

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Carrera de Ingeniería Industrial



PROPUESTA DE MEJORA EN LAS LÍNEAS DE CASQUILLOS Y BALAS DE 9MM EN LA PLANTA DE FABRICACIÓN DE LA EMPRESA FAME S.A.C.

Trabajo de investigación para optar el título profesional de ingeniero industrial

Wendy Del Carmen Gamboa Soto

Código 20110487

César Augusto Vásquez Valencia

Código 20112447


Asesor

Guillermo Arturo Davies Oré

Lima – Perú

Diciembre del 2018





**PROPUESTA DE MEJORA EN LAS LÍNEAS
DE CASQUILLOS Y BALAS DE 9MM EN LA
PLANTA DE FABRICACIÓN DE LA
EMPRESA FAME S.A.C.**

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	1
EXECUTIVE SUMMARY	2
CAPÍTULO I: CONSIDERACIONES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Antecedentes de la empresa.....	3
1.1.1. Breve descripción de la empresa y reseña histórica	4
1.1.2. Descripción de los productos ofrecidos	5
1.1.3. Descripción del mercado objetivo de la empresa	5
1.1.4. Organización y estructura organizacional	5
1.1.5. Visión, misión y objetivos organizacionales	8
1.2. Objetivos de la investigación.....	9
1.3. Justificación de la investigación	9
1.4. Hipótesis de trabajo	10
1.5. Marco referencial de la investigación	10
CAPÍTULO II: ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA EMPRESA Y SELECCIÓN DEL SISTEMA A SER MEJORADO	11
2.1. Análisis del marco global	11
2.2. Análisis de las fuerzas competitivas.....	13
2.3. Breve descripción de los principales procesos	15
2.3.1 Identificación de los procesos más importantes	15
2.3.2 Selección del sistema a mejorar.....	24
2.3.3 Determinación y descripción del proceso	27
2.3.4 Diagrama del proceso.....	29
2.4. Identificación de los principales indicadores de gestión	35
2.5. Identificación de los problemas principales	41
CAPÍTULO III: DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA OBJETO DE ESTUDIO..	44
3.1. Determinación de las causas raíces de los problemas seleccionados.....	44
3.2. Diagnóstico de los problemas principales	46
3.2.1. Planificación del diagnóstico.....	46
3.2.2. Análisis de los indicadores	48
3.2.3. Aplicación de los métodos de diagnóstico	49

CAPÍTULO IV: DETERMINACIÓN DE LA SOLUCIÓN PARA LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS	52
4.1. Análisis FODA.....	52
4.1.1. Factores FODA.....	52
4.1.2. Determinación de estrategias.....	54
4.1.3. Definición de los objetivos y metas de mejora.....	55
4.2. Determinación de las alternativas de solución para cada problema encontrado	56
4.3. Evaluación y selección de la mejor alternativa.....	57
4.3.1. Determinación y ponderación de criterios y evaluación de las alternativas .	57
4.3.2. Evaluación cualitativa y cuantitativa de las alternativas de solución	58
4.4. Evaluación del alcance y limitaciones de la solución propuesta	60
CAPÍTULO V: IMPLEMENTACIÓN DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS	61
5.1. Descripción detallada de cada una de las propuestas de solución	61
5.2 Identificación de las actividades necesarias para la implementación de la solución	123
5.3 Presupuesto general para la implementación de la solución	124
5.4 Cronograma de implementación	126
5.5 Propuesta de mecanismos y/o indicadores de gestión para garantizar la continuidad de la mejora.....	127
CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA Y BENEFICIOS ESPERADOS.....	130
6.1 Evaluación cualitativa de la solución propuesta	130
6.2 Determinación de escenarios para la solución propuesta	131
6.3 Estimación de resultados de la implementación	132
6.4 Análisis económico de la solución.....	133
6.5 Impacto de la solución propuesta.....	136
6.5.1 Impacto social.....	136
6.5.2 Impacto ambiental.....	136
CONCLUSIONES.....	137
RECOMENDACIONES	138
REFERENCIAS	139
BIBLIOGRAFÍA	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Línea de productos.....	5
Tabla 1.2 VAN y TIR obtenidos del estudio	10
Tabla 2.1 Indicadores macroeconómicos por país dentro del continente americano en el 2017.....	14
Tabla 2.2 Matriz de enfrentamiento de factores	24
Tabla 2.3 Información para colocar la calificación a cada planta en el ranking de factores.....	24
Tabla 2.4 Rangos para la calificación de cada planta para utilización de la planta	25
Tabla 2.5 Rangos para la calificación de cada planta para cumplimiento de órdenes de producción	25
Tabla 2.6 Rangos para la calificación de cada planta para eficiencia	25
Tabla 2.7 Ranking de factores para la selección del sistema.....	26
Tabla 2.8 DAP fabricación de casquillos 9 mm.....	31
Tabla 2.9 DAP fabricación de balas 9 mm	32
Tabla 2.10 Eficacia y eficiencia de las líneas de casquillos y balas de calibre 9mm....	35
Tabla 2.11 Productividad Parcial de cada máquina de las líneas de casquillos y balas de calibre 9mm	35
Tabla 2.12 Número de paradas en un mes por tipo de parada para cada máquina de las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación	36
Tabla 2.13 Total de las horas perdidas en un mes por tipo de parada para cada máquina de las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación	38
Tabla 2.14 Participación de utillajes defectuosos y total de utillajes consumidos por máquina en las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación	40
Tabla 2.15 Principales paradas en las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación.....	41
Tabla 2.16 Principales paradas en las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación según el promedio de las horas perdidas	43
Tabla 3.1 Cronograma del diagnóstico.....	46
Tabla 3.2 Análisis de indicadores	48
Tabla 4.1 Relación de las alternativas de solución con las causas raíces	56

Tabla 4.2 Matriz de enfrentamiento para selección de las alternativas de la solución .	58
Tabla 4.3 Información de las alternativas de solución	58
Tabla 4.4 Rangos para el costo de implementación	58
Tabla 4.5 Rangos para la duración de la implementación	59
Tabla 4.6 Rangos para la eliminación de utillajes defectuosos	59
Tabla 4.7 Ranking de factores	59
Tabla 5.1 DAP del producto punzón	66
Tabla 5.2 Distribución de operarios en la Planta de Utillajes	69
Tabla 5.3 Identificación de áreas actual	69
Tabla 5.4 Análisis Matricial de la situación actual de la Planta de Utillajes	72
Tabla 5.5 Lista de máquinas a ser removidas de la Planta de Utillajes	73
Tabla 5.6 Lista de máquinas por reparar de la Planta de Utillajes	73
Tabla 5.7 Lista de máquinas a reubicar dentro de la Planta de Utillajes	74
Tabla 5.8 Lista de herramientas necesarias para el trabajo de los operarios	74
Tabla 5.9 Elementos de protección personal a adquirir	75
Tabla 5.10 Lista de máquinas necesarias en el área de maquinado	76
Tabla 5.11 Diferencia entre área mínima requerida y el área disponible	78
Tabla 5.12 Método Guerchet para elementos estáticos del Área de maquinado	79
Tabla 5.13 Método Guerchet para elementos móviles del Área de maquinado	80
Tabla 5.14 Lista de máquinas necesarias para el área de tratamiento térmico	81
Tabla 5.15 Diferencia entre área mínima requerida y el área disponible	81
Tabla 5.16 Método Guerchet para elementos estáticos del Área de tratamiento térmico	82
Tabla 5.17 Método Guerchet para elementos móviles del Área de tratamiento térmico	82
Tabla 5.18 Lista de máquinas necesarias en el área de rectificado	83
Tabla 5.19 Diferencia entre área mínima requerida y el área disponible	84
Tabla 5.20 Método Guerchet para elementos estáticos del Área de rectificado	85
Tabla 5.21 Método Guerchet para elementos móviles del Área de rectificado	86
Tabla 5.22 Lista de máquinas necesarias en el área de pulido	87
Tabla 5.23 Diferencia entre área mínima requerida y el área disponible	87
Tabla 5.24 Método Guerchet para elementos estáticos del Área de Pulido	88
Tabla 5.25 Método Guerchet para elementos móviles del Área de Pulido	88
Tabla 5.26 Diferencia entre área mínima requerida y el área disponible	90

