las salidas de emergencia, utilizando distancias rectilíneas. Cabe recalcar que para el taller de municiones, se tomó en consideración los pasillos establecidos para el flujo de personal. Las distancias y rutas de las vías de evacuación y colocación de entradas y salidas son ilustradas en el Anexo 19.

Para determinar el radio de distancia de salida del edificio ilustrado en la sección 2.1.16.5, es necesario conocer el número de trabajadores en los edificios. Como se estableció en la sección 6.1.2, En la nueva planta trabajarán 77 personas en total incluyendo el personal administrativo y en el área productiva. Por lo tanto, la distancia para el espacio exterior seguro que deben trasladarse los trabajadores en el caso de un incendio es:

$$\text{Radio de distancia} = 77 \text{ personas} (0,1) = 7,7 \text{ metros}$$

(7.3.1)

En base a las normativas de seguridad establecidas y a distribución de planta generada, se ilustra en los Anexos 20 y 21, la distribución propuesta para la nueva fábrica de producción de municiones.

## **CAPITULO VIII: ANÁLISIS ECONÓMICO**

### **8.1. Estimación de costos**

#### **8.1.1. Infraestructura**

La empresa tiene proyectado iniciar la construcción de la nueva planta en un terreno de 25 hectáreas ubicado en el cantón Mejía, cerca de la ciudad de Machachi. La propiedad le fue entregada a la Santa Bárbara E.P. por el actual Gobierno Nacional. Dado esto, el proyecto no requiere de una inversión inicial para la adquisición de una propiedad.

Para determinar los costos de infraestructura, se estableció dos grupos de edificios. El primero consiste de la bodega general, talleres y polvorines que serán construidos en base de materiales de construcción para galpones y estructuras. El costo por metro cuadrado establecido por la Cámara de Ingenieros de Quito es de 450 dólares (Laines, 2013).

El segundo grupo de edificios son: el comedor, los laboratorios y el área administrativa. El Gerente General, Ing. Cristian Alvarado (2012), requirió que se utilicen casas prefabricadas con materiales de aluminio y cemento. Tomando como referencia la información entregada mediante cotizaciones realizadas por la Ingeniera Alexandra Calle (2012), El costo por metro cuadrado establecido es de 156 dólares (Elite Aluminium Corporation, 2013).

Para la acera para la circulación de los trabajadores, se estableció un ancho de 1,6 metros alrededor del perímetro de los edificios. Adicionalmente, se agregó un espacio destinado para el estacionamiento de vehículos y embarque/desembarque de carga. También, se colocó una vía de circulación

de 286 metros con un ancho de 5,36 metros entre la edificación general y los polvorines. El costo por metro cuadrado para estos espacios es de 40 dólares.

Por lo tanto, el costo total de infraestructura es:

Tabla 8-1: Costo total infraestructura para el layout propuesto.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>INFRAESTRUCTURA</b>					
1	GALPONES (Incluye instalaciones especiales, sanitarias, eléctricas y tratamiento de pisos)	4677	m <sup>2</sup> .	\$ 450,00	\$ 2.104.722,00
2	ÁREAS ADMINISTRATIVAS (Incluye estructura prefabricada importada)	3395	m <sup>2</sup> .	\$ 156,00	\$ 529.665,24
	Contrapiso área administrativa	3395	m <sup>2</sup> .	\$ 15,50	\$ 52.627,00
	Piso de porcelanato antideslizante de 40x40 cm.	3395	m <sup>2</sup> .	\$ 31,59	\$ 107.257,21
3	ESTACIONAMIENTOS, VÍAS DE CIRCULACIÓN Y ÁREAS DE CARGA Y DESCARGA	5860	m <sup>2</sup> .	\$ 40,00	\$ 234.385,20
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3.028.656,65</b>

Fuente: Laines (2012), realizado en Microsoft Excel 2007.

### 8.1.2. Inmuebles

Como se mencionó anteriormente, la empresa Santa Bárbara E.P. tiene la proyección de trasladar todos sus marcoprocesos productivos con excepción de la división Industrial. Para determinar el número de trabajadores que operan actualmente en las áreas de producción y administrativas, se realizó una selección de personal con el jefe de Recursos Humanos (Tapia, 2013).

Para que la nueva planta opere eficientemente, se necesitan un total de 35 operarios adicionales para la nueva línea de producción, 21 trabajadores en el área administrativa y 15 trabajadores para el taller de repuestos. Cabe

recalcar que 9 personas del personal administrativo están distribuidas en cada edificio para la supervisión de las operaciones.

Finalmente, se estimó el equipo adicional necesario en base de un conteo de inmuebles en cada uno de los edificios. Todas las máquinas requeridas serán transportadas desde la planta actual hasta las nuevas instalaciones mediante fletes. El costo establecido por la Cámara Interamericana de Transportes (2013) para una capacidad de 30 toneladas es de 2,5 dólares por kilómetros recorrido. Se estimó con el ingeniero Pablo Figueroa (2012), que para el transporte de los equipos se requerirá un máximo de tres viajes a una distancia, entre el terreno de construcción y la planta, de 14 kilómetros.

Tabla 8-2: Costo total de inmuebles y maquinaria.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	MOBILIARIO Y EQUIPOS				
	GARITA DE GUARDIA				
	Estación de trabajo 1,50x1,50 m.	1	UNIDAD	\$ 202,50	\$ 202,50
	Archivador	1	UNIDAD	\$ 202,50	\$ 202,50
	Silla tipo "Secretaria"	1	UNIDAD	\$ 148,75	\$ 148,75
	Basurero	1	UNIDAD	\$ 22,21	\$ 22,21
2	ÁREA ADMINISTRATIVA				
	Estación de trabajo 1,50x1,50 m.	20	UNIDAD	\$ 521,83	\$ 10.436,60
	Estación de trabajo Gerencia	1	UNIDAD	\$ 1.221,40	\$ 1.221,40
	Archivador	21	UNIDAD	\$ 202,50	\$ 4.252,50
	Silla tipo "Secretaria"	16	UNIDAD	\$ 148,74	\$ 2.379,84
	Silla tipo "Ejecutiva"	4	UNIDAD	\$ 210,01	\$ 840,04
	Sillón de Gerencia	1	UNIDAD	\$ 373,16	\$ 373,16
	Computador Hp-Compact	21	UNIDAD	\$ 624,11	\$ 13.106,31
	Impresora Hp-Compact	5	UNIDAD	\$ 40,18	\$ 200,90
	Teléfono Panasonic	7	UNIDAD	\$ 45,54	\$ 318,78
	Basurero	21	UNIDAD	\$ 202,50	\$ 4.252,50
3	TALLERES Y BODEGA				
	Mesa de trabajo	4	UNIDAD	\$ 226,99	\$ 907,96
	Silla de 4 patas apilable	9	UNIDAD	\$ 91,25	\$ 821,25
4	SALA DE REUNIONES				
	Mesa para 8 personas	1	UNIDAD	\$ 253,36	\$ 253,36
	Silla semi-ejecutiva	8	UNIDAD	\$ 210,01	\$ 1.680,08
5	MAQUINARIA Y TRANSPORTE				
	Montacargas TCM	1	UNIDAD	\$ 40.000,00	\$ 40.000,00
	Flete	72	KILÓMETRO	\$ 2,50	\$ 180,00
			TOTAL		\$ 81.800,64

Fuente: Laines (2012), realizado en Microsoft Excel 2007

### 8.1.3. Costos de Seguridad Industrial

Como se ilustró anteriormente en la tabla 7-4. Se establecieron los equipos de protección individual que deben ocupar los operarios, en base al área en la que trabaja y a los riesgos a los que están expuestos. Para calcular el costo de los equipos, se multiplicó el número de operarios para su costo unitario. El precio de los equipos fue proporcionado por cotizaciones realizadas por la Ingeniera Cathalina Charpentier (2012).

Tabla 8-3: Costos de equipos de protección individual.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL					
1	Casco de polietileno	6	UNIDADES	\$ 12,00	\$ 72,00
2	Cobertores de cabeza	85	UNIDADES	\$ 12,00	\$ 1.020,00
3	Gafas transparentes	50	PAR	\$ 2,18	\$ 109,00
4	Vidrios transparentes	3	UNIDADES	\$ 1,00	\$ 3,00
5	Careta de soldador	3	UNIDADES	\$ 43,00	\$ 129,00
6	Orejeras	50	PAR	\$ 17,55	\$ 877,50
7	Tampones auditivos	35	PAR	\$ 1,10	\$ 38,50
8	Respirador	50	UNIDAD	\$ 1,77	\$ 88,50
9	Mascarillas	35	UNIDAD	\$ 3,60	\$ 126,00
10	Guantes de nitrilo	2	PAR	\$ 2,55	\$ 5,10
11	Guantes de soldador	2	PAR	\$ 4,46	\$ 8,92
12	Guantes de punto blanco	35	PAR	\$ 1,72	\$ 60,20
13	Mangas de cuero	50	PAR	\$ 16,00	\$ 800,00
14	Guantes quirúrgicos	2	CAJA	\$ 4,75	\$ 9,50
15	Botas de cuero	35	PAR	\$ 15,93	\$ 557,55
16	Botas de punta metálica	50	PAR	\$ 46,20	\$ 2.310,00
17	Overoles	85	UNIDAD	\$ 40,46	\$ 3.439,10
18	Cinturón de protección	6	UNIDAD	\$ 18,66	\$ 111,96
				TOTAL	\$ 9.765,83

Fuente: Charpentier (2012), realizado en Microsoft Excel 2007.

De igual manera, en base de los requerimientos establecidos para la lucha contra incendios de extintores, establecidos en las tablas 7-1, 7-3 ,7-5, se

calculó los costos relacionados de seguridad industrial de la planta. Cabe constatar que la capacidad de los extintores fue escogida en base al riesgo de incendio establecido en el Anexo 25 y a especificaciones de la empresa (Charpentier, 2012)

Tabla 8-4: Costos de Seguridad Industrial.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>EXTINTORES</b>					
1	Gabinete contra incendios	13	UNIDAD	\$ 271,28	\$ 3.526,64
2	Extintor 9 Kg Polvo químico ABC	10	UNIDAD	\$ 43,20	\$ 432,00
3	Extintor 2,25 Kg Polvo químico ABC	5	UNIDAD	\$ 14,28	\$ 71,40
3	Extintor 9 Kg de agua A	2	UNIDAD	\$ 51,80	\$ 103,60
4	Extintor 9 Kg de polvo químico K	1	UNIDAD	\$ 62,31	\$ 62,31
<b>EQUIPO DE DETECCIÓN CONTRA INCENDIOS</b>					
5	Panel Central de Control de Alarmas Contra incendios	1	UNIDAD	\$ 2.211,17	\$ 2.211,17
6	Teclado de programación y monitoreo con Display	1	UNIDAD	\$ 424,73	\$ 424,73
7	Booster aislador para lazos VPLEX	8	UNIDAD	\$ 69,50	\$ 556,00
8	Detector de Humo y Temperatura para tecnología VPLEX	11	UNIDAD	\$ 83,62	\$ 919,82
9	Estación Manual	1	UNIDAD	\$ 80,78	\$ 80,78
10	Salida luz electrobioscopia	8	UNIDAD	\$ 155,87	\$ 1.246,96
11	Botón de pánico VPLEX	3	UNIDAD	\$ 57,60	\$ 172,80
12	Batería de Respaldo para Luces Estroboscópicas	1	UNIDAD	\$ 181,88	\$ 181,88
13	Sensor de Gas	8	UNIDAD	\$ 383,60	\$ 3.068,80
14	Señalización de salida de emergencia	8	UNIDAD	\$ 265,58	\$ 2.124,64
<b>SEÑALÉTICA</b>					
33	Señales Informativas PVC 30x20 cm.	29	UNIDAD	\$ 22,00	\$ 638,00
34	Señales Informativas PVC 30x42 cm.	44	UNIDAD	\$ 30,00	\$ 1.320,00
35	Señales Informativas Metálicas de 60x60 cm.	9	UNIDAD	\$ 82,00	\$ 738,00
36	Pintura de tráfico	3000	ml.	\$ 3,82	\$ 11.460,00
37	Pintura radio de distancia de salida	520	ml.	\$ 3,82	\$ 1.986,40
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 31.325,93</b>

Fuente: Laines (2012), realizado en Microsoft Excel 2007.

#### 8.1.4. Costos de Operación

Para estimar los costos de operación para la futura planta, se consultó los costos de los servicios básicos requeridos en la empresa en el año 2012. No obstante, para el consumo energético, se examinó la cantidad de dólares que consumiría la línea de producción con el encargado del área de mantenimiento, Licenciado Pablo Revelo (2012).

Tabla 8-5: Costos Servicios Básicos.

Año 2013			
Enero	Agua	Luz	Teléfono
Febrero	\$ 513,52	\$ 1.227,32	\$ 297,76
Marzo	\$ 653,11	\$ 1.764,24	\$ 297,76
Abril	\$ 498,78	\$ 2.459,81	\$ 297,76
Mayo	\$ 535,79	\$ 227,01	\$ 297,76
Junio	\$ 594,33	\$ 1.546,81	\$ 297,76
Julio	\$ 145,67	\$ 1.535,89	\$ 297,76
Agosto	\$ 288,37	\$ 1.320,64	\$ 297,76
Septiembre	\$ 371,64	\$ 1.364,47	\$ 297,76
Octubre	\$ 202,91	\$ 1.614,74	\$ 297,76
Noviembre	\$ 262,61	\$ 1.511,64	\$ 297,76
Diciembre	\$ 336,81	\$ 1.873,64	\$ 297,76
Total	\$ 4.403,54	\$ 16.446,21	\$ 3.275,36

Fuente: Revelo (2012), realizado en Microsoft Excel 2007.



## **8.2. Análisis de Viabilidad del Proyecto**

### **8.2.1. Flujos de efectivo del Sistema de Producción**

Para determinar el costo de producción en cada año, se ingresó la demanda establecida en la sección 4.2 en el plan de desagregación de la sección 4.4. Ya que en el cronograma de producción generado no se utilizó los primeros tres meses del año pasado para generar municiones adicionales, la distribución de la demanda se estableció a partir del mes de Enero del año 2014.

Dado que en análisis se incluye los costos de empleados y flujos de efectivo negativos para el funcionamiento de la nueva planta, se redujo el 20% del costo por munición que estaba destinado a gastos administrativos al costo operacional de producir una munición. Por lo tanto, tomando como referencia el Anexo 5, el costo por munición de calibre 9 y 5,56 milímetros es de 0,39 y 0,28 dólares.

Después, se calculó el ingreso generado por la venta de municiones. Primero, se confirmó con el jefe de comercialización, Coronel Fernando Palacios (2013), que el precio de venta establecido por la gerencia para los siguientes cinco años de producción es de 0,77 y 1 dólares para las municiones calibre 9 y 5,56 milímetros. Después, se multiplicó estos valores para la cantidad de municiones vendidas en los próximos cinco años.