Tabla 5.27 Diferencia entre área mínima requerida y el área disponible	90
Tabla 5.28 Parihuela y accesorios	91
Tabla 5.29 Cálculo de número de casilleros por tipo de acero para el rack de materias primas	92
Tabla 5.30 Método Guerchet para el Área Común	101
Tabla 5.31 Requerimiento de cada área.....	101
Tabla 5.32 Tabla Relacional	102
Tabla 5.33 Determinación de superficies equivalentes	104
Tabla 5.34 Carta de recorrido para enfoque gráfico simple de la propuesta.....	109
Tabla 5.35 Nuevo DAP de las barras de acero	111
Tabla 5.36 Nuevo DAP de punzones desde el almacén de tochos.....	112
Tabla 5.37 Identificación de áreas nueva	115
Tabla 5.38 Nuevo análisis matricial: Matriz cantidad, Matriz distancia y Matriz de esfuerzos	118
Tabla 5.39 Número de operarios para el plan de producción de la Planta de Fabricación del 2019 antes y después de la mejora	119
Tabla 5.40 Preguntas para Radar 5 “S”	121
Tabla 5.41 Puntuación para Radar 5 “S”	122
Tabla 5.42 Lista de actividades necesarias	123
Tabla 5.43 Presupuesto general para la solución	124
Tabla 5.44 Plan de Calidad	128
Tabla 6.1 Ventajas y desventajas de la solución propuesta	130
Tabla 6.2 Proyecciones bajo el escenario actual.....	132
Tabla 6.3 Escenario pesimista donde los utillajes rinden 80%	132
Tabla 6.4 Escenario conservador donde los utillajes rinden 90%	132
Tabla 6.5 Escenario optimista donde los utillajes rinden 100%	133
Tabla 6.6 Flujo económico del escenario pesimista.....	134
Tabla 6.7 Flujo económico del escenario conservador	134
Tabla 6.8 Flujo económico del escenario optimista.....	135
Tabla 6.9 Flujo económico consolidado	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación de FAME S.A.C.....	4
Figura 1.2 Organigrama de FAME S.A.C.	7
Figura 2.1 Mapa de identificación de plantas	16
Figura 2.2 Diagrama de Gozinto.....	17
Figura 2.3 Proceso de fabricación de las barras de latón 70/30.....	18
Figura 2.4 DOP de fabricación de barras de latón Zn70/Cu30.....	19
Figura 2.5 DOP de fabricación de núcleo de plomo	20
Figura 2.6 DOP fabricación de municiones 9 mm.....	22
Figura 2.7 DOP Producción de punzones.....	23
Figura 2.8 Histórico y proyecciones de ventas de munición de 9 mm y 7 mm.....	27
Figura 2.9 DOP fabricación de casquillos 9 mm	29
Figura 2.10 DOP fabricación de balas 9 mm.....	30
Figura 2.11 Diagrama de recorrido de casquillos 9mm	33
Figura 2.12 Diagrama de recorrido de balas 9mm.....	34
Figura 2.13 Porcentaje de la cantidad de paradas por tipo de parada para las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación	37
Figura 2.14 Porcentaje de las horas perdidas por tipo de parada para las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación	39
Figura 2.15 Cantidad de utillajes buenos y defectuosos en un mes de cada máquina de las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación.....	40
Figura 2.16 Diagrama de Pareto de las principales paradas en las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación.....	42
Figura 2.17 Promedio de horas perdidas de las principales paradas en la Planta de Fabricación de casquillos y balas de 9mm	43
Figura 3.1 Diagrama de Ishikawa para el problema principal de las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación.....	45
Figura 3.2 Diagrama de Pareto para las horas perdidas en un mes por utillajes defectuosos por máquina de la Planta de Fabricación de casquillos y balas de 9mm ...	49
Figura 5.1 Demanda de utillajes de las líneas de casquillos y balas 9mm para una producción de 3'000'000 de municiones.....	64

Figura 5.2 Diagrama de Pareto para punzones producidos	65
Figura 5.3 Plano de la situación actual de la Planta de Utillajes	67
Figura 5.4 Diagrama de recorrido de la Planta de Utillajes.....	68
Figura 5.5 Diagrama de bloques de la situación actual de la Planta de Utillajes para la matriz cantidad.....	70
Figura 5.6 Plano de la situación actual de la Planta de Utillajes para la matriz distancia	71
Figura 5.7 Carro de herramientas multiuso	76
Figura 5.8 Estante con 15 depósitos de plástico	77
Figura 5.9 Carro de transporte de productos en proceso	78
Figura 5.10 Mesa de trabajo para el Área de control de calidad.....	89
Figura 5.11 Librero.....	89
Figura 5.12 Cálculo de tamaño mínimo requerido de Área de control de calidad	90
Figura 5.13 Cálculo de tamaño mínimo requerido de Oficina de asistencia técnica	90
Figura 5.14 Montacargas manual.....	91
Figura 5.15 Rack de materia prima para todos los productos.....	93
Figura 5.16 Etiqueta para casilleros del rack de materia prima	93
Figura 5.17 Estante de metal.....	94
Figura 5.18 Cálculo de tamaño mínimo requerido del Almacén de materias primas e insumos.....	94
Figura 5.19 Participación general de los tipo de acero para todos los productos de la línea 9mm	95
Figura 5.20 Grupos de productos de la línea 9mm y su clasificación según tipo de acero.	96
Figura 5.21 Rack para los tochos de la línea de casquillos de 9mm	97
Figura 5.22 Rack para los tochos de la línea de balas y taller de encartuchado de 9mm	98
Figura 5.23 Rack para los productos terminados de la línea de casquillos de 9mm.....	99
Figura 5.24 Rack para los productos terminados de las líneas de balas y encartuchado de 9mm	99
Figura 5.25 Etiquetas para los casilleros de los racks de tochos y productos terminados	100
Figura 5.26 Cálculo de tamaño mínimo requerido del Almacén de tochos y productos terminados.....	100

Figura 5.27 Diagrama relacional de actividades	103
Figura 5.28 Diagrama relacional de espacios con áreas mínimas requeridas.....	105
Figura 5.29 Disposición con áreas mínimas requeridas	106
Figura 5.30 Disposición con áreas asignadas	107
Figura 5.31 Diagrama multiproducto propuesto	108
Figura 5.32 Enfoque gráfico simple de la propuesta.....	109
Figura 5.33 Plano propuesto de la Planta de Utillajes.....	110
Figura 5.34 Diagrama de recorrido de la nueva disposición para las barras de acero	111
Figura 5.35 Diagrama de recorrido de la nueva disposición para los tochos	113
Figura 5.36 Puntos de espera establecidos para la nueva disposición de planta.....	114
Figura 5.37 Diagrama de bloques de la propuesta de solución en la Planta de Utillajes para la matriz carga	116
Figura 5.38 Plano propuesto de la Planta de Utillajes para la matriz distancia	117
Figura 5.39 Productividad parcial de mano de obra para después de la implementación	119
Figura 5.40 Productividad parcial de mano de obra sin la implementación.....	119
Figura 5.41 Incremento de la productividad parcial después de la implementación ..	120
Figura 5.42 Plantillas de foam en gabinete.....	120
Figura 5.43 Radar 5 “S” propuesto	122
Figura 5.44 Cronograma de implementación de proyecto.....	126

RESUMEN EJECUTIVO

En el sector de seguridad nacional, actualmente la fabricación de municiones para entidades del Estado se encuentra adjudicada a una única empresa: FAME S.A.C. Consecuentemente, el desarrollo de la producción eficiente y efectiva de dicha empresa afecta directamente a la satisfacción de las necesidades del mercado nacional.

Dentro del área de producción de FAME S.A.C. se detectó un elevado número de paradas en las líneas de fabricación de casquillos y balas de 9 mm dentro de la planta de productiva. Estas paradas eran ocasionadas en mayor medida por utillajes defectuosos, provenientes de la Planta de Utillajes, utilizados en la producción de casquillos y balas. Al ser los utillajes piezas indispensables en todas las máquinas, se decidió analizar a detalle las causas de las paradas por utillajes defectuosos y proponer soluciones para minimizar el número de paradas de las líneas de fabricación de casquillos y balas de 9mm.

La pauta a seguir para lograr la reducción del número de paradas en las líneas de casquillos y balas de 9 mm de la Planta de Fabricación comenzará con el planteamiento de los objetivos de la investigación, así como la definición del alcance del proyecto.

Después se realizará un análisis de la situación de la empresa, lo cual servirá para escoger el sistema específico a mejorar bajo los lineamientos mencionados líneas arriba. Una vez seleccionado el sistema, se procederá a realizar el diagnóstico para encontrar los problemas a los cuales se enfrenta. Posteriormente, encontrar las causas raíces y proponer soluciones de amplio alcance para los problemas encontrados.

Siguiendo con el desarrollo de la investigación, se desplegará todo el análisis necesario para la correcta implementación de la solución. Dependerá de la ingeniería del proyecto la rentabilidad del mismo, la cual será evaluada en el capítulo final.

Finalmente, cabe resaltar que la aplicación de la solución propuesta a implementar tendrá un alto impacto sobre la producción nacional de municiones para la seguridad nacional.

EXECUTIVE SUMMARY

In the Industrial Sector for the National Security, currently, the manufacturing of munitions for Governmental Entities is awarded to a single company: FAME S.A.C. Consequently, the development of an efficient and effective production of this company affects directly the supply of munitions in the national market.

In the production area of FAME S.A.C., a high number of stops were detected in the production line of 9 mm of cases and bullets. These stops were caused to a greater extent by defective tools, from the Tooling Plant. As the tools were indispensable pieces in most of machines, this thesis analyzes in detail the causes of stops due to defective tools and proposes solutions in order to minimize the number of stops in the production line of 9 mm of cases and bullets.

The following steps to reduce the number of stops in the line of 9 mm of cases and bullets of this thesis will start by establishing the objectives and defining the project scope.

The development of the thesis will include the implementation of the project, the time and the economic valuation using engineering tools and methodologies to get an appropriate solution to reduce the stops due to defective tools in the Manufacturing Plant of Cases and Bullets.

Finally, it should be noted that the correctly application of the proposed solution implemented will have a high impact on the national production of munitions for national security.

CAPÍTULO I: CONSIDERACIONES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes de la empresa

La Fábrica de Municiones del Ejército (FAME); tiene su origen con el Decreto Ley N° 14608 del 25 Julio de 1963, creándose como órgano de producción del Ejército, para asegurar el abastecimiento a las FFAA y FAux.

En el año 1973 dadas las exigencias de la época y con la visión de un mayor alcance y desarrollo industrial y con Decreto Ley N° 20231 del 27 Noviembre 1973 se crea “Industrias Militares del Perú” (INDUMIL PERU), perteneciendo esta organización al Ministerio de Guerra. Por disposición transitoria de la misma Ley, se incorpora a la FAME, como un órgano de producción de dicho holding de empresas.

En la década de los 80, FAME se renueva tecnológicamente; ampliando y renovando sus líneas de producción. En esa misma época INDUMIL PERÚ implementa las fábricas de barras de latón y fulminantes (FABLE Y FULME), con la finalidad de abastecer a la FAME y no depender del mercado exterior.

Por Decreto Legislativo N° 434 de 27 Setiembre de 1987, “Ley Orgánica del MINDEF”, INDUMIL S.A. se incorpora al Ministerio de Defensa como una empresa del sector.

El 11 de Marzo de 1997 con Decreto de Urgencia N° 021-97, se dispone transferir en propiedad al Ejército, los activos de algunas de las antiguas plantas que conformaban INDUMIL PERÚ; es así que el complejo fabril NIEVERÍA, pasa a propiedad de la Institución.

Para el 20 de Marzo del 2001 con Decreto Supremo N° 006-02, en base a los activos y existencias de la Fábrica de Municiones del Ejército, se crea la Unidad Productiva Fábrica de Armas y Municiones del Ejército como órgano descentralizado del Comando Logístico del Ejército (COLOGE), para satisfacer las necesidades de abastecimiento de municiones y componentes de armas de pequeño calibre de las FFAA y PNP.

Luego con Decreto Supremo N° 009-05 del 07 de Marzo del 2005, se modifica el Decreto Supremo anterior, ampliando su función, para poder comercializar sus productos en el mercado nacional e internacional; sin embargo, esta norma no alcanza para satisfacer el ámbito legal de sus funciones. (FAME SAC)

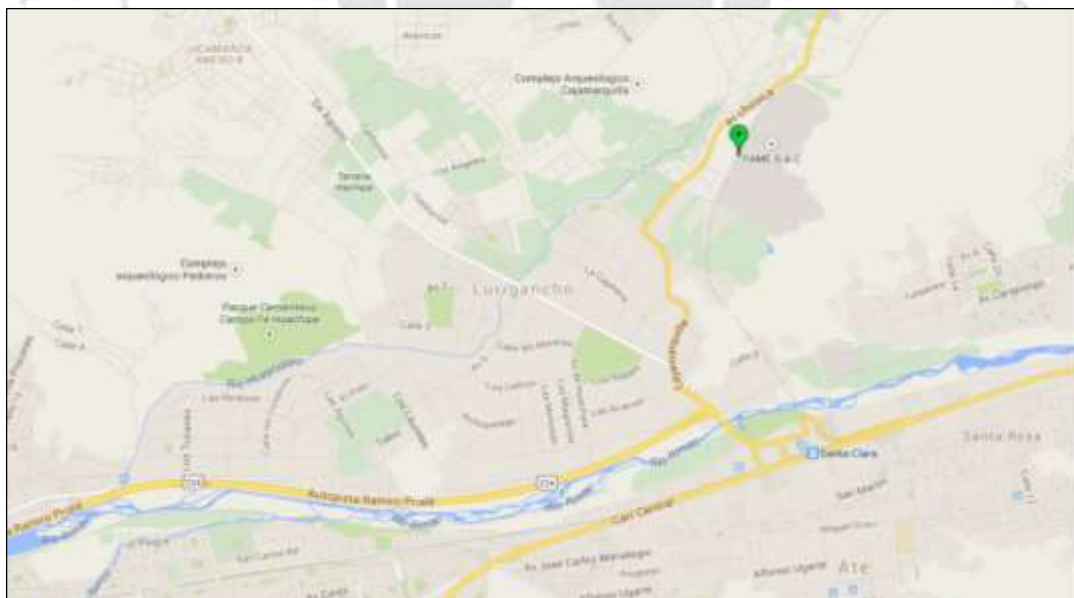
1.1.1. Breve descripción de la empresa y reseña histórica

El 05 de Enero del 2009, mediante Ley N° 291314 se crea la Fábrica de Armas y Municiones del Ejército como una Sociedad Anónima Cerrada bajo las siglas de FAME S.A.C., dicha ley le permite actuar con autonomía administrativa, técnica, económica y financiera de acuerdo con la política, objetivos, metas y estrategias que apruebe el Directorio, en concordancia con la política del Ministerio de Defensa. (FAME SAC)

A su vez, su naturaleza jurídica corresponde a una empresa del Estado con accionario privado y dentro del ámbito del Ministerio de Defensa, corresponde al Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado (FONAFE) ejercer en representación del Estado la titularidad de las acciones representativas del capital de FAME SAC.

Figura 1.1

Ubicación de FAME S.A.C.



Fuente: Google Maps ®, (2018)

1.1.2. Descripción de los productos ofrecidos

Dentro de los productos que produce y comercializa la empresa se encuentran los siguientes:

Tabla 1.1

Línea de productos

Municiones		
Calibre	Características	
7.62 x 51	Ordinaria	Con casquillo de latón 70/30 y bala con camiseta de latón 90/10 y núcleo de plomo antimoniado al 3%.
7.62 x 39	Ordinaria	Con casquillo de latón 70/30 y bala con camiseta de latón 90/10 y núcleo de plomo antimoniado al 3%.
9 x 19	115 / 124 grains	Con casquillo de latón 70/30 y bala con camiseta de latón 90/10 y núcleo de plomo antimoniado al 3%.
9 x 17	90 grains	Con casquillo de latón 70/30 y bala con camiseta de latón 90/10 y núcleo de plomo antimoniado al 3%.

Fuente: FAME S.A.C., (2017)

1.1.3. Descripción del mercado objetivo de la empresa

FAME S.A.C se enfoca al rubro de la seguridad y defensa nacional, comercializando armamento letal y no letal, por lo que su mercado objetivo son instituciones del estado dedicados a la seguridad nacional (FF.AA., Marina de Guerra del Perú, F.A.P.), empresas privadas que requieran de productos para defensa y seguridad y, adicionalmente, personas civiles y personal militar.

1.1.4. Organización y estructura organizacional

La organización de la empresa está conformada por la Junta General de Accionistas, por un Directorio conformado por cuatro (4) representantes del Ministerio de Defensa y un (1) representante del Ministerio de Economía y Finanzas nombrados por resolución suprema y en el caso de participación privada en el accionariado, el número de directores se incrementa en proporción al capital privado aportado, sin exceder al número de cuatro (4), el máximo de participación para accionistas privados es 49%. También, existe un Gerente General el cual es designado por el Directorio y es participe de este.

Luego, tenemos a las áreas que apoyan en el asesoramiento a la Gerencia General, entre ellas están:

- **Oficina de Asesoría Jurídica**

Encargada de controlar y evaluar los asuntos de orden jurídico legal en materia de derecho empresarial y administrativo, así como asesoría legal a la Junta General de Accionistas, Directorio, Gerencia General y las diversas áreas de la empresa que lo requieran.

- **Oficina de Planeamiento, Presupuesto e Informática**

Encargada de conducir, formular, planificar y evaluar los procesos de planeamiento, presupuesto, programación de inversiones, racionalización, coordinación regional y cooperación internacional, además de los sistemas integrados de informática, telecomunicaciones y estadística, diseño organizacional y de la formulación de documentos de gestión empresarial.

- **Oficina de Gestión de la Calidad**

Encargada del diseño y la implementación del Sistema de Gestión de la Calidad, basado en las normas ISO.

Adicionalmente, existe la Oficina de Control Interno que apoya en forma asistencial a la Gerencia General.

- **Oficina de Control Interno**

Encargada de programar, conducir, ejecutar y evaluar las acciones de control como auditorías de las áreas de la empresa, de conformidad con las normas del Sistema Nacional de Control y demás disposiciones legales.

Por añadidura, tenemos a las siguientes tres gerencias:

- **Gerencia Administrativa y Financiera**

Encargada de organizar, planificar, dirigir y controlar la gestión administrativa y financiera de la empresa.