Se consideró que en el año 2013, se produjo municiones con el sistema de ensamblaje actual, por lo que se estableció a este año como periodo inicial

para realizar el análisis económico. Los flujos netos calculados al restar los egresos con los ingresos son los siguientes:

Tabla 8-6: Flujos producción de municiones.

Año	Periodo	Demanda pronosticada		Egresos	Ingresos	Flujo Neto
		Calibre 5,56 milímetros	Calibre 9 milímetros			
2013	0	-	-	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
2014	1	3.999.772	1.019.298	\$ 1.737.713,85	\$ 4.784.631,46	\$ 3.046.917,61
2015	2	3.999.772	1.019.298	\$ 1.737.713,85	\$ 4.784.631,46	\$ 3.046.917,61
2016	3	3.999.772	1.019.298	\$ 1.737.713,85	\$ 4.784.631,46	\$ 3.046.917,61
2017	4	3.999.772	1.019.298	\$ 1.737.713,85	\$ 4.784.631,46	\$ 3.046.917,61
		Precio de venta unitario		TOTAL		
		\$ 1,00	\$ 0,77	\$ 6.950.855,39	\$ 19.138.525,84	\$ 12.187.670,45

Fuente: Elaboración propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Para determinar los sueldos de los trabajadores, se procedió a adquirir el salario básico de cada trabajador en la empresa y calcular los beneficios de ley tales como: décimos terceros, décimos cuartos, aporte patronal, vacaciones y fondos de reserva. A la actual nomina, se agregó a los 25 operarios necesarios para el funcionamiento de la nueva línea de producción (Tapia, 2012).

Los costos de mantenimiento de los edificios y fueron proporcionados por la Licenciada Gloria Pilamunga (2013). No obstante, a esta tabla de mantenimiento se le incluyó una hora adicional por máquina de la nueva línea de producción (36 horas en total). Los costos obtenidos no dependen de la cantidad de municiones que se producen al año.

Se tomó en cuenta al calcular el aporte del décimo cuarto sueldo que ningún trabajador finalizaría su contrato laborar en los años establecidos para

el análisis. El salario básico unificado establecido para el año 2013 por el Banco central del Ecuador es de 318 dólares (Cobo, 2013).

Para trasladar los egresos de salarios y de servicios básicos, se tomó en cuenta el incremento un incremento salarial del 8.81% establecido por el ministerio de relaciones laborales (2013) y la inflación anual del 2,30%. (Banco Central del Ecuador, 2013). Después, se calculó los egresos futuros en los siguientes años mediante el uso de la ecuación 2.1.25.1.1.

Tabla 8-7: Costo de operación.

Incremento	Descripción	Egresos			
		2014	2015	2016	2017
Incremento salarial 8,81% (Ministerio de relaciones laborales)	Sueldos	\$ 84.863,70	\$ 92.340,19	\$ 100.475,36	\$ 109.327,24
	Decimo tercero	\$ 7.071,98	\$ 7.695,02	\$ 8.372,95	\$ 9.110,60
	Decimo cuarto	\$ 22.578,00	\$ 24.567,12	\$ 26.731,49	\$ 29.086,53
	Aporte patronal	\$ 10.310,94	\$ 11.219,33	\$ 12.207,76	\$ 13.283,26
	Vacaciones	\$ 1.055,32	\$ 1.148,29	\$ 1.249,46	\$ 1.359,54
	Fondos de reserva	\$ 7.071,98	\$ 7.695,02	\$ 8.372,95	\$ 9.110,60
Inflación 2,30% (Banco Central del Ecuador)	Agua	\$ 4.403,54	\$ 4.504,82	\$ 4.608,43	\$ 4.714,43
	Luz	\$ 16.446,21	\$ 16.824,47	\$ 17.211,44	\$ 17.607,30
	Teléfono	\$ 365,00	\$ 373,40	\$ 381,98	\$ 390,77
	Mantenimiento Instalaciones y equipos	\$ 15.399,90	\$ 15.754,10	\$ 16.116,45	\$ 16.487,12
Total		\$ 169.566,56	\$ 182.121,76	\$ 195.728,25	\$ 210.477,39

Fuente: Elaboración Propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Determinados los flujos de efectivo a partir del año 2014. Se calculó la inversión inicial requerida para la construcción de la nueva planta mediante la suma los costos establecidos en la sección 8.1.

Tabla 8-8: Inversión inicial para la construcción de la nueva planta.

Ítem	Costo
Infraestructura	\$ 3.028.656,65
Mobiliario y equipos	\$ 81.800,64
Seguridad Industrial	\$ 41.091,76
Total	\$ 3.151.549,05

Fuente: Elaboración Propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

### 8.2.2. Análisis Económico del Proyecto

Determinados los flujos de efectivo, se procedió a determinar los beneficios y contrabeneficios de la propuesta para calcular el indicador beneficio/costo. Para el primero, se estableció las ganancias generadas por la venta de municiones en los próximos cuatro años.

Después, tomando como referencia la ecuación 2.1.27.1.1, se calculó los flujos de efectivo en el año 2013 clasificados como beneficios y contrabeneficios. No obstante, dado que es muy difícil cuantificar un beneficio económico recibido por las personas en cuestión aseguramiento de la seguridad pública y defensa de la autonomía del país (Palacios, 2013).

La empresa rinde cuentas de los proyectos al Estado Ecuatoriano en base al indicador Beneficio / Costo y a los beneficios que ofrecen el proyecto. En este caso, el estudio permitió constatar que la producción de municiones calibre 5,56 milímetros puede reducir los costos de producción y abastecer la demanda requerida. Los ingresos generados por el mismo son utilizados para

la reinversión en la empresa, mientras que el excedente está destinado al Instituto Social de las Fuerzas Armadas (ISFA) (Palacios, 2013).

Dado esto, Los costos de operación y producción calculados en las tablas 8-6 y 8-7 son utilizados como los contrabeneficios. Las tasas de interés activa y pasiva del 8,17% y 4,53%, para egresos e ingresos, estipuladas por el Banco Central del Ecuador (2013), son utilizadas por la empresa para la evaluación de proyectos

Tabla 8-10: Flujos de efectivo trasladados al periodo cero.

Flujos de efectivo pasados al presente		
Año	Beneficios	Contrabeneficios
2014	\$ 4.577.280,65	\$ 1.763.387,95
2015	\$ 4.378.915,76	\$ 1.641.083,53
2016	\$ 4.189.147,39	\$ 1.528.027,38
2017	\$ 4.007.602,97	\$ 1.423.524,26

Fuente: Elaboración Propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Con todos los flujos de efectivo calculados, se calculó el indicador económico de Beneficio/Costo en base a la teoría ilustrada en la sección 2.1.25.

Tabla 8-11: Calculo indicador Beneficio / Costo.

Año	Periodo	Inversión	Beneficios	Contrabeneficios	Flujo de efectivo (FEM)
2013	0	\$ 3.151.549,05			
2014	1		\$ 4.784.631,46	\$ 1.907.280,41	\$ 2.877.351,05
2015	2		\$ 4.784.631,46	\$ 1.919.835,61	\$ 2.864.795,85
2016	3		\$ 4.784.631,46	\$ 1.933.442,10	\$ 2.851.189,36
2017	4		\$ 4.784.631,46	\$ 1.948.191,24	\$ 2.836.440,22
Beneficio / Costo		3,43			

Fuente: Elaboración Propia, realizado en Microsoft Excel 2007.

Como se ilustra en la tabla 8-11, tomando como referencia la ecuación 2.1.25.2.1, se procedió a identificar el periodo en el cual los ingresos son superiores a la inversión inicial. El indicador Beneficio/Costo es superior a uno, por lo que se demuestra que el proyecto es económicamente aceptable utilizando las tasas de rendimiento establecidas por el Banco Central (2013).

## **CAPITULO IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **9.1. Conclusiones**

Se identificó mediante un diagrama de pareto, que los productos que generan mayores ganancias para la empresa son las municiones calibre 9 y 5,56 milímetros. (Sección 3.1). Cumplimiento del primer objetivo específico.

Se desarrolló un diagrama de Ishikawa, que permitió identificar los factores y causas que impiden a la actual empresa implementar una línea de producción de municiones. (Sección 3.1). Cumplimiento del primer objetivo específico.

Se elaboró una cadena de valor, lista maestra de procesos y flujogramas que permitió detallar los macroprocesos, procesos, subprocesos y actividades requeridas para la fabricación de municiones (Secciones 3.2 y 3.3). Cumplimiento del primer objetivo específico.

Mediante la metodología de agrupamiento DCA, se ubicó la distribución de las tareas en celdas de manufactura por familia de productos para distribuir las en los edificios de la nueva planta (Sección 3.4 y 3.5). Cumplimiento del primer objetivo específico.

Se determinó, mediante el método Delphi, la demanda a abastecer de 3.999.772 y 1.019.298 municiones calibre 5,56 y 9 milímetros para los siguientes cuatro años, iniciando a partir del 2014 (Sección 4.2). Cumplimiento del segundo objetivo específico.

Se realizó un balanceo de producción que permitió generar una línea de producción propuesta que cuenta con una eficiencia del 84,04% para la fabricación y de municiones calibre 5,56 milímetros, y del 93,98% para el ensamblaje de municiones calibre 9 milímetros (Sección 4.3.2). Cumplimiento del segundo objetivo específico.

Se estableció un Plan Agregado de Producción que permitió corroborar que la línea de producción tiene la capacidad para abastecer la demanda, reduciendo los costos de producción y de almacenamiento; el costo total fue de 1.737.713,85 dólares (Sección 4.4). Cumplimiento del segundo objetivo específico.

Se identificó los tipos de carga unitaria que son transportados en el taller de municiones y en la empresa. También, se estableció la importancia de cercanía que debe existir entre los diferentes edificios y estaciones de trabajo en la nueva planta (Sección 5.5.1). Cumplimiento del tercer objetivo específico.

La nueva planta requirió de un área de bodega, polvorín y del taller de 1188, 270 y 1258 metros cuadrados, con un sistema de almacenamiento aleatorio y utilizando un 40% de holgura para pasillos (Sección 5.5.2). Cumplimiento del tercer objetivo específico.

Se generó una propuesta de layout para el taller de municiones y la planta con una eficiencia de adyacencia del 95,07% y 96,53%; el costo de transporte para ambas distribuciones fue de 3.369 y 154 dólares respectivamente (Sección 6.2.3). Cumplimiento del cuarto objetivo específico.



Se estableció las medidas de de seguridad industrial requeridos para salvaguardar la integridad de los trabajadores en la nueva planta. Todas las directrices se establecieron mediante las normas establecidas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo y a las normativas impuestas por el Cuerpo de Bomberos de Quito (Sección 7). Cumplimiento del quinto objetivo específico.

Se determinó, mediante el análisis económico, que el presente proyecto de tesis presenta un indicador beneficio costo superior a 1, lo cual indica que genera mayores beneficios en relación a los costos de implementación y operación. Por lo tanto, el proyecto es económicamente aceptable para su aprobación ante el Gobierno Nacional y las Fuerzas Armadas del Ecuador (Sección 8.2.2). Cumplimiento del sexto objetivo específico.

## **9.2. Recomendaciones**

Implementar cartas de control de calidad que permitan controlar variables de calidad de velocidad, presión, excentricidad y desgaste de las municiones producidas, para reducir la variabilidad y desperdicios generados en el proceso.

Adquirir máquinas de ensamblaje y de control de calidad, que permitan a la línea de producción propuesta generar dos tipos de munición en un mismo día de producción.

Buscar alternativas para reducir el tiempo de procesamiento del control de calidad de municiones, dado que esta actividad es un cuello de botella que limita la máxima producción de municiones calibre 9 milímetros.

Evaluar si los espacios estipulados para la nueva planta tienen la capacidad de suplir las necesidades básicas de los trabajadores, basándose en las normas establecidas en el Código del Trabajo.

Realizar un análisis de ruido y luz en base a las normativas INSHT, para asegurar que los operarios no trabajen en un ambiente que pueda causar enfermedades profesionales.

Determinar la ubicación de componentes y productos producidos en la nueva bodega y polvorín; en base del manual de manipulación, transporte y almacenamiento de municiones y explosivos elaborado por la empresa (Guzmán, 2007).

Considerar la utilización de pintura retardante de incendios en los talleres, bodega general y polvorines que reduzcan el riesgo de incendios y explosiones en la nueva planta.

## BIBLIOGRAFÍA

Aslan, H. (2008). *Safe Movement of Hazardous Materials through Heuristic Hybrid Approach: Tabu Search and Game Theory Application*. *Journal of Engineering Sciences PAJES*.

Alvarado, C.(2012). Marco Cuvero. Entrevista al Gerente general. (Marco Cuvero, entrevistador) Sagolquí: Santa Barbará E.P.

Alvear, R .(2012). Marco Cuvero. Entrevista con el encargado Bodega. Sagolquí: Santa Barbará E.P.

Arciniegas, W. & Sanchez, V. (2012). Propuesta de rediseño de Layout y mejoramiento en el flujo de materiales en el área de producción de la empresa de calzado FAME S.A. Quito: Universidad San Francisco de Quito.

Benjaafra, S. & Sheikhzadegh, S. (2005). *Design of Flexible Plant Layouts*. Minneapolis: University of Minnesota.

Benjaafar, S. Sunderesh, S. Heragu, S. & Shahrukh, A. (2012). *Next Generation Factory Layouts: Research Challenges and Recent Progress*. (pp. 58-76) Minneapolis: INFORMS (Institute of Operations Research and the Management Sciences). Extraído el 9 de Octubre del 2012 de la página web: [http:// www.jstor.org/](http://www.jstor.org/)

Blank, L. & Tarquin, A. (2004). *Ingeniería Económica*. Mexico, D.F. : Mc Graw Hill.

Calle, A.(2013). Marco Cuvero. Entrevista con la Directora Administrativa - Financiera. Sagolquí: Santa Barbará E.P.

Cárdenas, D.(2012). Marco Cuvero. Entrevista con el Director del Área de Armas y Municiones. Sagolquí: Santa Barbará E.P.

*Capacitación Técnica Instalación Sistemas de Alarmas*. (2004). Minneapolis: Honeywell Internacional Inc. Extraído el 2 de Mayo del 2013 de la página web: <http://honeywell.com/>

Charpentier, C.(2012). Marco Cuvero. Entrevista con la Directora de Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente. Sagolquí: Santa Barbará E.P.

Clavijo, G. Cuvero, M & Rivadeneira, V. (2012). *Estudio del desempeño de la cevichería "Zavalita"*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.

Cobo, F. (2013). *Cuadro de Remuneraciones y Beneficios Sociales 2012*, Quito: Pay Roll & Keeping CIA LTDA. Extraído el 27 de Junio del 2013 de la página web: [http:// prk.com.ec](http://prk.com.ec).

*Código del Trabajo*. (2013). Quito: Dirección Nacional de Asesoría Jurídica de la PGE, Extraído el 24 de Julio del 2013 de la página web: <http://www.pge.gob.ec>.

*Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Quito*. (2013). Extraído el 24 de Junio del 2013 de la página web: <http://www.bomberosquito.gob.ec>

Cuvero, M & Otavalo, L. (2012). *Análisis Caso Metreke Cards*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.

Deakin, R. Grenfell, R. & Bird, S. (2012). *The Centroid, Where Would you like it to be?*. Victoria :: RMIT University.

Drezner, Z, Turel, O & Zerom, D (2008), *A modified Kolmogorov-Smirnov test for normality*. California: Munich Personal RePEc Archive.

*Elite Panalized Homes*. (2013). Florida: Elite Aluminium Corporation.

Elsayed, A & Boucher, T.(1997). *Analysis and Control of Production Systems*. Chicago: McGraw-Hill.

*Extracto de normas de seguridad para el uso, almacenamiento, manejo y transporte de explosivos 2 213:99*. (2012); Quito: Instituto Nacional de Normalización (INEN).

Figuroa, P. (2012). Marco Cuvero. Entrevista con el Experto de Armas y Municiones. Sagolquí: Santa Bárbara E.P.

Ezell, B. & Davis, M. (2001). *Base Camp Design: Site Selection and Facility Layout*. New York: US United States Military Academy West Point: New York.

*Guía Técnica para la Utilización por los Trabajadores de Equipos de protección individual*. (1997). Barcelona: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

Guzmán, F. (2007). *Normas de seguridad para refugios de municiones*. Sangolquí: Santa Bárbara. E.P.

Gujarati, D. & Porter, D. (2010). *Econometría*. Mexico D.F: McGraw-Hill.

Hillier, F. & Lieberman, J. (2004). *Investigación de Operaciones*. Mexico: McGraw-Hill.

*Inflación*. (2013). Quito: Banco Central del Ecuador. Extraído el 29 de Junio del 2013 de la página web: <http://www.bce.fin.ec>.

Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo (INSHT). *Manual de Procedimientos de Prevención de Riesgos Laborales*. (2002). Barcelona : Ministerio de trabajo y asuntos sociales.

JCM.(2012). *Catálogo especificaciones técnicas*. Quito: JGC Importadores, extraído el 6 de abril del 2012 de la página web <http://www.jgcimportadores.com>

Jami, L.(2012). Marco Cuvero. Entrevista con la encargada Laboratorio Químico y Balístico. Sagolquí: Santa Barbará E.P.

Kroemer, K. Kroemer, H. & Kroemer, K. (2003). *Ergonomics, how to design for ease and efficiency*. New Yersey: Prentice Hall.

Laines, R. (2013). Marco Cuvero. Afiliado de la Cámara de Construcción de Ingenieros de Pichincha. Quito:Ecuador

Mahdavi, I. Shirazi, B. & Paydar, M. (2008). A flow matrix-based heuristic algorithm for cell formation and layout design in cellular manufacturing system. London: Journal Advanced Manufactory Technology.

*Manual Manipulación, Transporte y Almacenamiento de Municiones y Explosivos*. (2006). F.M.S.B. Sangolquí: Santa Bárbara E.P.

*Matriz de Fletes por Km por tonelada*. (2013). Brasilia: Cámara Interamericana de Transportes. Extraído el 3 de Julio del 2013 de la página web: <http://www.citamericas.org>

Mata, H. (1999). *Calculo de Depreciación con MS Excel*. San Fernando: Universidad Nacional de Ingeniería. Extraído el 30 de Junio del 2013 de la página web: [ocw.uni.edu.pe](http://ocw.uni.edu.pe)

Matai. R, Singh, S. & Mittal, L. (2010). *Facility Layout Problem: A State – of – the – art*. Vilakshan: The XIMB Journal of Management.

Miranda, G. & Moreta, A.(2012). *Diseño de una planta para el mantenimiento de los vehículos de la Policía Nacional del Ecuador Asignados a la Provincia de Pichincha*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.

*Norma para Extintores Portátiles Contra Incendios (NFPA 10)*. (2007). Bogotá: Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios.

Montgomery, C. (2006). *Control Estadístico de la calidad*. Mexico, D.F: Limusa Wiley.

Montgomery, C. & Runger, C. (2007). *Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería*. Mexico: Limusa Wiley.

Murillo, E .(2012). Marco Cuvero. Entrevista con el encargado área Control de Calidad. Sagolquí: Santa Barbará E.P.

Nahmias, S. (2006). *Análisis de la producción y las operaciones*. (5th ed.). Mexico, D.F. :McGrawHill.

Nialek, R. Duffy & Moran (2009). *The Public Health Quality Improvement*. Milwaukee : ASQ Quality Press, página 220, Extraído el 7 de Noviembre del 2013 de la página web: asq.org

Niebel, V. & Freivals, A.(2010). *Ingeniería Industrial, Métodos, Estándares y Diseño de Trabajo*. México: Alfaomega.

*NTP 888, Señalización en los centros de trabajo*. (2013). Barcelona: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

*NTP 536, Extintores de incendio portátiles: Utilización*. (1996). Barcelona: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

*NTP 511: Señales visuales de seguridad: aplicación práctica*. (1996). Barcelona: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

*NTP 436, Cálculo estimativo de vías y tiempos de evacuación*. (2006). Barcelona: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)

*NTP 215, Detectores de Humo*. (1986). Barcelona: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

*NTP 40, Detección de incendios*. (1986). Barcelona: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

Ochaeta, O. (2010). *Manual de procesos para la fabricación de cartuchos calibre 5,56 mm en la fábrica de municiones del ejército de Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Palacios, F .(2012). Marco Cuvero. Entrevista con el Jefe de Comercialización. Sagolquí: Santa Barbará E.P.

Pattanalk, L. Sharma, P. (2009). *Implementing lean manufacturing with celular layout: a case of study*.

Paz. R & Gómez. D (2006). *Localización de Instalaciones*. Mar de Plata: Universidad Nacional del Mar de plata.

*Prevención de Riesgos Laborales. Curso de Técnico Superior* (2006). Barcelona: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

Pilamunga, G .(2013). Marco Cuvero. Entrevista con la encargada de costos. Sagolquí: Santa Barbará E.P.

Pyzdek, T. & Keller,P. (2010). *The Six Sigma Handbook*. Chicago:McGraw-Hill.

Ray, C. & Rieske, D. (2010). *Seguridad industrial y administración de la salud*. Mexico: PEARSON EDUCATION.

Reyes, P (1997). *Metodología del Análisis con series de tiempo*. Extraído el 3 de Marzo del 2013 de la página web: [www.icicm.com/](http://www.icicm.com/)

Revelo, L .(2012). Marco Cuvero. Entrevista con el encargado del Área de Mantenimiento. Sangolquí: Santa Barbará E.P.

Stevenson, W. (2009). *Operations Managment*. New York: McGraw-Hill.

*Spaghetti Diagram*. (2012). Denver Peak Academy :: Denver, Extraído el 15 de Junio del 2012 de la página web: [http:// www.denvergov.org](http://www.denvergov.org).

Tapia, F. (2013, Mayo). Entrevista con el Director de Recursos Humanos. Sangolquí: Santa Barbará E.P.

Tobar, D.(2011). *Propuesta de diseño de las instalaciones de la Industria Harinera S.A. para su nueva ubicación en el Parque Industrial de Quito en el sector Turubamba*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.

Tompkins, J. White, A. Bozer, Y & Tanchoco, A. (2006). *Planeación de instalaciones*. Mexico D.F: Thomson.

Vallejo. J (2012). *Montacargas, consumo de combustibles, lubricante y grasas*. Extraído el 12 de Marzo del 2012 de la página web: <http://ingesite.com/>

Zarrungh, M. Todd, F. & Ralston, H (1974). *Optimization of Lever Expenditure During Level Walking*. California: University of California.

## ANEXOS

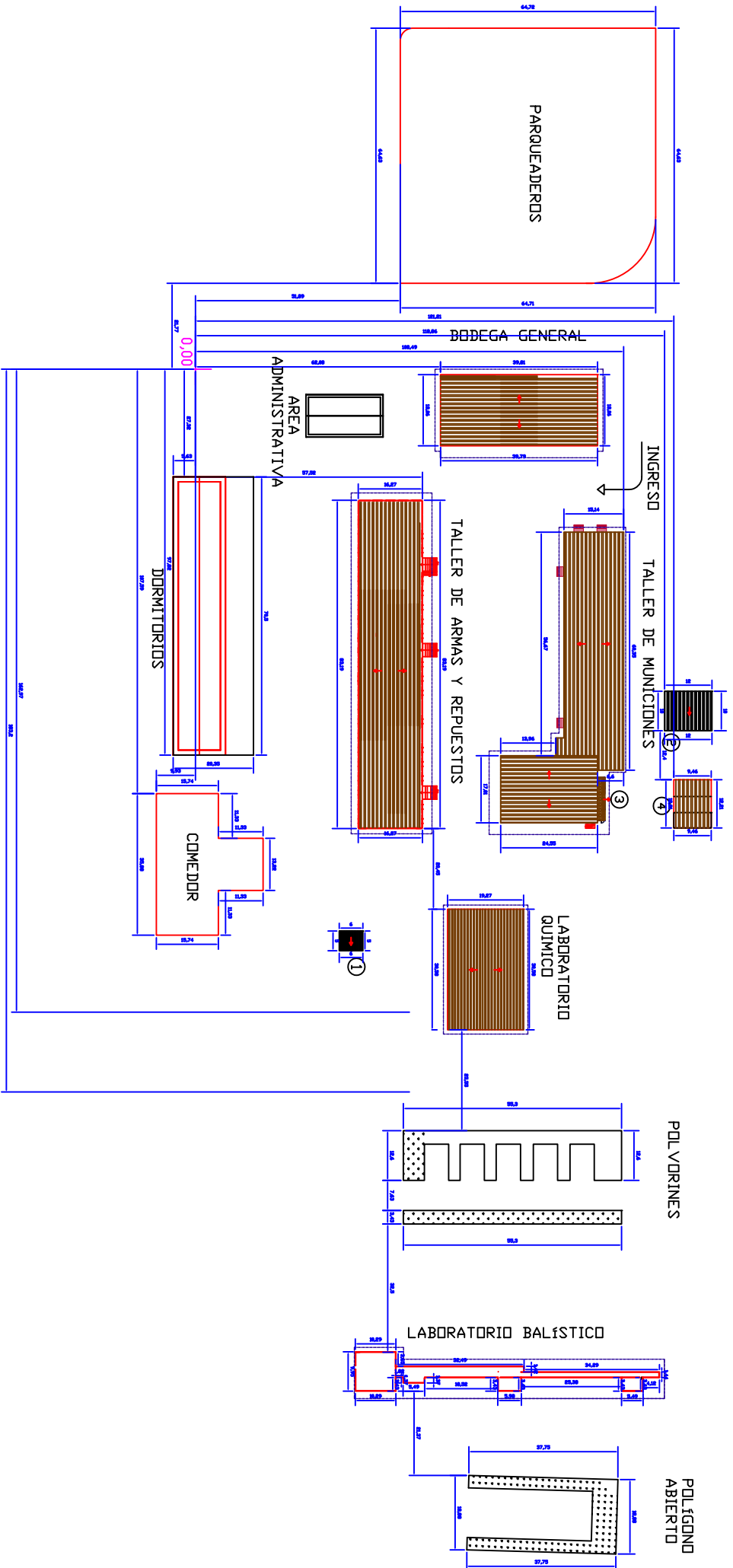
## ANEXO 1: REPORTE DE PRODUCCIÓN PERÍODO ENERO – DICIEMBRE 2012

**EMPRESA SANTA BÁRBARA E.P.**  
**DIVISIÓN ARMAS Y MUNICIONES**

**REPORTE DE PRODUCCIÓN PERÍODO ENERO - NOVIEMBRE 2012**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ACUM.
<b>TALLER DE PRENSAS</b>														
JARRO DE ALUMINIO	Und.						5.140		1.000					6.140
VAJILLA DE ALUMINIO	Und.						5.140		1.400					6.540
<b>TALLER DE MUNICIONES</b>														
MUNICIÓN ANTIMOTÍN CAL. 12 SAQUETE	Und.											2.000		2.000
MUNICIÓN ANTIMOTÍN CAL. 12 VARIOS PERDIGONES	Und.											2.000		2.000
MUNICIÓN ANTIMOTÍN CAL. 12 UN PERDIGON	Und.											2.000		2.000
MUNICIÓN ANTIMOTÍN CAL. 12 ATURDIDOR	Und.											1.136		1.136
MUNICIÓN ANTIMOTÍN CAL. 12 LACRIMÓGENO	Und.											1.350		1.350
MUNICIÓN ANTIMOTÍN CAL. 37 VARIOS PERDIGONES	Und.											1.000		1.000
UNIDAD FUMIGENA DE COLOR	Und.				250		100		30					380
MUNICIÓN CALIBRE 9 mm.	Und.				384.620		562.638	15.040	30.000	27.000				1.019.298
MUNICIÓN CALIBRE .38 SPL	Und.							9.008		24.000	45.000			78.008
MUNICIÓN CALIBRE 7,62X51 mm. NATO	Und.													
MUNICIÓN CAL. 5,56x45 mm SS-109	Und.	290.000	833.000	377.000			1.000.000	899.772	600.000					3.999.772
<b>TALLER DE ARMAS</b>														
CARABINAS LANZA GASES												56		56
<b>OBSERVACIONES:</b>	EN TODOS LOS TRABAJOS EL CUMPLIMIENTO HA SIDO DEL 100%													





EMPRESA SANTA BARBARA E.P.