- **Gerencia de Producción**

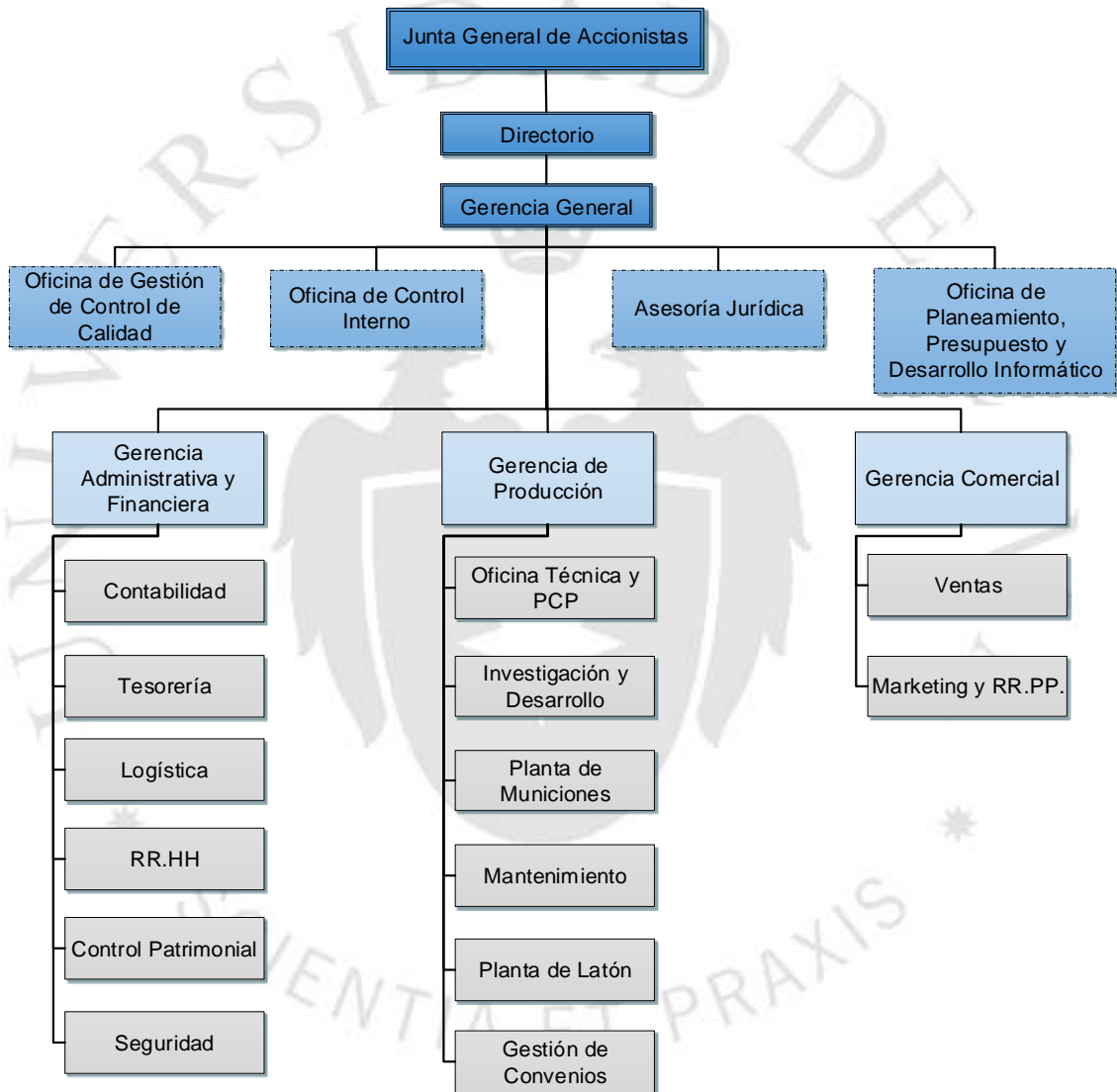
Encargada de los procesos de producción y servicios de FAME S.A.C.

- **Gerencia Comercial**

Encargada de la promoción y venta de bienes y servicios que produce la empresa, procurando la satisfacción del cliente y reforzar el posicionamiento de FAME S.A.C.

Figura 1.2

Organigrama de FAME S.A.C.



Fuente: FAME S.A.C., (2017)

1.1.5. Visión, misión y objetivos organizacionales

- **Visión**

Ser una fábrica productora de sistema de armas, municiones y artículos conexos, con independización tecnológica y los más altos estándares de calidad con participación en el mercado nacional y latinoamericano, y tener la capacidad de satisfacer las necesidades de las Fuerzas Armadas, Policía Nacional del Perú, y contribuir con la seguridad nacional.

- **Misión**

La Fábrica de Armas y Municiones del Ejército Sociedad Anónima Cerrada efectúa la comercialización, desarrollo, fabricación, ensamblaje, modificación, modernización y mantenimiento de sistemas de armas y municiones de guerra y uso civil, y actividades conexas para el sector estatal y privado, con el fin de contribuir a la defensa y desarrollo socio-económico y tecnológico del país.

- **Objetivos organizacionales**

- **Procesos Internos:**

- Mejorar la infraestructura y potenciar el desarrollo tecnológico de la maquinaria con la finalidad de cumplir con el objeto social de la empresa.
- Desarrollar una organización moderna que permita realizar los procesos de gestión con eficiencia y eficacia.

- * ○ **Aprendizaje:**

- Disponer del personal competente en cantidad suficiente y a costos razonables.

- **Financiero:**

- Obtener niveles financieros que permitan el sostenimiento de la empresa y el desarrollo de tecnología, mediante un agresivo plan de mercadeo.

- **Clientes y Grupos:**

- Satisfacer con estándares de calidad los requerimientos de las Fuerzas Armadas, Policía Nacional del Perú, Comités de Autodefensa, otros Organismos del Estado, clientes nacionales y extranjeros.

1.2. Objetivos de la investigación

- **Objetivo general**

- Realizar una propuesta de mejora para disminuir las paradas producidas por utillaje defectuoso dentro de la Planta de Fabricación para la producción de casquillos y balas de calibre 9mm en la empresa FAME S.A.C.

- **Objetivos específicos**

Diseñar un plan para:

- Reducir el número de paradas producidas por utillaje defectuoso dentro de la Planta de Fabricación para la producción de casquillos y balas de calibre 9mm.
- Disminuir la desviación entre los utillajes históricamente requeridos y los utillajes actualmente demandados para el plan producción de los años 2018 – 2022 de munición 9mm en la Planta de Fabricación.
- Incrementar la productividad parcial de mano de obra o de materia prima de la Planta de Utillajes para el periodo 2018 – 2022.
- Incrementar los indicadores de las 5'S dentro de la Planta de Utillajes.

1.3. Justificación de la investigación

- **Técnica**

Técnicamente es viable debido a que existen las herramientas y metodologías aplicadas dentro del marco de la ingeniería industrial, así como la tecnología requerida para realizar la investigación.

- **Económica**

Económicamente es viable, ya que la VAN es mayor a 0 y la TIR es superior a la tasa de descuento de la empresa que es de 16.43%. Estos valores fueron obtenidos del estudio y se verá a detalle en el capítulo 6.

Tabla 1.2

VAN y TIR obtenidos del estudio

VAN	S/.	25,223.65
TIR		30.50%

Elaboración propia

1.4. Hipótesis de trabajo

La aplicación de una óptima redistribución de las áreas de trabajo y la aplicación de las 5'S en la Planta de Utillajes permitirán una reducción de por lo menos el 50% de las paradas por utillaje defectuoso en las líneas de casquillos y balas de calibre 9mm en la Planta de Fabricación y el incremento como mínimo del 10% de la productividad parcial de la mano de obra en la Planta de Utillajes.

1.5. Marco referencial de la investigación

Se hará uso de los siguientes manuales y libros para el proyecto de mejora, entre ellos tenemos:

- Se obtuvo información para la aplicación del diagrama de Ishikawa y del diagrama de Pareto:
Bonilla Pastor, E., Díaz Garay, B., Kleeberg Hidalgo, F., & Noriega Aranibar, M. T. (2010). *Mejora continua de los procesos : herramientas y técnicas* . Lima.
- Se obtuvo información para la aplicación de las 5'S:
Hernández, J. C., & Vizán, A. (1 de mayo de 2013). *EOI*. Obtenido de www.eoi.es
- Se obtuvo información para la redistribución de la Planta de Utillajes:
Díaz, B., Jarufe, B., & Noriega, M. (2007). *Disposición de Planta*. Lima: Universidad de Lima.

CAPÍTULO II: ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA EMPRESA Y SELECCIÓN DEL SISTEMA A SER MEJORADO

2.1. Análisis del marco global

Actualmente en Perú al año 2018 se analizará brevemente los siguientes aspectos:

- **Entorno Económico**

Un factor clave en el Perú es la volatilidad del tipo de cambio que afronta el Sol con respecto al Dólar Americano, pues este influye directamente en las operaciones de empresas y personas lo que muestra una amenaza debido a que el Perú es aún un país en vías de desarrollo y en su gran mayoría primario exportador. Esto afecta a FAME S.A.C. de manera negativa dado que requiere de la importación de insumos que son esenciales para la producción de munición, dado que en el caso que la moneda nacional se deprecie frente al Dólar, los costos de materiales importados se incrementarían.

Por otro lado, el país en los últimos 7 años ha tenido un constante crecimiento económico que fluctúa en 5.7% al 2%, las proyecciones para los años 2018 y 2019 predicen que el crecimiento del país en términos económicos será entre 3% y 4%, esto le permite tener a la empresa una perspectiva más optimista para mejorar en el corto y mediano plazo al disminuir y optimizar los costos operativos.

- **Entorno Social**

El Perú es un país muy polarizado en lo urbano y rural, pues un 50% de la población habita en la costa peruana, lo que genera que haya constante inmigración cada año hacia las ciudades más desarrolladas como Lima, Arequipa y Trujillo. Esto tiene como efecto que estas personas experimenten un choque de adaptación cultural y requieran de una inserción laboral adecuada pues en su mayoría es gente de bajos recursos. Esta es una variable clave que explica en parte la baja productividad y el desempleo en el país, así como la alta tasa de informalidad.

Por otro lado, en los últimos años, existe un alza en la tasa de actos delictivos como hurtos a mano armada, secuestros, amenazas, homicidios, violaciones y abortos.

Adicionalmente, existe una constante lucha contra el narcotráfico en la selva central del Perú dado que es uno de los países con mayor producción de drogas provenientes de la hoja de coca que son vendidas en el mercado internacional.

La lucha del estado contra los puntos mencionados genera una mayor demanda de equipos y armamento letal y no letal para la seguridad nacional, beneficiando al rubro de la empresa.

- **Entorno Político**

En términos políticos, el Perú es regido bajo un gobierno democrático desde hace más de 3 décadas. Las acciones políticas tomadas en la actualidad bajo este gobierno son de centro derecha, manteniendo una línea capitalista y de libre mercado; esto beneficia las operaciones de FAME S.A.C. permitiéndole comercializar bienes y establecer libremente sus precios para el mercado nacional e internacional gracias al libre mercado.

Además, en la actualidad el Perú es miembro de la APEC (Foro de Cooperación Económica del Asia-Pacífico), Alianza del Pacífico, ONU entre otros importantes grupos, organizaciones y/o foros internacionales, reforzando la presencia a nivel internacional.

- **Entorno Geopolítico**

Además, en términos geopolíticos, el Perú es conocido por ser un país abundantemente rico en recursos naturales gracias a su gran diversidad de climas, siendo uno de los países con mayor biodiversidad del mundo. En consecuencia, permite obtener variedad de recursos para diversas industrias de la economía peruana y para la compra de insumos menores lo que beneficia a la empresa FAME S.A.C.

- **Entorno Legal**

Desde el año 2009, existe la Ley FAME que favorece a FAME S.A.C. dándole el respaldo de ser la fábrica más importante de municiones del país.

- **Entorno Tecnológico**

Gracias al mundo globalizado, las diversas tecnologías modernas que salen al mercado son de gran influencia y llegan con mucha facilidad al Perú, siendo de beneficio para FAME S.A.C para una posible modernización de su infraestructura.

2.2. Análisis de las fuerzas competitivas

A continuación, se detallan las 5 fuerzas de Porter:

- **Rivalidad entre competidores**

En el entorno competitivo y del mercado encontramos que FAME S.A.C. es la única empresa que fabrica municiones a gran escala gracias a la Ley FAME, sin embargo, el rubro de seguridad nacional y defensa es muy competitivo gracias a que los clientes primarios tienen una gran oferta no solo por parte de FAME S.A.C., pues a su vez, el estado peruano permite la importación de equipos y toda clase de material de guerra.

Entre los países que tienen una gran oferta en defensa nacional tenemos a nivel latinoamericano a Colombia y Brasil, a nivel global existe una oferta fuerte por parte de Rusia, España, Alemania, Suecia, Suiza, Francia, Italia, Reino Unido, China, Israel, y los Estados Unidos de Norteamérica.

Después de lo mencionado anteriormente, se concluye que la rivalidad entre competidores es alta.

Adicionalmente, los países del continente americano que más invierten en el rubro militar son Estados Unidos, Brasil, Canadá y Colombia; siendo este último país, el que mayor porcentaje de su PBI destina al gasto militar. De igual manera, Perú se encuentra en la octava posición de mayor gasto militar en el continente.

Tabla 2.1

Indicadores macroeconómicos por país dentro del continente americano en el 2017

País	Deuda Bruta (% de PBI)	Inflación, IPC (% Anual)	PBI Real (Millones USD)	Gasto Militar (% del PBI)	Gasto Militar (% del gasto el Gobierno Central)	Gasto Militar (USD)
E.E. U.U.	125.96%	0.12%	16,597,520	3.30%	14.52%	547,718,160,000
Brasil	65.45%	9.03%	2,330,986	1.36%	3.73%	31,701,409,600
Canadá	98.35%	1.13%	1,796,464	0.97%	5.64%	17,425,700,800
Colombia	50.67%	5.01%	359,120	3.38%		12,138,256,000
México	51.41%	2.72%	1,210,606	0.68%		8,232,120,800
Chile	17.37%		264,452	1.92%	8.74%	5,077,480,205
Argentina	41.27%		456,607	0.86%		3,926,820,200
Perú	23.95%	3.56%	186,562	1.61%	7.78%	3,003,648,200
Ecuador	22.61%	3.97%	86,640	2.69%		2,330,602,550
Uruguay	64.50%	8.67%	47,559	1.80%		856,067,418
Paraguay	23.99%	3.13%	25,368	1.71%	7.89%	433,789,397
Bolivia	36.16%	4.06%	25,662	1.62%		415,719,524
Guyana		-0.96%	2,810	1.43%		40,177,423
Bermuda			5,242	-		-
Surinam		6.89%	4,946	-		-
Venezuela	108.02%	109.68%	296,569	-		-

Fuente: Thomson Reuters, (2017)

- **Poder de negociación de los clientes**

El poder de negociación de los clientes es de nivel medio, debido a que, a pesar de existir una gran oferta de material bélico por parte de otros países a precios más económicos, es prioridad del Estado mantener la demanda interna, por lo tanto, FAME S.A.C. se mantiene como el único proveedor a gran escala de municiones a nivel nacional para los clientes primarios (FF.AA., Marina de Guerra, F.A.P., P.N.P.) y personal civil.

- **Poder de negociación de los proveedores**

El poder de negociación de los proveedores es de nivel alto, ya que el fulminante, la pólvora y el acero son importados; para el caso del fulminante y la pólvora son obtenidas de empresas especializadas en el rubro militar las cuales son de mayor magnitud que FAME S.A.C. En consecuencia, al ser Perú un país no industrializado, FAME S.A.C. depende de la oferta de dichos proveedores.

- **Amenaza de productos sustitutos**

La amenaza de productos que puedan sustituir a las municiones es de nivel bajo, las municiones son un insumo necesario e irremplazable para el empleo de armas de fuego. Estas últimas, son indispensables como mecanismo de defensa para las Fuerzas Armadas y P.N.P. en sus labores concernientes a velar por la seguridad nacional. Por lo tanto, esto asegura que FAME S.A.C. tendrá continuidad de funcionamiento para la producción de sus productos principales.

- **Amenaza de nuevos competidores**

La amenaza de nuevos competidores es baja, ya que la Ley FAME establece que FAME S.A.C. es la única empresa a gran escala encargada en el Perú de:

“Efectuar la comercialización, desarrollo, fabricación, modificación, modernización, mantenimiento de sistemas de armas y municiones de guerra y de uso civil; la investigación y desarrollo tecnológico; y actividades conexas para abastecer a las Fuerzas Armadas, la Policía Nacional del Perú y los Comités de Autodefensa u otros organismos del Estado, de acuerdo con los objetivos aprobados por el Ministerio de Defensa.” (Congreso de la República, 2009)

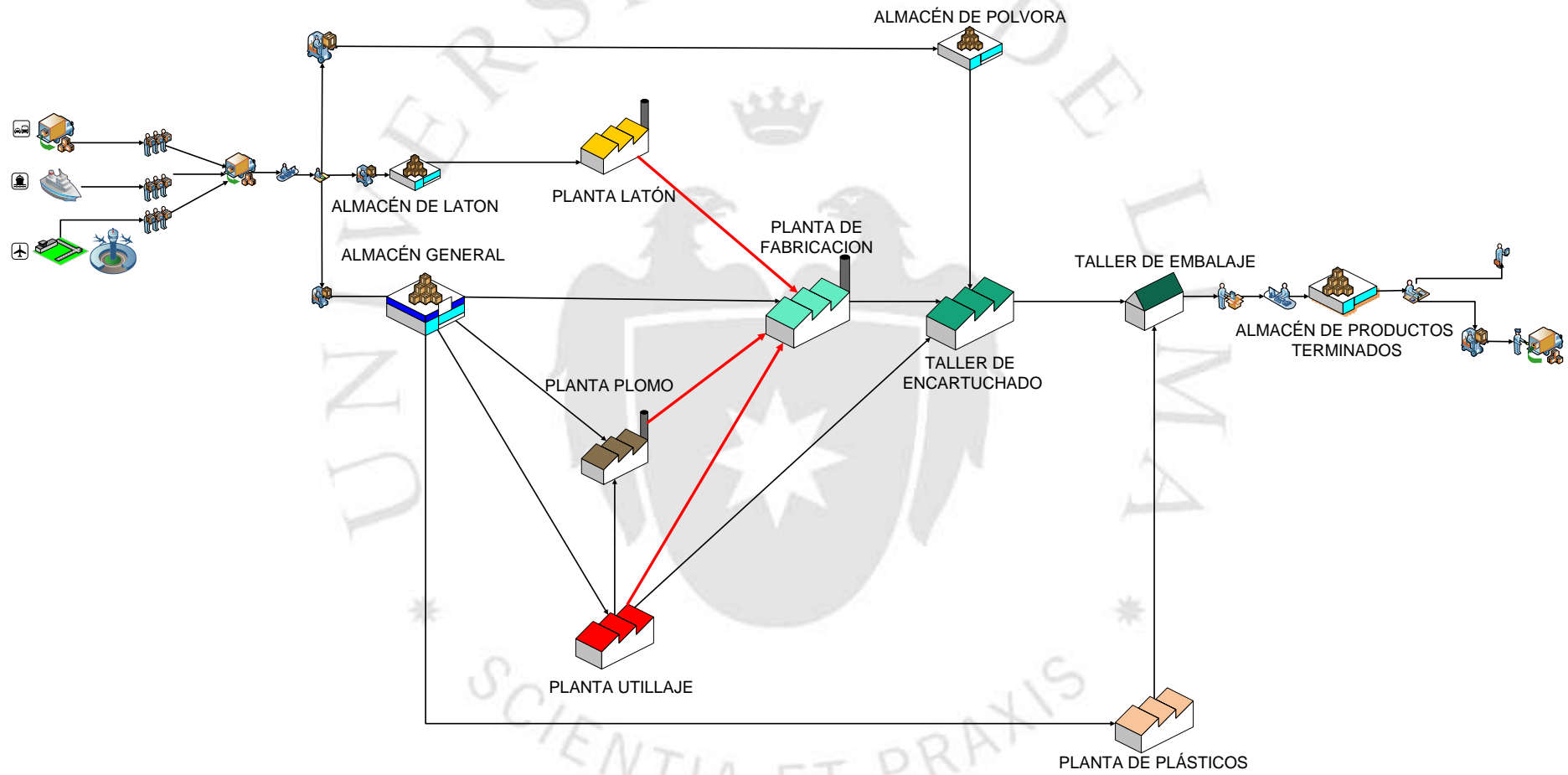
2.3. Breve descripción de los principales procesos

2.3.1 Identificación de los procesos más importantes

La empresa para la fabricación de munición requiere de la integración de sus principales plantas que forman parte de la cadena de suministro, a continuación, se presenta un diagrama de las áreas productivas involucradas, para tener una mayor comprensión de los procesos que se integran para obtener y comercializar el bien final.