UBICACION: AV. GRAL. RUMISAHUI 3976 (J.T.O.A. LA ESPER) - QUITO  
 CONTIENE: PLANTA GENERAL ESCALA: 1:500

REALIZADO POR: \_\_\_\_\_  
 DANNY CÁRDENAS ANEXO N.º 2

### ANEXO 3: CANTIDADES REGISTRADAS MEDIANTE OFICIOS DE DIFERENTES INSTITUCIONES.

**COMERCIALIZACIÓN A REMITIDO LAS PROFORMAS CORRESPONDIENTES A CADA OFICIO.  
COMERCIALIZACIÓN REALIZARÁ EL SEGUIMIENTO DE LOS RESPECTIVOS PRESUPUESTOS  
PARA CONFIRMAR LOS PEDIDOS EN TIPO DE MUNICIÓN Y CANTIDADES.**

ORD.	CLIENTE	PEDIDO MEDIANTE OFICIO	PRODUCTO CAL. 9 mm	PRODUCTO CAL. 38	CAL. 5.56	PRODUCTO CAL. 12XBB	PROFORMAS EMITIDAS
1	ADUANA DEL ECUADOR	e-mail 12-ene-13	3.500	0	17.000	0	Nº 2013-002
2	MINISTERIO DE RECURSOS HUMANOS Y C.	Oficio Nº115-MJDHC-SAPCL-DSVPACL-2013	5.000	10.000	0	0	Nº 2013-005
3	SECRETARÍA NACIONAL DE INTELIGENCIA	e-mail 24-ene-13	45.000	0	0	0	Nº 2013-007
4	SERVICIO DE PROTECCIÓN PRESIDENCIAL	Oficio NºSPP-AP-1-4-2013-0091-O	25.000	0	0	0	Nº 2013-009
4	SERVICIO DE PROTECCIÓN PRESIDENCIAL	Oficio NºSPP-AP-1-4-2013-0091-O	25.000	0	0	0	Nº 2013-010
5	ESC. SUPERIOR DE POLICIA	Oficio Nº2013-0118-D-ESP	9.500	0	19.000	0	Nº 2013-011
5	ESC. SUPERIOR DE POLICIA	Oficio Nº2013-0119-D-ESP	22.800	0	13.300	0	Nº 2013-012
6	COMACO C.O 1 "NORTE"	Oficio NºCC.FF.AA.AYUD-2013-005-O	0	0	0	0	Nº 2013-013
7	ESC. SUPERIOR DE POLICIA	e-mail 08-feb-2012	289.000	0	15.000	0	Nº 2013-021
8	ARMADA DEL ECUADOR	Oficio NºCOGMAR-LEM-017-S-2012	125.000	0	1.500.000	0	
9	FUERZA AÉREA ECUATORIANA	Oficio Nº FAE-EJ-3-lb-MB-2013-008-O	75.000	0	100.000	0	
10	POLICÍA NACIONAL DEL ECUADOR DGL	Oficio Nº1819-DCP-CG-PN	198.000	0	0	6.860	
11	EJÉRCITO ECUATORIANO	12-E4-f1-278	125.000	0	3.000.000	0	
12	CAPACITACIÓN DE GUARDIAS	STOCK	0	500.000	0	0	
<b>TOTAL POR FABRICAR VARIOS CALIBRES</b>			<b>947.800</b>	<b>510.000</b>	<b>4.664.300</b>	<b>6.860</b>	

## ANEXO 4: CAPACIDADES DE LAS MÁQUINAS

### EM SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MUNICIONES MAQUINARIA Y EQUIPOS

ORD	DESCRIPCION	CODIGO	CANTIDAD	MARCA	UBICACION	AÑO	PAIS	ESTADO	CAPACIDAD	TIEMPO PRODUCCION DE UNA MUNICION
<b>DIVISION MUNICIONES</b>										
<b>1</b>	<b>MAQUINARIA DEL TALLER DE MUNICION DE CAZA</b>									
	MAQ. DE CARGAR LOS CARTUCHOS		1	LACHAUSSE	SEC. CARGA	1985	BELGICA	BUENO	50 golpes/min	1,2 segundos/unidad
	MAQ. IMPRESORA		1	LACHAUSSE	SEC. CARGA	1985	BELGICA	BUENO	50 golpes/min	1,2 segundos/unidad
	MAQ. DE INSPECCION Y EMBALAJE		1	LITOPAK	SEC. CARGA	1985	ITALIA	BUENO	50 golpes/min	1,2 segundos/unidad
	MAQ. DE CARGAR LOS CARTUCHOS		1	FUTURA	SEC. CARGA	1998	ITALIA	NUEVA	60 g/min	1 segundos/unidad
	EXTRUSORA		1	LACHAUSSE	T. FUND. PLOMO	1985	BELGICA	BUENO	150 Kg/h	0,4 segundos/unidad
	PERDIGONERA		1	LACHAUSSE	T. FUND. PLOMO	1985	BELGICA	REGULAR	120 Kg/h	0,5 segundos/unidad
<b>2</b>	<b>TALLER DE FABRICACION DE MUNICION DE FUEGO CENTRAL</b>									
	<b>SECCION LIMPIEZA</b>									
	HORNO DE RECOCIDO	16,701	1	FRITZ WERNER	SECCION LIMPIEZA	1979	ALEMANIA	BUENO		
	PLANTA DE DECAPADO	7516	1	FRITZ WERNER	SECCION LIMPIEZA	1979	ALEMANIA	BUENO		
	HORNO DE NORMALIZADO	16,606	1	FRITZ WERNER	SECCION LIMPIEZA	1979	ALEMANIA	BUENO		
	MAQ. DE ENJUAGUE	7570/7571	1	FRITZ WERNER	SECCION LIMPIEZA	1979	ALEMANIA	BUENO		
	TAMBOR DE ABRILLANTADO	7575	1	FRITZ WERNER	SECCION LIMPIEZA	1979	ALEMANIA	BUENO		
	MAQUINA DE SECADO	7579	1	FRITZ WERNER	SECCION LIMPIEZA	1979	ALEMANIA	BUENO		
	<b>SECCION VAINAS</b>									
	MAQ. 1º Y 2º ESTIRADO	7171	1	FRITZ WERNER	SECCION VAINAS	1979	ALEMANIA	BUENO	90 golpes/min	0,66666667 segundos/unidad
	MAQ. DE CORTE DE EXCESO	7270	1	FRITZ WERNER	SECCION VAINAS	1979	ALEMANIA	BUENO	90 golpes/min	0,66666667 segundos/unidad
	MAQ. DE Prensado del culote	7172	1	FRITZ WERNER	SECCION VAINAS	1979	ALEMANIA	BUENO	90 golpes/min	0,66666667 segundos/unidad
	MAQ. DE CONIFICADO	7173	1	FRITZ WERNER	SECCION VAINAS	1979	ALEMANIA	BUENO	90 golpes/min	0,66666667 segundos/unidad
	MAQ. DE TALADRADO DE OIDOS	7275	2	FRITZ WERNER	SECCION VAINAS	1979	ALEMANIA	BUENO	40 golpes/min	1,5 segundos/unidad
	MAQ. DE RANURADO	7266	2	FRITZ WERNER	SECCION VAINAS	1979	ALEMANIA	BUENO	40 golpes/min	1,5 segundos/unidad
	MAQ. DE CONTROL DIMENSIONAL	7463	1	FRITZ WERNER	SECCION VAINAS	1979	ALEMANIA	BUENO	90 golpes/min	0,66666667 segundos/unidad
	MAQ. DE RECOCIDO DE LA BOCA	7503	1	FRITZ WERNER	SECCION VAINAS	1979	ALEMANIA	BUENO	120 golpes/min	0,5 segundos/unidad
	MAQ. DE INSPECCION VISUAL	7437	1	FRITZ WERNER	SECCION VAINAS	1979	ALEMANIA	BUENO	90 golpes/min	0,66666667 segundos/unidad
	<b>SECCION BALAS</b>									
	MAQ. DE MOLETEADO	PB32	1	MANURHIN	SECCION BALAS	1979	FRANCIA	BUENO	90 golpes/min	0,66666667 segundos/unidad
	MAQ. DE CONTROL DIMENSIONAL	PB30	1	MANURHIN	SECCION BALAS	1979	FRANCIA	BUENO	60 golpes/min	1 segundos/unidad
	MAQ. DE CONTROL DE PESOS	PB /11S	1	MANURHIN	SECCION BALAS	1979	FRANCIA	BUENO	60 golpes/min	1 segundos/unidad
	MAQ. DE FABRICACION DE LA BALA	PB 31/10	1	MANURHIN	T. FUND. PLOMO	1979	FRANCIA	BUENO	60 golpes/min	1 segundos/unidad
	MAQ. DE CALIBRADO DEL ALAMBRON	PB /7B	1	MANURHIN	T. FUND. PLOMO	1979	FRANCIA	BUENO	800 golpes/min	0,075 segundos/unidad
	MAQ. DE Prensado del nucleo	PB /8C	1	MANURHIN	T. FUND. PLOMO	1979	FRANCIA	BUENO	90 golpes/min	0,66666667 segundos/unidad
	MAQ. DE PULIR	PD /15E	1	MANURHIN	T. FUND. PLOMO	1979	FRANCIA	BUENO	120 golpes/min	0,5 segundos/unidad
	MAQ. DE PULIR	PD /15E	1	MANURHIN	SECCION CARGA	1979	FRANCIA	BUENO	120 golpes/min	0,5 segundos/unidad
<b>3</b>	<b>MAQUINARIA DE CARGA Y ENSAMBLAJE DE MUNICION FUEGO CENTRAL</b>									
	MAQ. DE COLOCAR FULMINANTES	PC-38	2	MANURHIN	SECCION CARGA	1979	FRANCIA	BUENO	40 golpes/min	1,5 segundos/unidad
	MAQ. DE CONTROL DE PESOS Y VISUAL	PC-56	2	MANURHIN	SECCION CARGA	1979	FRANCIA	BUENO	40 golpes/min	1,5 segundos/unidad
	MAQ. DE CARGAR LOS CARTUCHOS	PC-530/8	1	MANURHIN	SECCION CARGA	1979	FRANCIA	BUENO	120 golpes/min	0,5 segundos/unidad

## ANEXO 5: COSTOS DE PRODUCCIÓN

### F.M.S.B. SANTA BÁRBARA E.P. ANÁLISIS DE COSTOS DE MUNICIÓN CALIBRE 9 MM.

CLIENTE :

PRODUCTO :

CARTUCHO CAL 9MM 124 GRAINS

COSTOS PARA LOTE DE  
PRODUCCIÓN:

JORNADA REGULAR:  
36000 DIARIOS

JORNADA  
SUPLEMENTARIA:  
19200 DIARIOS

					COSTO	%
<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V. unitario</b>	<b>V. Total</b>	<b>0,380</b>	<b>81,2%</b>
VAINAS	U	1	0,23	0,23		
PÓLVORA	kg	0,0003	34,07	0,01		
BALA	U	1	0,14	0,14		
<b>MANO OBRA DIRECTA</b>					<b>0,0008</b>	<b>0,2%</b>
	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Costo/min</b>			<b>0,0012</b>
JORNADA REGULAR	11	0,013	0,0657	0,0008		
JORNADA SUPLEMENTARIA	11	0,013	0,0985	0,0012		
<b>T.GASTOS DE FABRICACION</b>		0,013	0,2665	0,0033	<b>0,0033</b>	<b>0,7%</b>
<b>TOTAL</b>				<b>0,39</b>		
<b>MATERIALES INDIRECTOS</b>					<b>0,0058</b>	<b>1,2%</b>
	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V. unitario</b>	<b>V. Total</b>		
cajas de cartón pequeñas	u	0,02	0,098	0,0020		
cajas de madera cal 5,56	u	0,00		0,0000		
Colmena	u	0,02	0,114	0,0023		
caja de cartón cal 9	u	0,0020	0,7874	0,0016		
<b>TOTAL</b>				<b>0,0058</b>		
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>			0,3906		0,3902	
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS 20%</b>			0,0781		0,0780	16,7%
<b>COSTO OPERACIONAL</b>	<b>SUPLEMENTARIA</b>		<b>0,4687</b>	<b>REGULAR</b>	<b>0,4682</b>	<b>100,0%</b>
<b>UTILIDAD 16.5%</b>					0,06	

**F.M.S.B. SANTA BÁRBARA E.P.**  
**ANÁLISIS DE COSTOS DE MUNICIÓN CALIBRE 5,56 MM.**

CLIENTE :

PRODUCTO :

CARTUCHO CAL 5,56MM

COSTOS PARA LOTE DE  
PRODUCCIÓN:

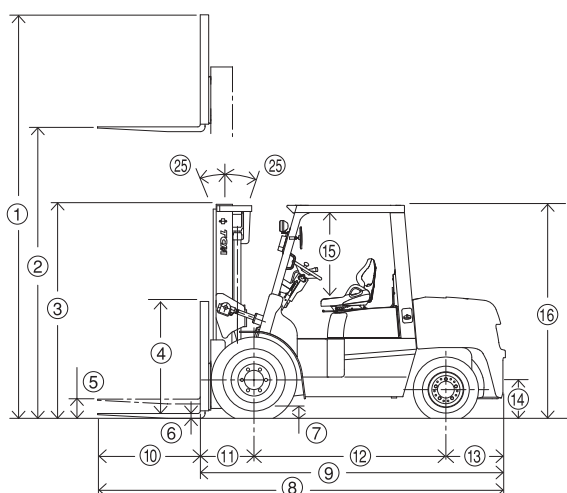
JORNADA REGULAR:  
17307 DIARIOS

JORNADA  
SUPLEMENTARIA:  
9230 DIARIOS

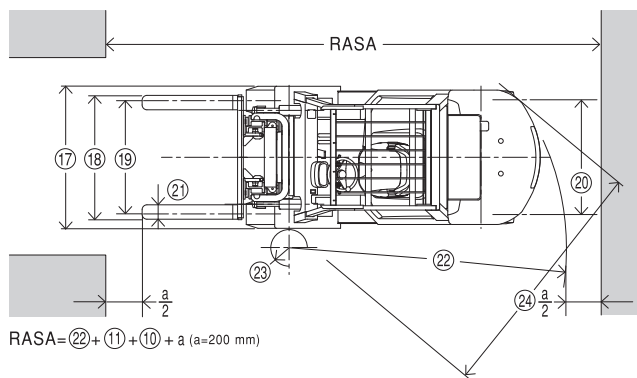
					<b>COSTO</b>	<b>%</b>
<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>Unidad</b>	<b>5% desperdicio</b>	<b>V. unitario (gramo)</b>	<b>V. Total</b>	<b>0,257</b>	<b>77,0%</b>
COPA VAINA CAL 5,56	GR	8,19	0,0093	0,08		
PÓLVORA CALIBRE. 5,56 MM.	GR	1,8	0,0340	0,06		
COPA BALA CALIBRE 5,56 MM. SS 109	GR	3	0,0093	0,03		
NÚCLEO PLOMO	GR	2,50	0,0093	0,02		
NÚCLEO ACERO	GR	1,5	0,0120	0,02		
FULMINANTE	Und.	1	0,0500	0,05		
<b>MANO OBRA DIRECTA</b>					<b>0,001128</b>	<b>0,3%</b>
	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Costo/min</b>			<b>0,001692</b>
JORNADA REGULAR	35	0,017	0,0677	0,00113		
JORNADA SUPLEMENTARIA	35	0,017	0,1015	0,00169		
<b>T.GASTOS DE FABRICACION</b>		0,017	0,2290	0,0038	<b>0,0038</b>	<b>1,1%</b>
<b>MATERIALES INDIRECTOS</b>					<b>0,0162</b>	<b>4,9%</b>
	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V. unitario</b>	<b>V. Total</b>		
Cajas de cartón pequeñas	Und.	0,05	0,052	0,0026		
Cajas de madera cal 5,56	Und.	0,0006	18,000	0,0100		
Etiquetas de seguridad pequeñas	Und.	0,05	0,0050	0,0003		
Guantes de punto blanco	Par	0,0001	1,200	0,0001		
Mascarillas desechables	Und.	0,00007	1,390	0,0001		
Guantes de cuero corto	Gl	0,000017	2,170	0,0000		
Blanca	Gl	0,00001	6,050	0,0001		
Funda plástica 450x228 mm.	Und.	0,01	0,500	0,0028		
Laca	Gl.	0,000010	30,000	0,0003		
Ácido Sulfúrico	Gl.	0,000008	3,75	0,0000300		
Jabón Escamas	Kg.	0,000060	0,007	0,0000004		
<b>TOTAL</b>			<b>REGULAR</b>	<b>SUPLEMENTARIA</b>		
			0,0162	0,0162		
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>			0,2792	0,2786		
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS 20%</b>			0,0558	0,0557		<b>16,7%</b>
<b>COSTO OPERACIONAL</b>	<b>SUPLEMENTARIA:</b>		0,3350	<b>REGULAR:</b> 0,3343		<b>100,0%</b>
			0,046	0,05		