Figura 2.1

Mapa de identificación de plantas



Elaboración propia

Por otro lado, el latón 90/10 y la pólvora usados en la Planta de Fabricación y los fulminantes empleados en el Taller de Encartuchado, se obtienen de proveedores externos; en contraste, la Planta de Latón, la Planta de Plomo, la Planta de Plásticos y la Planta de Utillajes son considerados proveedores internos, debido a que abastecen a la Planta de Fabricación donde se producen los casquillos y balas.

Figura 2.2

Diagrama de Gozinto



- **Planta de Plásticos**

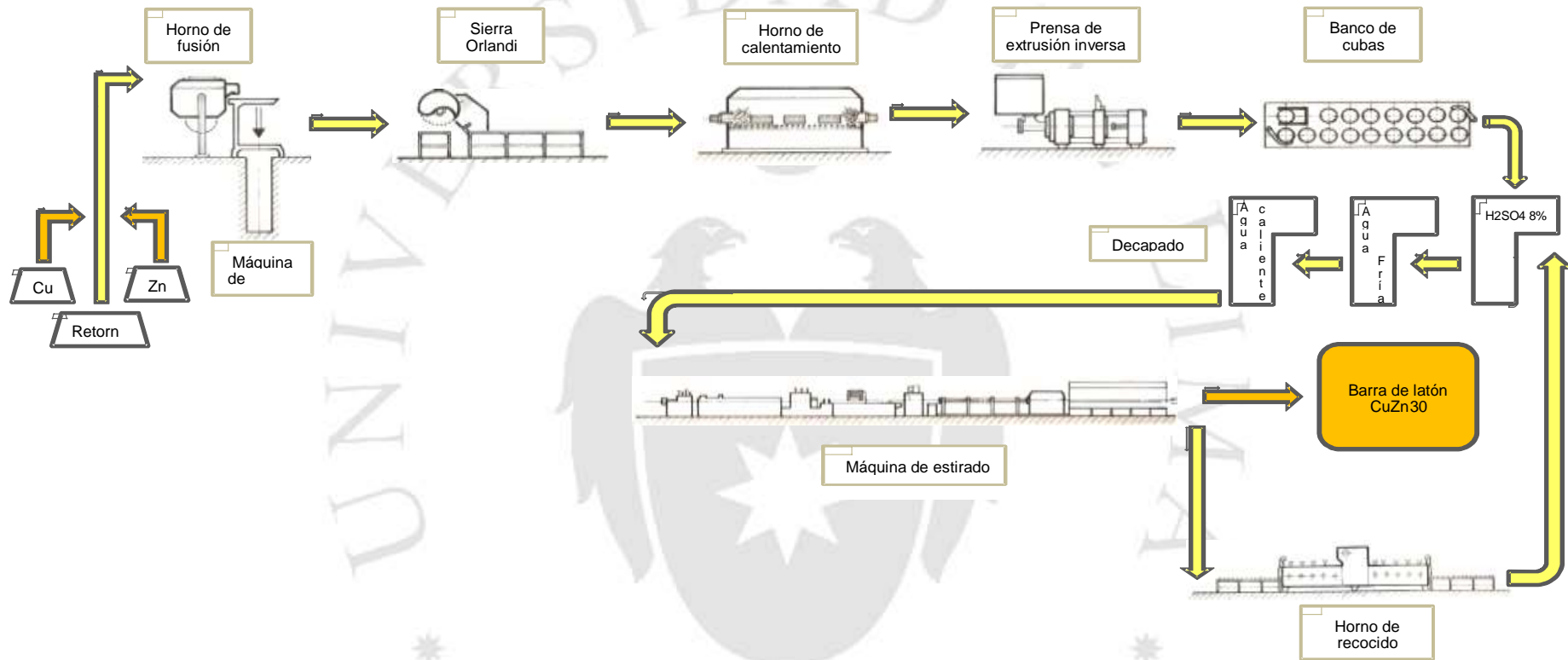
Lugar donde se fabrican los envases de plástico que son usados en el Taller de Embalaje como parte de la presentación final de venta de la munición en cajas.

- **Planta Latón**

Es la planta donde se funde el zinc con cobre (70/30) para obtener como producto final las barras de latón para la producción de casquillos.

Figura 2.3

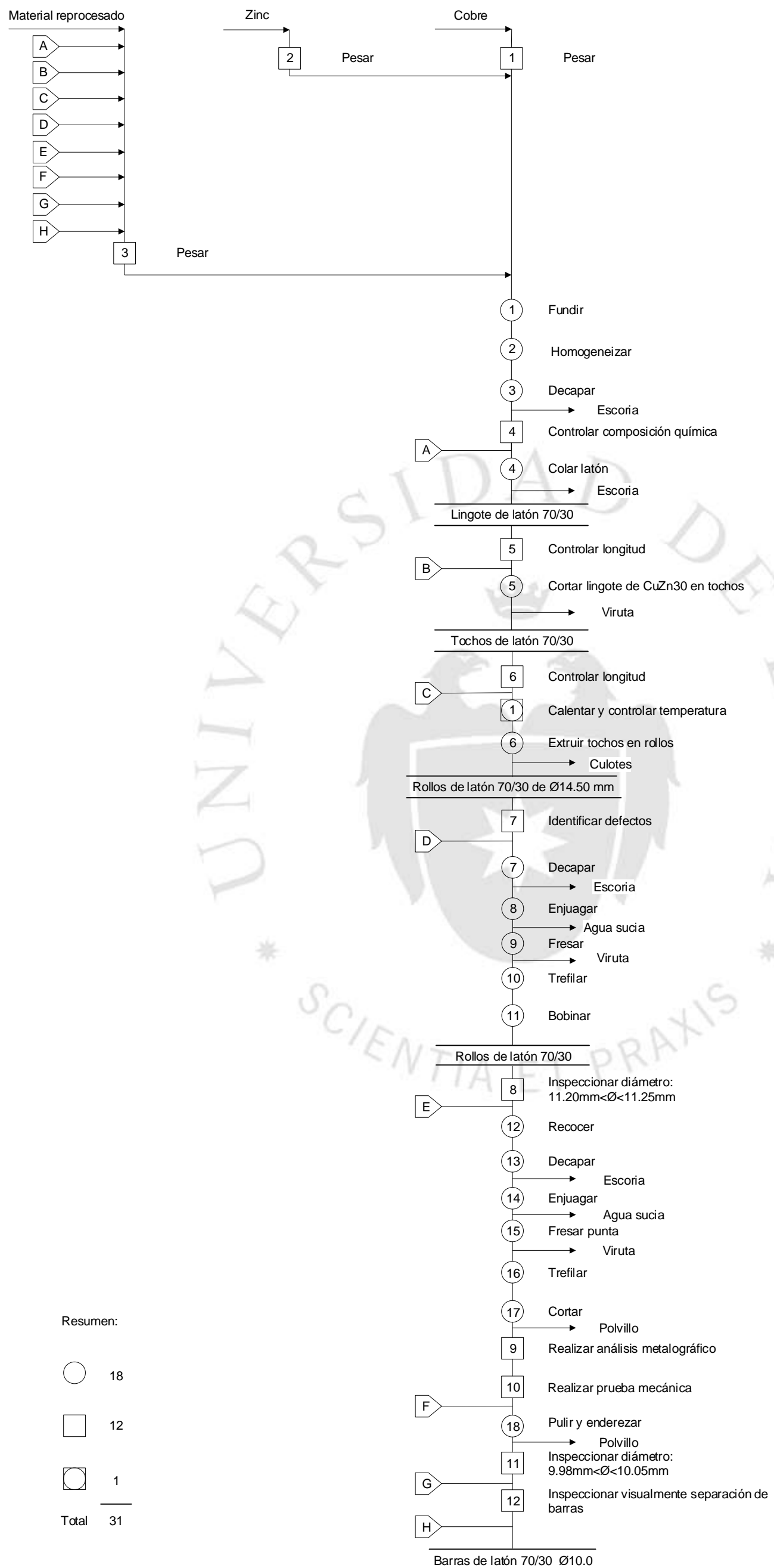
Proceso de fabricación de las barras de latón 70/30