**ANEXO 6: FICHA TÉCNICA DEL MONTACARGAS TCM**

## DIMENSIONES ESTÁNDAR



DISTANCIA LIBRE SOBRE EL SUELO	FD35T9 · C9	FD40T9 · C9	FD45T9 · C9	FD50T9
	mm	mm	mm	mm
Mástil	155	155	140	140
Bastidor	185	185	185	185
Eje delantero	185	185	185	185
Eje trasero	195	195	195	195
Contrapeso	205	205	205	205



## DIMENSIONES ESTÁNDAR

Modelo	FD35T9 · C9	FD40T9 · C9	FD45T9 · C9	FD50T9
	mm	mm	mm	mm
① Altura total, horquilla subida (con apoyo de carga)	4265	4265	4265	4420
② Altura máxima de la horquilla	3000	3000	3000	3000
③ Altura del mástil, horquilla bajada	2230	2230	2235	2360
④ Altura del apoyo	1220	1220	1215	1370
⑤ Elevación libre	150	150	155	160
⑥ Grosor de la horquilla	50	50	55	60
⑦ Distancia libre mínima sobre el suelo	155	155	140	140
⑧ Longitud total (con horquilla)	4150	4180	4260	4610
⑨ Longitud a la cara de la horquilla	3080	3110	3190	3390
⑩ Longitud de la horquilla	1070	1070	1070	1220
⑪ Distancia de la carga	560	560	590	590
⑫ Distancia entre ejes	2000	2000	2000	2200
⑬ Sobresaliente trasero	520	550	600	600
⑭ Altura central del pasador de la barra de tracción	320	320	320	320
⑮ Espacio libre de la protección superior (desde el superficie del asiento)	1020	1020	1020	1020
⑯ Altura total (protección superior)	2250	2250	2250	2250
⑰ Anchura total	1480	1480	1480	1480
⑱ Separación de la horquilla (exterior)	300-1290	300-1290	300-1290	300-1290
⑲ Rodadura (delantera)	1180	1180	1180	1180
⑳ Rodadura (trasera)	1195	1195	1195	1195
㉑ Anchura de la horquilla	150	150	150	150
㉒ Radio de giro exterior	2790	2820	2860	3040
㉓ Radio de giro interior	200	200	200	200
㉔ Pasillo de intersección mínimo	2650	2650	2700	2850
㉕ Ángulo de inclinación (adelante-atrás)	6°- 12°	6°- 12°	6°- 12°	6°- 12°

## DIMENSIONES CON RUEDAS MOTRICES DOBLES DELANTERAS (opción)

Modelo	FD35T9 · C9	FD40T9 · C9	FD45T9 · C9	FD50T9
Tamaño de neumáticos (dobles delanteros)	7.50-16-8PR	7.50-16-8PR	7.50-16-8PR	7.50-16-8PR
Peso en servicio	+20 kg	+20 kg	+20 kg	+20 kg
	mm	mm	mm	mm
⑰ Anchura total	1830	1830	1830	1830
⑲ Rodadura (delantera)	1340	1340	1340	1340
㉒ Radio de giro exterior	2890	2950	2950	3125
㉓ Radio de giro interior	200	200	200	200
㉔ Pasillo de intersección mínimo	2600	2600	2600	2750
Tamaño de neumáticos (dobles delanteros)	8.25-15-14PR	8.25-15-14PR		
Peso en servicio	+80 kg	+80 kg		
	mm	mm		
③ Altura del mástil, horquilla bajada	2245	2245		
⑰ Anchura total	1950	1950		
⑲ Rodadura (delantera)	1435	1435		
㉒ Radio de giro exterior	2920	2950		
㉓ Radio de giro interior	200	200		
㉔ Pasillo de intersección mínimo	2600	2650		







## EQUIPO Y ACCESORIOS ESTÁNDAR

### [Equipo]

- Zapata de freno sin amianto
- Filtro de aire centrífugo
- Sistema de recuperación de refrigerante
- Cierre de capó tipo cilindro con función de bloqueo
- Asiento de lujo con suspensión y cinturón de seguridad
- Dispositivo de barra de tracción
- Sistema de persistencia del motor
- Sistema de encendido automático del motor
- Sedimentador de agua del combustible
- Dirección asistida completamente hidráulica
- Protector superior para trabajos pesados
- Mástil de vista amplia y alta visibilidad (VM300)
- Varilla de nivel de aceite hidráulico
- Carros III y IV clase ITA
- Neumáticos de tacos J de larga duración
- Válvula de corte del circuito de elevación
- Apoyo de carga
- Sistema de admisión de aire elevado
- Freno asistido
- Embrague de aceite asistido (transmisión de cambio manual)
- Rodillos de retención
- Filtro hidráulico de retorno
- Filtro hidráulico de succión
- Válvula de bloqueo de inclinación
- Varilla de nivel del aceite de la transmisión (transmisión de cambio automático)
- Filtro del aceite de la transmisión (transmisión de cambio automático)
- Horquillas de 1070 mm (1220 mm para carretillas de 5 toneladas)
- Válvula de control de 2 carretes con alivio de presión

### [Controles]

- Palanca de control eléctrico de elevación (transmisión de cambio automático)
- Palancas de elevación e inclinación
- Palanca de interruptor de mal funcionamiento con mecanismo de autocancelación (elevación e intermitentes)
- Palanca de freno de estacionamiento con enclavamiento
- Dirección de inclinación ajustable

### [Accesorios]

- Asidero
- Zumbador de aviso de marcha atrás
- Luz de marcha atrás
- Estera de lujo antirresbaladiza para el piso
- Clip para documentos
- Portadocumentos
- Bocina eléctrica
- Combinación de luces delanteras (intermitentes, despejo)
- Guanteras/Portalapiceros
- Faros y luces de tráfico
- Combinación de luces traseras montadas en alto (trasera, frenos, marcha atrás, señal de giro y reflector)
- Juego de herramientas del operador
- Lona para el protector del conductor
- Espejos retrovisores laterales
- Cubiertas de cilindros de inclinación

### [Instrumentos e interruptores]

- Indicador de carga
- Indicador de aviso de presión de aceite del motor
- Indicador del combustible
- Indicador de sedimentador de combustible
- Indicador de incandescencia
- Contador de horas
- Parada del motor con llave de contacto
- Interruptor de seguridad de punto muerto
- Termómetro del agua

## ACCESORIOS DE CARGA OPCIONALES

- Longitud de horquilla alternativa
- Abrazadera de fardos
- Pinza para cartones (a solicitud)
- Brazo de grúa (a solicitud)
- Pinza para objetos cilíndricos (a solicitud)
- Pinza de horquilla (a solicitud)
- Manguito de extensión de horquilla
- Posicionador de horquilla (tipo hidráulico)
- Posicionador de horquilla (tipo manual)
- Respaldo de carga alto y ancho
- Horquilla abisagrada, cuchara
- Empujador-arrastrador de carga (a solicitud)
- Estabilizador de carga (a solicitud)
- Ariete
- Abrazadera de fardos giratoria
- Horquilla giratoria (tipo enganchable, integral)
- Abrazadera giratoria de rollos de papel (tipo enganchable, integral)
- Cambiador lateral
- Gancho "Sleeve-in" (a solicitud)
- Carro de horquilla tipo ancho
- Mástil de 2 etapas completamente libre y de visión amplia (VFM)
- Mástil de 3 etapas completamente libre y de visión amplia (VFHM)

## EQUIPOS Y ACCESORIOS OPCIONALES

### [Equipo]

- Acondicionador de aire (cabina de acero) (SCBAC)
- Módulo de válvula hidráulica auxiliar
- Sistema central de engrase (CL)
- Neumático de color (blanco, verde) (TUW-G)
- Filtro de aire de doble elemento (ADE)
- Prefiltro de aire del motor (CAKB)
- Silenciador catalítico purificador de gas de escape (EPM)
- Ruedas motrices dobles (DD/SDD)
- Calefactor (HR)
- Calentador y descongelador (cabina de acero) (DEF)
- Protector sobre la cabeza de perfil alto (2.400 mm) (HGH)
- Refrigerador de aceite hidráulico (CRH)
- Protector sobre la cabeza de perfil bajo (2.130 mm) (HGL)
- Sistema de escape elevado (TUE)
- Radiador de aletas (RAD PF)
- Pantalla contra el polvo del radiador (malla fina, media) (DSR)
- Dirección asistida tipo semiintegral
- Silenciador reductor de humo/parachispas (CBM)
- Neumáticos sólidos (neumáticos Unique con amortiguación) (SE)
- Cabina de acero (SCB001)
- Parabrisas con limpiaparabrisas (AW071)

### [Accesorios]

- Pintura personalizada
- Extintor de incendios (FE)
- Luz de trabajo trasera (RWL)
- Luz de aviso de giro (Rotativa) (RLY/RLR)
- Cubierta de cilindro de dirección (PSB) (Esto se aplica solamente a la dirección asistida tipo semiintegral.)
- Cubiertas de cilindros de inclinación (TLB)

### [Instrumentos e interruptores]

- Indicador de aviso de obstrucción del filtro de aire
- Amperímetro (AM)
- Monitor O.K. (OKM) (nivel del electrolito de la batería, nivel de refrigerante, freno de estacionamiento, filtro de aire)
- Velocímetro (SM)
- Indicador de presión de aceite del convertidor de par (TPM)
- Indicador de temperatura de aceite del convertidor de par (TTM) (transmisión de cambio automático)

Otros previa petición

## NOTAS : ● Cumple con los códigos y normas industriales principales siguientes:

- Carretillas elevadoras con contrapeso, pruebas de estabilidad y seguridad ISO 1074 (Internacional)
- Carretillas elevadoras industriales JIS D6001 (Japón)
- Carretillas elevadoras bajas y altas ANSI B56.1 (EE.UU.)

- El protector del conductor cumple con la norma ISO 6055, JIS 6021

## ANEXO 7: COSTO ACARREAR INVENTARIO

### F.M.S.B. SANTA BÁRBARA E.P. COSTOS ACARREAR INVENTARIO EN BODEGA POR MUNICIÓN

#### MANO OBRA DIRECTA

	Cantidad	Tiempo (min)	Costo/min	
PERSONAL OPERATIVO	4	0,00133333	0,0657	0,0003504

#### MATERIALES INDIRECTOS

	Unidad	Cantidad	V. unitario	V. Total
Guantes de punto blanco	Par	0,0001	1,2	0,0001
Mascarillas desechables	Und.	0,00005	1,39	0,0001
Guantes de cuero corto	Gl	0,0000165	2,17	0,00004
Casco de polietileno	Und.	0,00011111	12	0,001333333
Cinturón de protección	Und.	0,00011111	18,66	0,002073333

#### COSTOS DE OPORTUNIDAD

Montacargas munición calibre 9 milímetros	0,007565
Montacargas munición calibre 5,56 milímetros	0,00840535
Municiones calibre 9 milímetros	0,00524242
Municiones calibre 5,56 milímetros	0,00680833

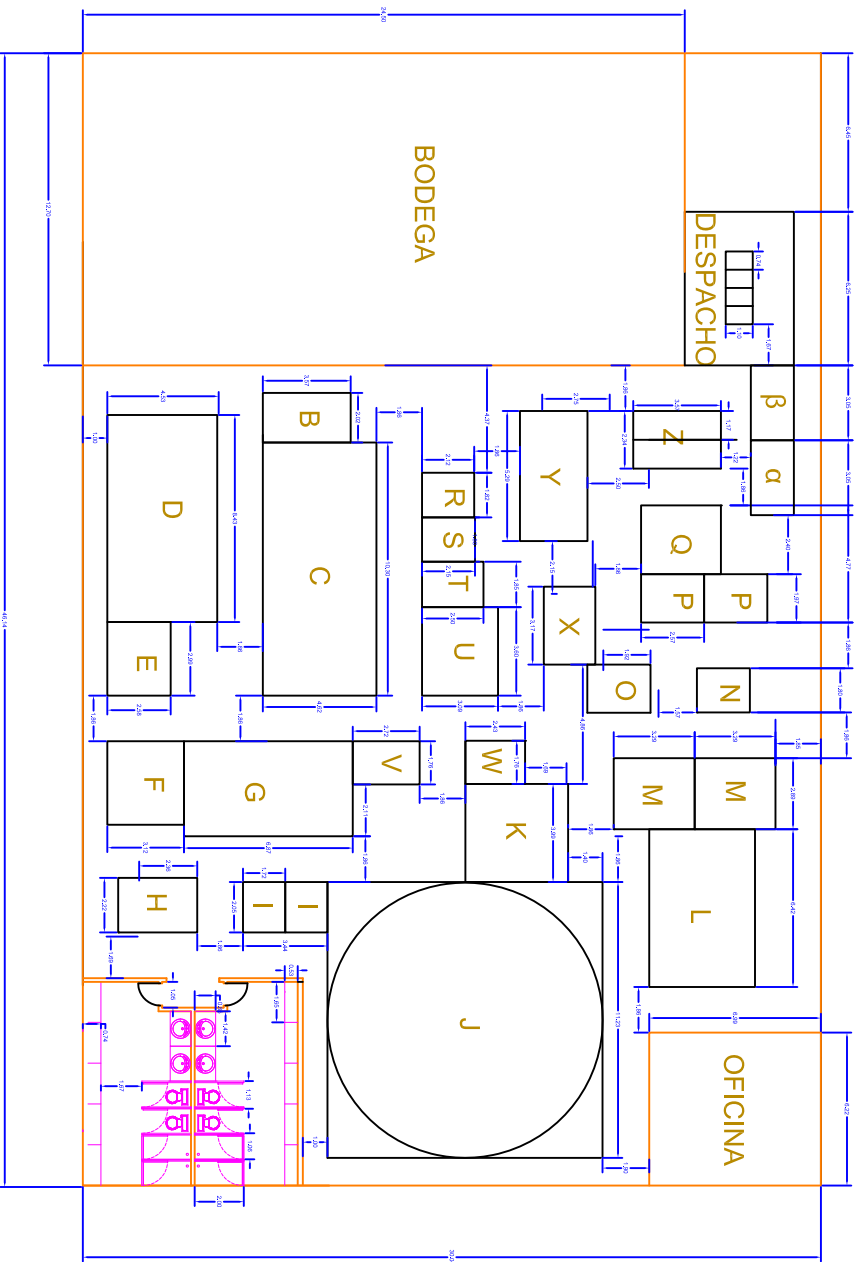
	9 milímetros	5,56 milímetros
<b>COSTO MANO DE OBRA DIRECTA</b>	0,0036425	0,00364247
<b>COSTO MATERIALES INDIRECTOS</b>	0,00038872	0,00038872
<b>COSTO OPORTUNIDAD</b>	0,021213	0,014373
	<b>TOTAL</b>	
	0,0252	0,0184
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS 20%</b>	0,005	0,004
<b>COSTO DE ACARREAR INVENTARIO</b>	0,030	0,022