Elaboración propia

Figura 2.4

DOP de fabricación de barras de latón Zn70/Cu30



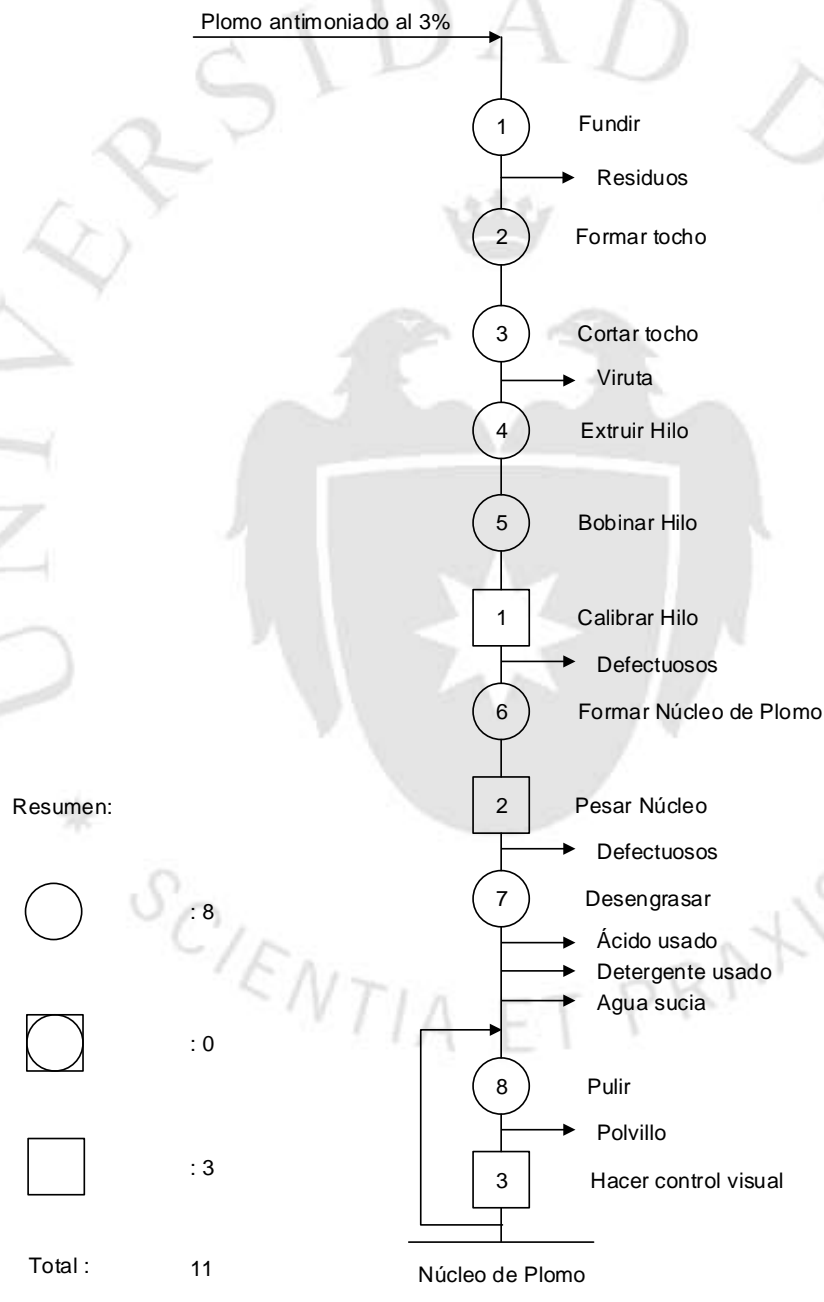
Elaboración propia

- **Planta Plomo**

Es la planta donde se obtienen los núcleos de plomo, a través de la extrusión de hilos de plomo antimoniado al 3%. El plomo antimoniado previamente se obtiene de lingotes de plomo que puestos en un crisol son bañados en una solución de antimonio al 3%.

Figura 2.5

DOP de fabricación de núcleo de plomo



Elaboración propia

- **Planta de Fabricación**

Es la planta donde se obtienen los casquillos y balas.

- **Taller de Encartuchado**

Lugar donde se ensamblan las balas y casquillos cargados con pólvora y fulminante para dar lugar a la munición.

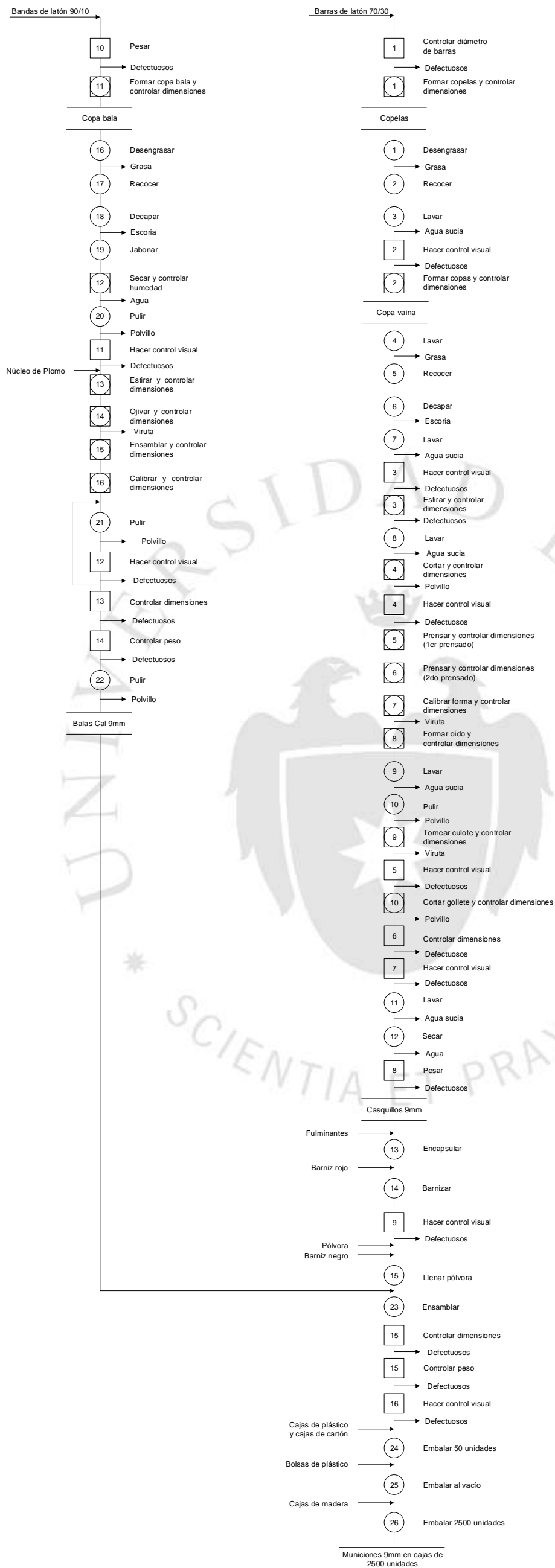
- **Taller de Embalaje**

Lugar donde la munición terminada es empaqueta para su presentación final.



Figura 2.6

DOP fabricación de municiones 9 mm



Resumen:

○ : 26

◻ : 16

◻ : 16

Total : 58

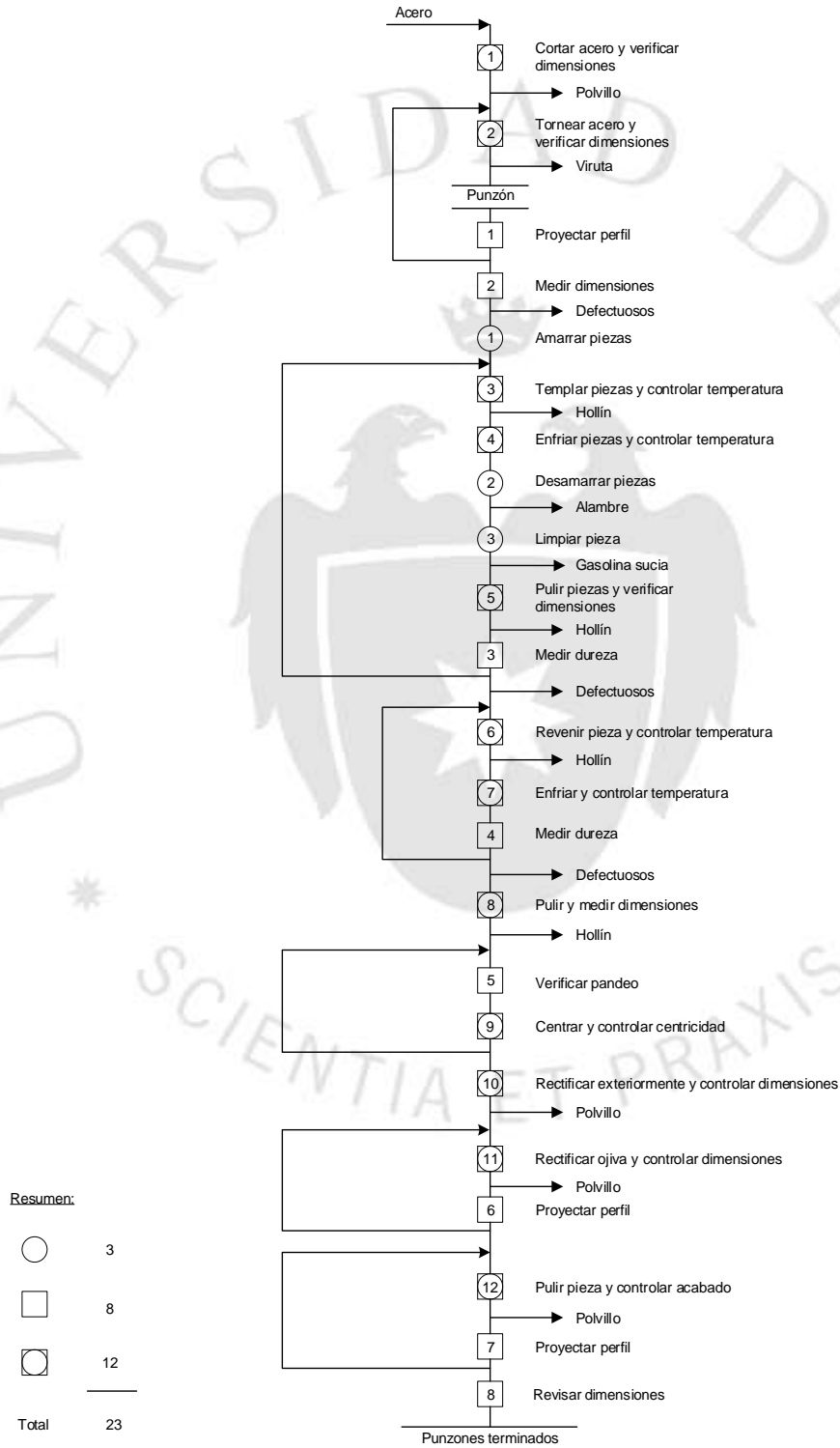
Elaboración propia

- **Planta Utillaje**

Es el área que provee de todos los accesorios y utillajes en general para la producción de munición.