### ANEXO 8: CÁLCULO ÁREAS REQUERIDAS EN EL TALLER DE MUNICIONES

Estación	Actividad	Nodo	Máquinas	Personas	Dimensiones de las máquinas (centímetros)		Área máquinas	Dimensiones máquinas con área de seguridad (metros)		Posición trabajo	Área requerida por personal	Área total requerida (metros cuadrados)	Holgura del pasillo del 40%	Área total requerida (metros cuadrados)	Área por estación
					Largo	Ancho		Largo	Ancho						
1	Dosificación máquinas	A	0	1			214,89			Parado		214,89	85,96	300,85	408,03
	Estirado	B	1	1	245	90,5	3,355	3,57	2,02	Parado	3,87	12,82	5,13	17,95	
	Recocado	C	1	1	940	350	12,9	10,52	4,62	Parado	35,70	63,74	25,49	89,23	
2	Decapado	D	1	1	731	362	10,93	8,43	4,74	Parado	29,02	53,12	21,25	74,37	92,99
	Corte exceso	E	1	1	146	80,5	2,265	2,58	2,99	Parado	5,46	13,30	5,32	18,62	
3	Moleteado	R	1	1	100	70	1,7	2,12	1,82	Parado	2,16	7,80	3,12	10,91	10,91
4	Control dimensional	S	1	1	110	75	1,85	2,25	1,90	Sentado	2,40	8,39	3,36	11,75	11,75
5	Control pesaje	T	1	1	145	80	2,25	2,60	1,95	Sentado	2,80	9,59	3,83	13,42	13,42
6	Fabricación bala	U	1	2	141	90	2,31	3,60	3,09	Parado	8,81	17,81	7,12	24,93	24,93
7	Prensado	F	1	1	228	93	3,21	3,40	3,12	Parado	7,39	17,12	6,85	23,97	89,19
	Normalizado	G	1	1	575	275	8,5	6,87	3,87	Parado	18,08	37,32	14,93	52,25	
	Calibrado alambre	V	1	1	160	64	2,24	2,72	1,76	Parado	2,55	9,26	3,71	12,97	
8	Conificado	H	1	1	210	110	3,2	3,22	2,22	Parado	3,95	12,59	5,03	17,62	17,62
9	Taladrado	I	2	1	93	110	3,2	3,22	2,22	Parado	3,95	12,59	5,03	17,09	188,79
	Enjuague	J	1	1	900	900	18	10,12	10,12	Parado	84,41	122,65	49,06	171,70	
10	Abrillantado	K	1	1	306	287	5,93	4,18	3,99	Parado	10,74	24,84	9,94	34,78	46,63
	Prensado del núcleo	W	1	1	131	64	1,95	2,43	1,76	Parado	2,33	8,46	3,39	11,85	
11	Secado	L	1	1	537	325	8,62	6,52	4,40	Sentado	20,01	39,54	15,82	55,36	88,58
	Ranulado	M	2	2	110	70	3,6	4,39	3,59	Parado	12,15	23,73	9,49	33,22	
12	Control dimensional	N	1	1	110	75	1,85	2,25	1,90	Sentado	2,40	8,39	3,36	11,75	11,75
13	Recocado	O	1	1	145	84	2,29	2,57	1,96	Parado	2,75	9,56	3,83	13,39	30,64
	Pulir	X	1	1	205	105	3,1	3,17	2,20	Parado	3,86	12,32	4,93	17,25	
14	Inserción fulminantes	P	2	1	145	85	4,6	2,57	1,97	Parado	0,46	9,60	3,84	13,44	13,44
15	Inspección visual	Q	1	2	120	75	1,95	3,44	2,99	Sentado	8,34	16,72	6,69	23,40	23,40
16	Carga de cartuchos	Y	1	2	310	70	3,8	5,29	2,94	Parado	11,75	23,78	9,51	33,29	107,67
17	Control de calidad	Z	2	2	323	117	8,8	8,70	4,84	Sentado	24,59	53,13	21,25	74,38	
18	Empaque en colmena	α	1	1	200	70	2,7	3,15	1,85	Sentado	3,10	10,79	4,32	15,11	78,67
	Sellado y vaciado	β	1	1	200	70	2,7	3,15	1,85	Sentado	3,10	10,79	4,32	15,11	
	Recopilación	γ	0	3			19,53	3,34	3,34	Parado	8,41	34,61	13,84	48,45	
<b>Área total (metros cuadrados)</b>															<b>1258,43</b>

## ANEXO 9: CÁLCULO DE CARGAS UNITARIAS ALMACENADAS EN LA BODEGA GENERAL Y POLVORÍN

Periodo	Inventario de municiones		Producción municiones		Tipo	Munición Calibre 5,56 mm	Munición Calibre 9 mm	Pólvora 9mm y 5,56 mm	Vainas 9 mm	Balas 9 mm	Vainas 5,56 mm	Balas 5,56 mm	Ácido Sulfúrico	Jabón Escamas	Núcleo Plomo 5,56 mm	Núcleo Acero	Fulminante	Caja y colmena 9 mm	Caja 5,56 mm	Carga unitaria taller armas y repuestos	Inventario Agregado	Unidades por carga unitaria (pallet)	Máximo nivel de inventario agregado		
	9 mm	5,56 mm	9 mm	5,56 mm																				Bodega	Polvorín
1	-	-	-	-	Cargas unitarias = Unidades / Unidades por carga unitaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	37	6
2	-	-	-	-		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	Suma de los niveles individuales inventario
3	-	-	-	-		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	
4	-	-	384.620	290.000		0	0	2	3	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	2	
5	-	-	-	833.000		0	0	2	8	0	9	4	2	1	2	2	3	0	2	1	1	34	2	40	6
6	-	-	562.638	377.000		0	0	2	4	5	4	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	24	2	Nivel de inventario promedio	
7	-	-	15.040	-		0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	1			
8	-	-	30.000	109.450		0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	1			
9	-	109.449	27.000	890.550		4	0	2	8	1	9	4	2	1	3	2	3	1	2	1	37	6	1,4	0,5	
10	-	-	-	899.772		0	0	2	8	0	9	4	2	1	3	2	3	0	2	1	35	2	Mínimo del nivel de inventario agregado		
11	-	-	-	600.000		0	0	2	6	0	6	3	1	1	2	1	3	0	1	1	25	2			
12	-	-	-	-		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		0	
Máximo					4	0	2	8	5	9	4	2	1	3	2	3	1	2	1	37	6	1	0		



Número	Actividad	Notodo
1	Dosificación máquinas	A
Fabricación vaina		
2	Estrado	B
3	Recocido	C
4	Decapado	D
5	Corte exceso	E
6	Prensado	F
7	Normalizado	G
8	Confiteado	H
9	Taladrado	I
10	Enjuague	J
11	Abillanado	K
12	Secado	L
13	Ranulado	M
14	Control dimensional	N
15	Recocido	O
16	Inspección fulminantes	P
17	Inspección visual	Q
Fabricación bala		
18	Moleteado	R
19	Control dimensional	S
20	Control pasaje	T
21	Fabricación bala	U
22	Calibrado alambre	V
23	Pensado del núcleo	W
24	Pulir	X
Carga y ensamble		
25	Carga de cartuchos	Y
26	Control de calidad	Z
27	Empaque en colmena	a
28	Sellado y vaciado	β
29	Recopilación	γ

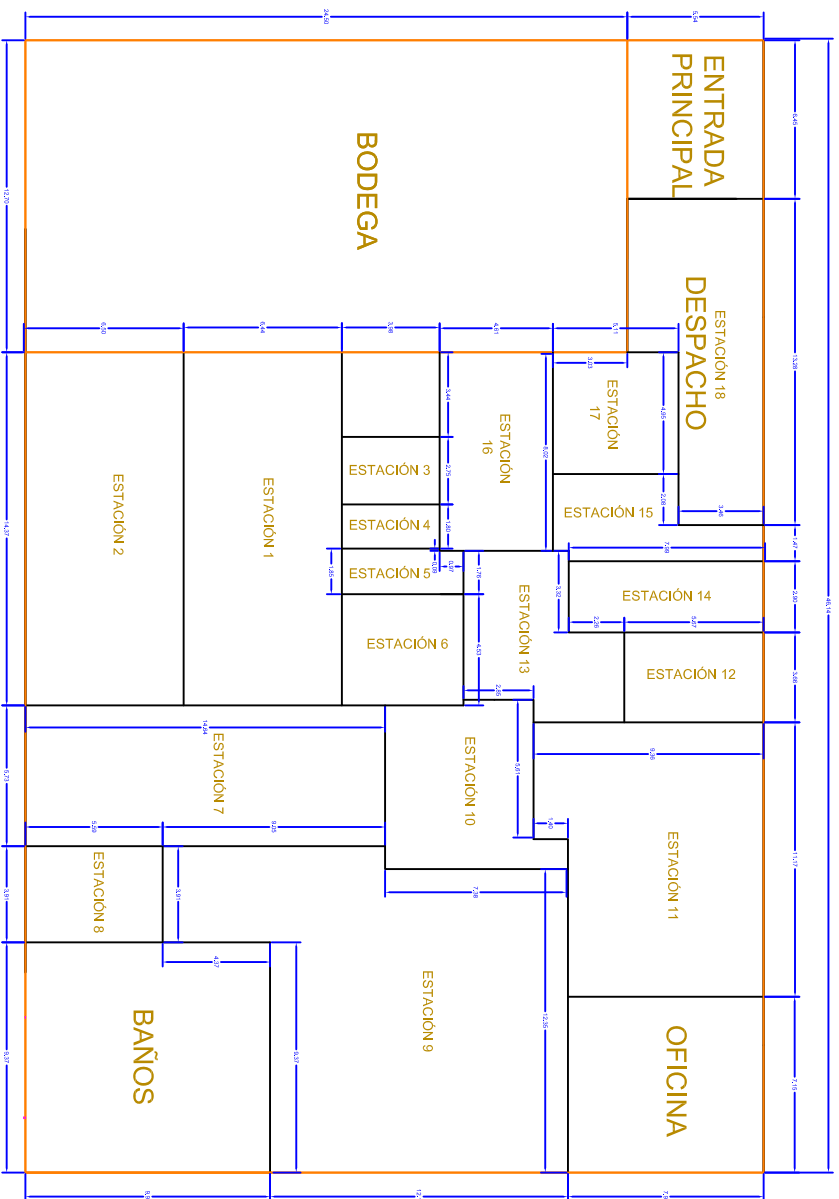
SANTA BARBARA E.P. - TALLER DE MUNICIONES - MÁQUINAS

UBICACIÓN: AV.GRAL.RUMIÑAHUI 3976 (TTOA LA ESPER) - QUITO

ESCALA: 1:200

REALIZADO POR:  
MARCO CUVERO

ANEXO N°: 10



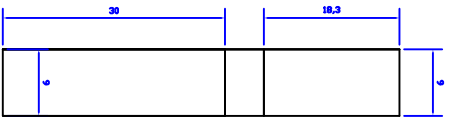
SANTA BARBARA E.P. - TALLER DE MUNICIONES - ESTACIONES

UBICACIÓN: AV.GRAL.RUMINAHUI 3976 (UTOA LA ESPER) - QUITO  
 ESCALA: 1:200

REALIZADO POR:  
 MARCO CUVERO

ANEXO N°: 11

Número	Actividad	Nodo
1	Dosificación máquinas	A
Fabricación vaina		
2	Estrado	B
3	Recoido	C
4	Decapado	D
5	Corte exceso	E
6	Prensado	F
7	Normalizado	G
8	Conflicado	H
9	Taladrado	I
10	Enjuague	J
11	Avilantado	K
12	Secado	L
13	Ranurado	M
14	Control dimensional	N
15	Recoido	O
16	Insertión fulminantes	P
17	Inspección visual	Q
Fabricación bala		
18	Moleteado	R
19	Control dimensional	S
20	Control pesaje	T
21	Fabricación bala	U
22	Calibrado alambre	V
23	Prensado del núcleo	W
24	Pulir	X
Cargay ensamble		
25	Carga de cartuchos	Y
26	Control de calidad	Z
27	Empaque en colmena	d
28	Sellado y vaciado	β
29	Recopilación	γ

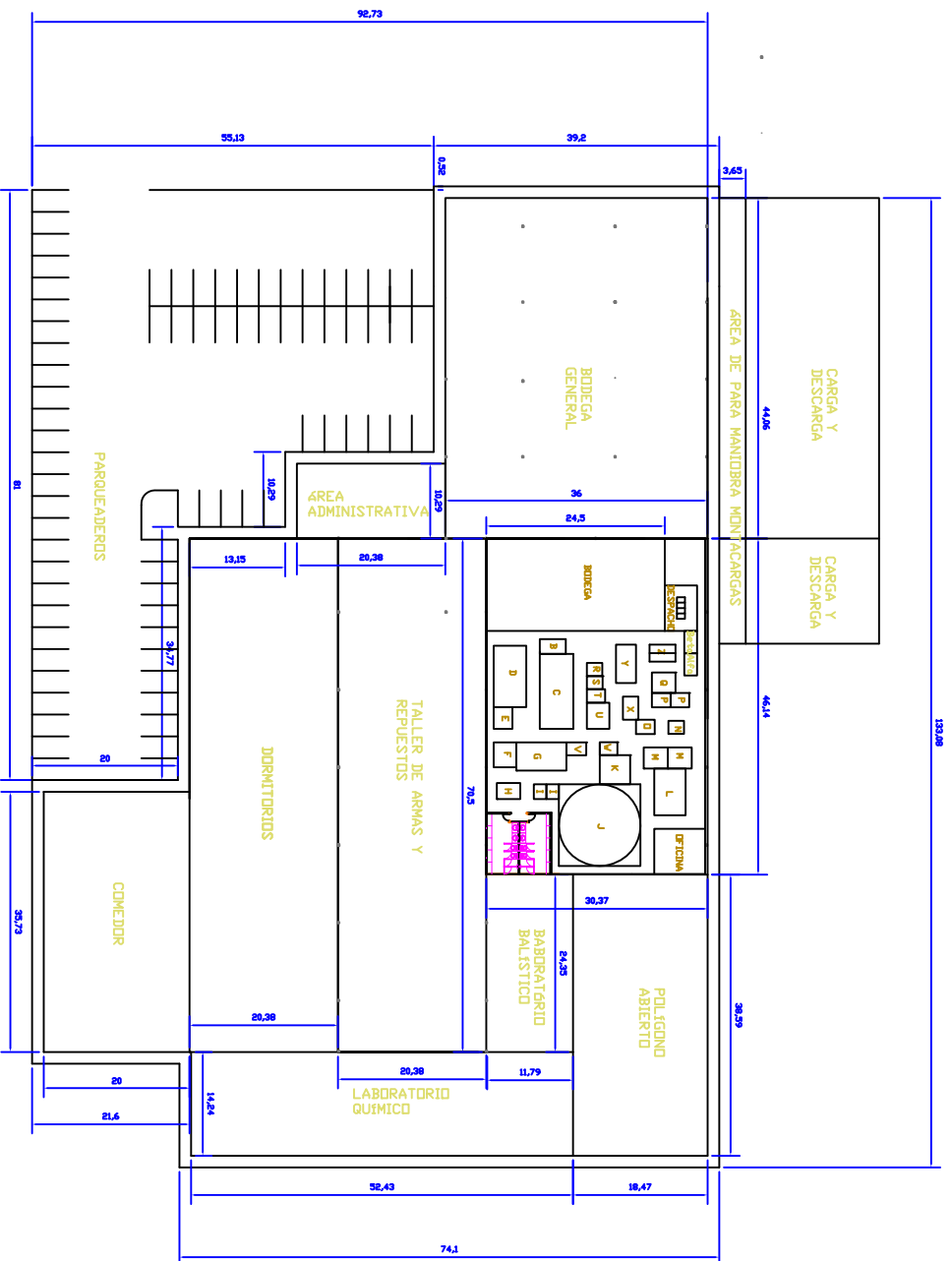


CARGA Y DESCARGA (3)

AREA DE PARA MANIDBRA MONTACARGAS

P.L.VORIN

DISTANCIA MINIMA 286 METROS DE EDIFICIOS HABITADOS



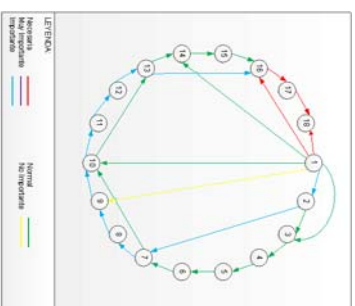
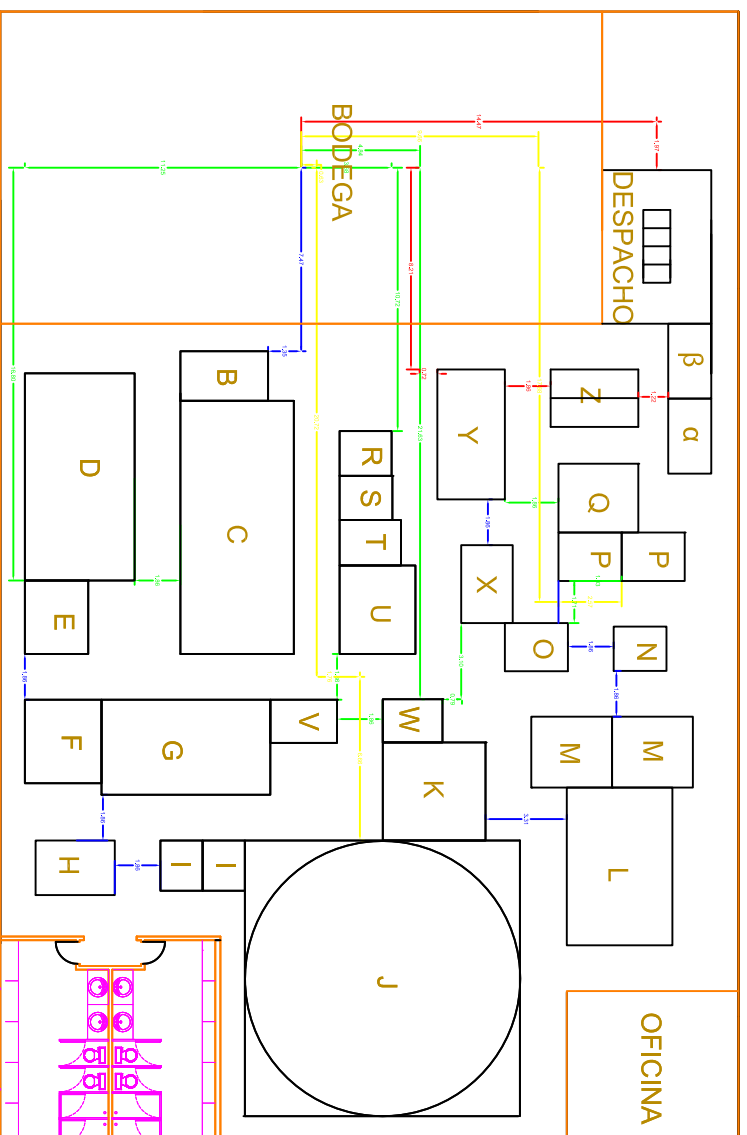
EMPRESA SANTA BARBARA E.P.

UBICACION: AV.GRAL.RUMINAHUI 3976 (J.TDA LA ESPER) - QUITO  
ESCALA: 1:500

REALIZADO POR:  
MARCOS OLIVERO

ANEXO N° 12





Número	Actividad	Nodo
1	Dosificación máquinas	A
Fabricación vaina		
2	Estirado	B
3	Recocido	C
4	Decapado	D
5	Corte exeso	E
6	Prensado	F
7	Normalizado	G
8	Confitado	H
9	Taladrado	I
10	Enjuague	J
11	Abrillando	K
12	Secado	L
13	Ranurado	M
14	Control dimensional	N
15	Recocido	O
16	Inspección luminantes	P
17	Inspección visual	Q
Fabricación bala		
18	Moleteado	R
19	Control dimensional	S
20	Control pasaje	T
21	Fabricación bala	U
22	Calibrado alambre	V
23	Prensado del núcleo	W
24	Pulir	X
Carga y ensamblaje		
25	Carga de cartuchos	Y
26	Control de calidad	Z
27	Empaque en colmena	d
28	Sellado y vacado	β
29	Recoplicación	γ

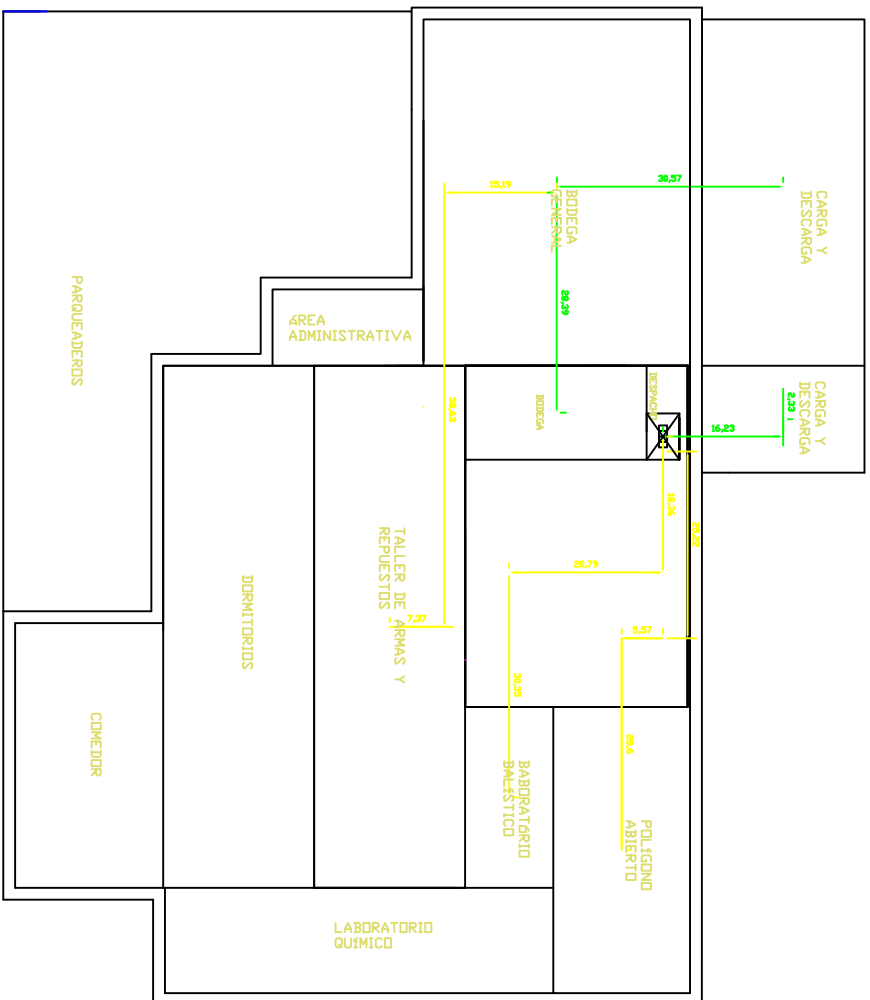
**DIAGRAMA ESPAGUETI - TALLER DE MUNICIONES**

UBICACION: AV. GRAL. RUMIÑAHUI 3976 (JTOA LA ESPE) - QUITO

ESCALA: 1:200

REALIZADO POR:  
MARCO CUVERO

ANEXO N° 13



CARGA Y DESCARGA (3)

POLVOREN  
 DISTANCIA MINIMA 286 METROS DE EDIFICIOS HABITADOS

LEYENDA

- Necesaria — Normal —
- Muy importante — Flujo de palets —
- Importante — Flujo de cajas —

DIAGRAMA DE ESPAQUETTI - EM SANTA BARBARA E.P.

UBICACION AVYRAL RUMINAHUI 3976 CTDA LA ESPER - QUITO  
 ESCALA: 1:500

## ANEXO 15: CÁLCULO TIEMPO LIBRE RESTANTE EN LA ESTACIÓN

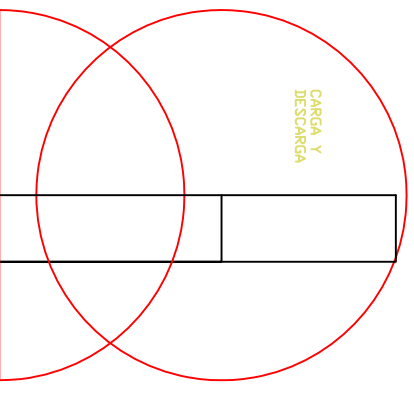
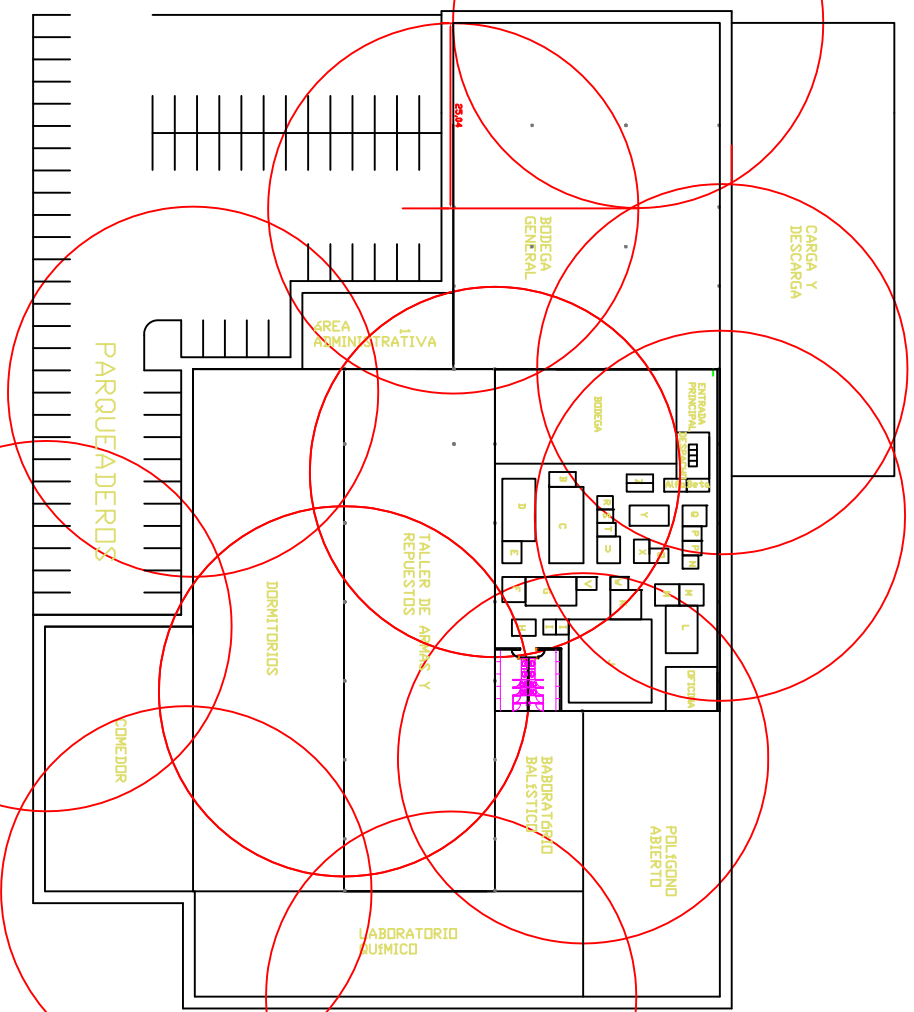
Taller Municiones (tiempo de transporte)	Bodega	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6	Estación 7	Estación 8	Estación 9	Estación 10	Estación 11	Estación 12	Estación 13	Estación 14	Estación 15	Estación 16	Estación 17	Estación 18	Tiempo máximo	Tiempo libre	Tiempo libre restante en estación
Bodega	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00		
Estación 1	42,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42,34	100,00	57,66
Estación 2	135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134,64	160,00	25,36
Estación 3	69,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69,12	660,00	590,88
Estación 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Estación 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Estación 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Estación 7	0	0	8,93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,93	20,00	11,07
Estación 8	0	0	0	0	0	0	0	8,93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,93	660,00	651,07
Estación 9	143	0	0	0	0	0	0	0	8,93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142,90	0,00	-142,90
Estación 10	127	0	0	0	0	0	0	8,93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127,06	160,00	32,94
Estación 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,9	0	0	0	0	0	0	0	0	11,91	0,00	-11,91
Estación 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,93	0	0	0	0	0	0	0	8,93	660,00	651,07
Estación 13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,7	0	8,93	0	0	0	0	0	0	12,72	0,00	-12,72
Estación 14	143	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,93	0	0	0	0	0	143,18	500,00	356,82
Estación 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	660,00	660,00
Estación 16	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,93	0	8,78	0	0	0	85,97	1000,00	914,03
Estación 17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,93	0	0	8,93	500,00	491,07
Estación 18	79,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,93	0	79,68	620,00	540,32





## ANEXO 17: DETERMINACIÓN DE NÚMERO DE EXTINTORES REQUERIDOS PARA EL LAYOUT PROPUESTO.

Áreas de la empresa Santa Bárbara E.P.	Riesgo de incendio	Tipo	Agente Extintor	Área del edificio (metros cuadrados)	Área cubierta por extintor (metros cuadrados)	Distancia Máxima de recorrido al extintor (metros)		Número de extintores requerido
						A	B	
Taller de repuestos	A,B,C	Alto	Polvo ABC (Polivalente)	1436,79	1045,13	22,88	15,25	2
Taller armas y municiones	A,B,C	Alto	Polvo ABC (Polivalente)	1401,27	1045,13	22,88	15,25	2
Bodega	A,B,C	Alto	Polvo ABC (Polivalente)	1586,13	1045,13	22,88	15,25	2
Laboratorio Químico	A,B,C	Bajo	Polvo ABC (Polivalente)	746,60	1045,13	22,88	15,25	1
Polvorín	A	Alto	Agua	270	1045,13	22,88	-	1
Laboratorio Balístico	ABC	Bajo	Polvo ABC (Polivalente)	287,09	1045,13	22,88	-	1
Polígono	A	Alto	Agua	712,76	1045,13	22,88	-	1
Dormitorios	A	Bajo	Polvo ABC (Polivalente)	1436,79	1045,13	22,88	-	2
Comedor	K	Alto	Polvo químico seco	714,60	-	-	9,15	1



DISTANCIA MINIMA 286 METROS DE EDIFICIOS HABITADOS

**LEYENDA:**  
 Área de cobertura del Gabinete



EM SANTA BARBARA E.P. - MEDIDAS UBICACION DE GABINETES

UBICACION AVIGRAL RUMINAHUI 3976 (JTDLA LA ESPER) - QUITO  
 ESCALA: 1:500

REVISOR POR  
 MARCO CORDERO

ANEXO N° 18

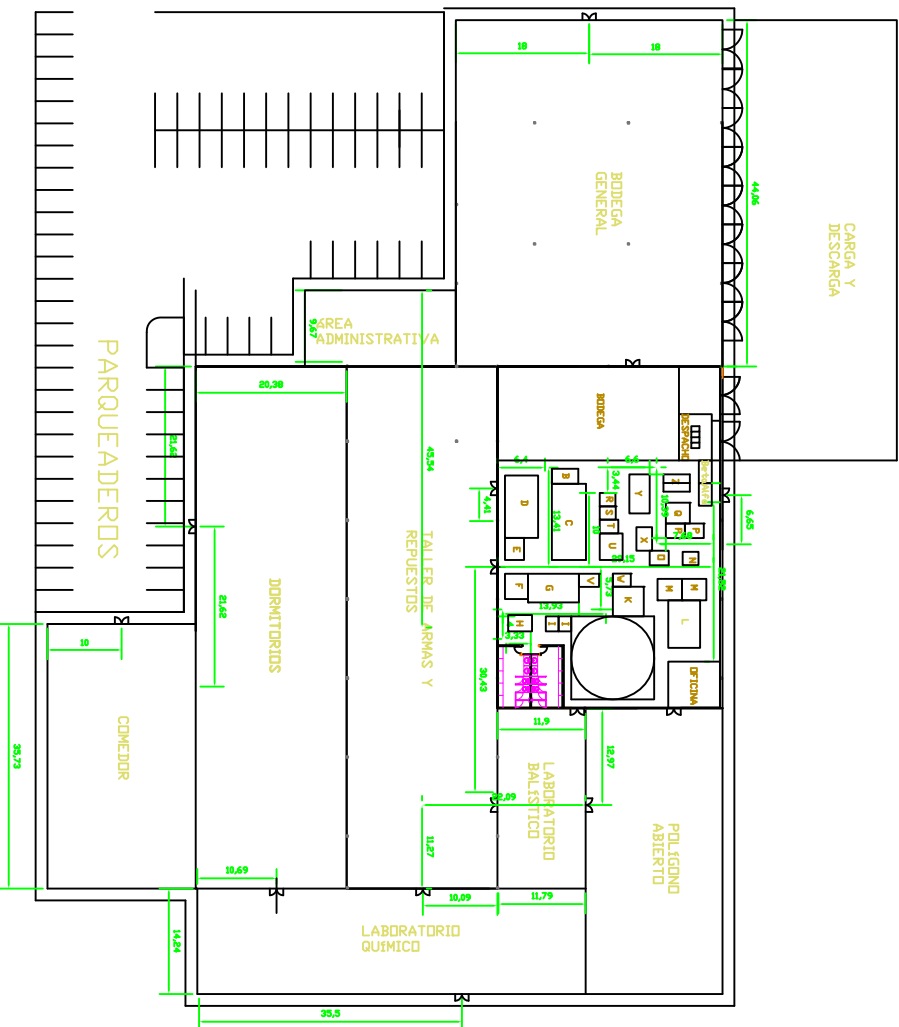
Número	Actividad	Nodo
1	Dosificación máquinas Fabricación vaina	A
2	Estrado	B
3	Recocido	C
4	Decapado	D
5	Corte exceso	E
6	Prensado	F
7	Normalizado	G
8	Confiteado	H
9	Taladrado	I
10	Enlague	J
11	Abrillanado	K
12	Secado	L
13	Ranurado	M
14	Control dimensional	N
15	Recocido	O
16	Insersion fulminantes	P
17	Inspección visual Fabricación bala	Q
18	Moleteado	R
19	Control dimensional	S
20	Control pesaje	T
21	Fabricación bala	U
22	Calibrado alambre	V
23	Prensado del núcleo Pulir	W
24	Carga y ensamble	X
25	Carga de cartuchos	Y
26	Control de calidad	Z
27	Empaque en colmena	a
28	Sellado yacitado	β
29	Recopilación	γ

CARGA Y  
DESCARGA (3)

AREA DE PARA MANIDBRA MONTACARGAS

PULVORIN

DISTANCIA MINIMA 296  
METROS DE EDIFICIOS  
HABITADOS



EMPRESA SANTA BARBARA E.P. - VIAS DE EVACUACION

UBICACION: AV. GENERAL RUMINAHUI 3976 (J. T. LA ESPER) - QUITO  
ESCALA: 1:500

REALIZADO POR: MARCO OLIVERO

ANEXO N° 19



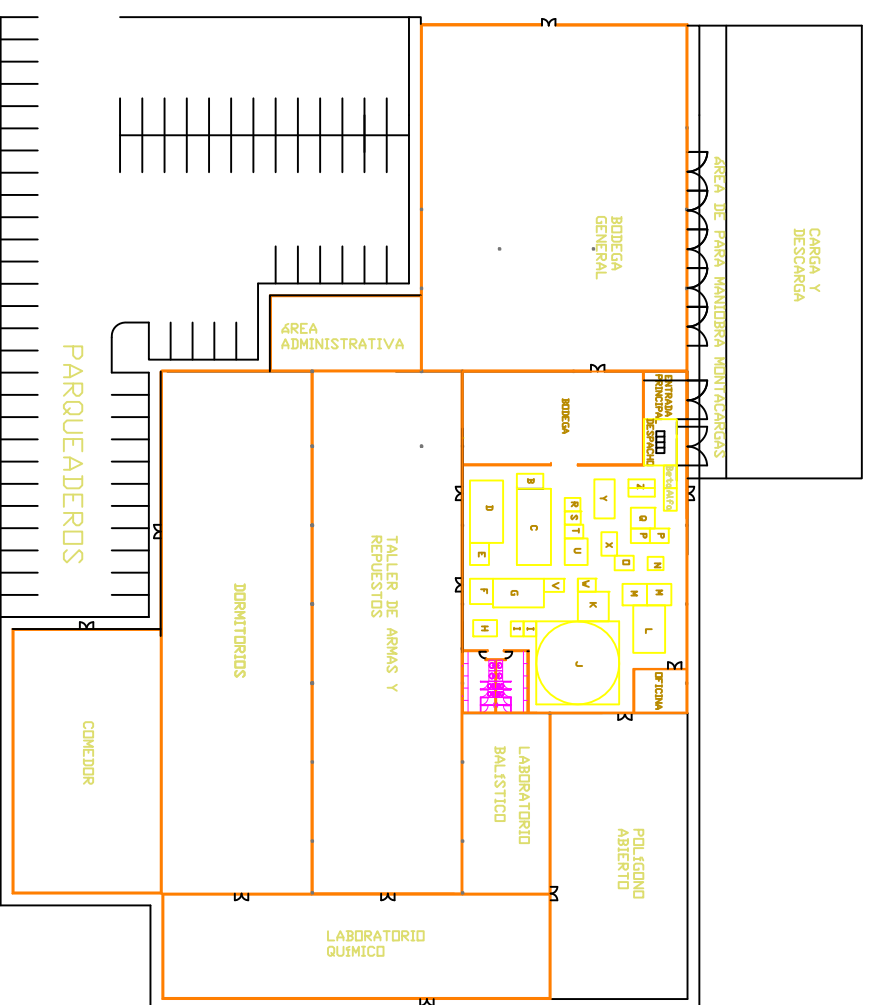
Número	Actividad	Noto
1	Dosificación máquinas Fabricación vaina	A
2	Estirado	B
3	Recocido	C
4	Decapado	D
5	Corte exceso	E
6	Prensado	F
7	Normalizado	G
8	Conificado	H
9	Taladrado	I
10	Enjuague	J
11	Abrillandado	K
12	Secado	L
13	Ranulado	M
14	Control dimensional	N
15	Recocido	O
16	Inserción fulminantes	P
17	Inspección visual Fabricación bala	Q
18	Moleteado	R
19	Control dimensional	S
20	Control pesaje	T
21	Fabricación bala	U
22	Calibrado alambre	V
23	Prensado del núcleo Pulir	W
24	Carga y ensamble	X
25	Carga de cartuchos	Y
26	Control de calidad	Z
27	Empaque en columna	a
28	Sellado y vaciado	b
29	Recopilación	y

CARGA Y  
DESCARGA (3)

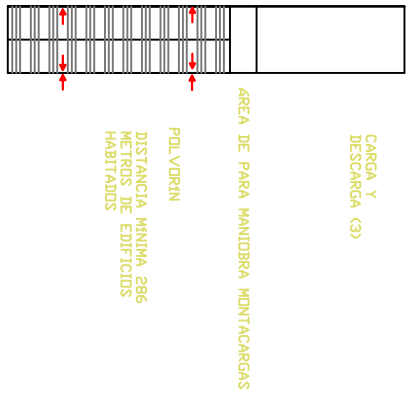
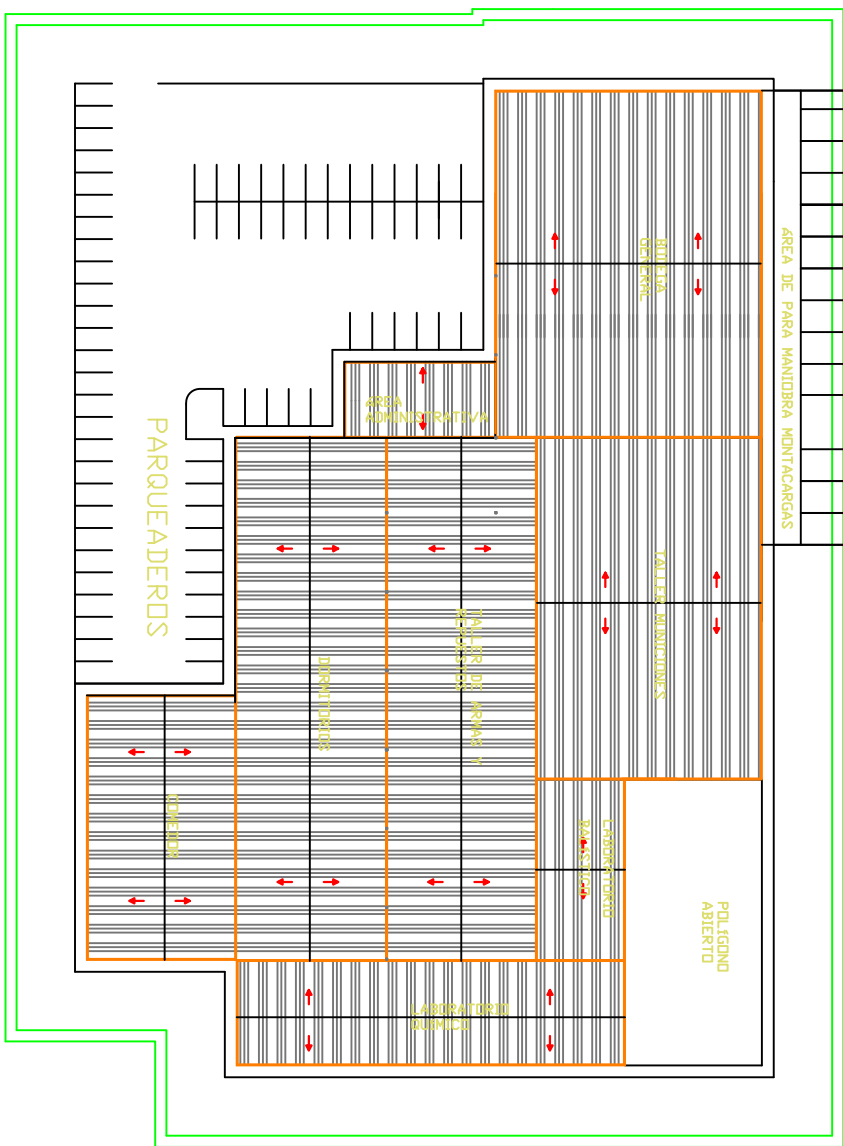
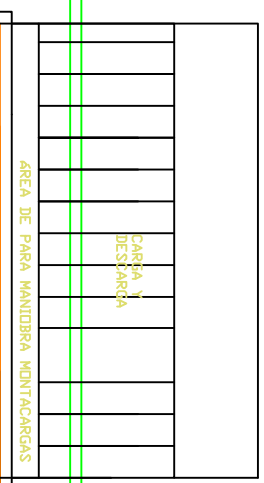
AREA DE PARA MANIDBRÁ MONTACARGAS

POL.VIBRN

DISTANCIA MINIMA 286  
METROS DE EDIFICIOS  
HABITADOS



EMPRESA SANTA BARBARA E.P. DISTRIBUCION GENERAL
UBICACION: AV.GRAL.RUMINAHUI 3976 (JTD LA ESPE) - QUITO ESCALA: 1500
REALIZADO POR: MARCO OLIVERO
ANEJO N° 20



EMPRESA SANTA BARBARA E.P. - PLANTA DE CUBIERTAS

UBICACION: AV. GAL. RUMINAHUI 3976 (JTD) LA ESPER - QUITO  
ESCALA: 1:500

REALIZADO POR:  
MARCO OLIVERO

ANEXO N° 21