Figura 2.7

DOP Producción de punzones



Elaboración propia

2.3.2 Selección del sistema a mejorar

Para seleccionar el sistema a mejorar entre todas las plantas que posee FAME S.A.C. se decidió realizar un ranking de factores.

Los criterios de evaluación elegidos fueron los siguientes: la eficiencia de la planta es el criterio más importante, el cumplimiento de las ordenes de producción y la utilización de la planta son consideradas igual de importantes.

Tabla 2.2

Matriz de enfrentamiento de factores

Factores	A	B	C	Total	% Peso
A: Utilización de la planta (meses)	x	1	0	1	25%
B: Cumplimiento de órdenes de producción	1	x	0	1	25%
C: Eficiencia	1	1	x	2	50%
				4	

Elaboración propia

A continuación, se muestra la información para cada planta según los criterios de evaluación.

Tabla 2.3

Información para colocar la calificación a cada planta en el ranking de factores

Planta	Latón	Plomo	Utilaje	Fabricación	Encartuchado	Embalaje	Plásticos
Utilización de la planta (meses)	5	5	12	12	12	12	4
Cumplimiento de órdenes de producción	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Eficiencia	67.85%	84.20%	79.96%	57.73%	81.82%	79.50%	83.33%

Elaboración propia

Los rangos empleados para calificar cada planta son los siguientes:

Tabla 2.4

Rangos para la calificación de cada planta para utilización de la planta

Descripción	Calificación
Muy poca	1
Poca	2
Regular	3
Alta	4

Elaboración propia

Tabla 2.5

Rangos para la calificación de cada planta para cumplimiento de órdenes de producción

Descripción	Calificación
Deficiente	1
Regular	2
Muy bueno	3
Excelente	4

Elaboración propia

Tabla 2.6

Rangos para la calificación de cada planta para eficiencia

Descripción	Calificación
Deficiente	1
Regular	2
Bueno	3
Muy bueno	4

Elaboración propia

Luego se evaluaron las plantas:

Tabla 2.7

Ranking de factores para la selección del sistema

	Peso	Planta de latón		Planta de plomo	
		Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
Utilización de la planta (meses)	25.0%	3.00	0.75	3.00	0.75
Cumplimiento de órdenes de producción	25.0%	4.00	1.00	4.00	1.00
Eficiencia	50.0%	3.00	1.50	4.00	2.00
			3.25		3.75

	Peso	Planta utillaje		Planta de fabricación	
		Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
Utilización de la planta (meses)	25.0%	4.00	1.00	4.00	1.00
Cumplimiento de órdenes de producción	25.0%	4.00	1.00	4.00	1.00
Eficiencia	50.0%	3.00	1.50	2.00	1.00
			3.50		3.00

	Peso	Taller de encartuchado		Taller de embalaje	
		Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
Utilización de la planta (meses)	25.0%	4.00	1.00	4.00	1.00
Cumplimiento de órdenes de producción	25.0%	4.00	1.00	4.00	1.00
Eficiencia	50.0%	4.00	2.00	3.00	1.50
			4.00		3.50

	Peso	Planta plásticos	
		Calificación	Puntaje
Utilización de la planta (meses)	25.0%	2.00	0.50
Cumplimiento de órdenes de producción	25.0%	4.00	1.00
Eficiencia	50.0%	4.00	2.00
			3.50

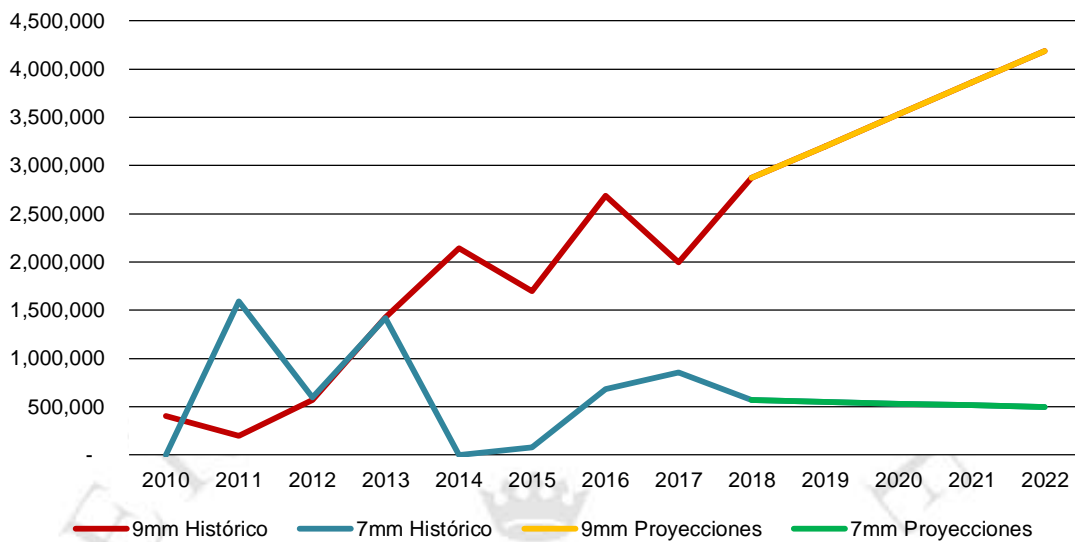
Elaboración propia

La planta con el puntaje más bajo será la seleccionada, la cual es la Planta de Fabricación.

Dado que históricamente la producción y comercialización de municiones más importante es de calibre 9mm, como se aprecia en la gráfica, se ha seleccionado como sistema a mejorar las líneas de producción de casquillos y balas de calibre 9mm ubicadas en la Planta de Fabricación.

Figura 2.8

Histórico y proyecciones de ventas de munición de 9 mm y 7 mm



Elaboración propia

2.3.3 Determinación y descripción del proceso

En la Planta de Fabricación se producen los casquillos usando como materia prima las barras de latón (70/30) provenientes de la Planta de Latón. Estas barras de latón, ingresan a la máquina PKE-10 de donde se obtienen las copelas que serán llevadas a la pulidora donde se desengrasan. Después, las copelas desengrasadas pasan por el horno de recocado a altas temperaturas, luego serán lavadas y pasarán por un primer control visual.

Las copelas que pasan el control visual son trasladadas a la máquina PKZ-1, obteniendo la copa vaina, estas son lavadas e ingresan nuevamente al horno de recocado hasta alcanzar color carbón. Al salir del horno, deberán pasar por un decapado¹, un lavado y un segundo control visual donde medirán la altura de la copa vaina.

Las copas vainas con la altura adecuada son trasladadas a la máquina de estirado (PD23 o PD22), vuelven al lavadero y continúan su proceso en la máquina encargada de realizar el primer corte (PDM6). Después del primer corte se realiza un tercer control visual, donde las piezas que lo pasen son trasladadas a las máquinas encargadas del primer (PD4412) y segundo prensado (PD4411). Las piezas prensadas son llevadas a la máquina de calibrado de cuerpo y gollete (PDM10), seguida de la máquina perforadora de oído (PD11), regresan al lavadero y después son transportadas a pulidoras fuera de la

¹ Proceso donde se eliminan las impurezas de la superficie de un metal usando ácidos.

planta para ser desengrasadas. Una vez desengrasadas, las piezas se llevan a la máquina encargada del torneado de culote (PDM12), pasan por un cuarto control visual para quitar la viruta y pasan a la máquina encargada del corte final de cuello de gollete (PDM16) obteniéndose el casquillo. Después del último corte, se realiza el control dimensional (PD43) y un último control visual. Aprobados los últimos controles, se transportan los casquillos a la mesa de secado, donde se lavan con gasolina y se dejan secar. Finalmente, se llevan los casquillos secos a la balanza donde se pesan antes de ser trasladados al Taller de encartuchado.

En paralelo a los casquillos se producen las balas, para lo cual, primero se pesa la cinta de latón (90/10), obtenida de proveedores externos, y si tiene el peso adecuado pasa a la máquina formadora de copas balas (PBOA). Las copas bala se desengrasan y entran al horno de recocido. Una vez alcanzada la temperatura adecuada, pasan por un proceso de decapado, seguido de un proceso de jabonado y se dejan secar. Ya secas, las copas bala son trasladadas a una pulidora para pulir y luego pasan por un control visual. A continuación, las copas balas pasan a una máquina encargada de estirar, ojivar, ensamblar con los núcleos de plomo (proveniente de la Planta de Plomo) obteniéndose la bala para luego ser calibrada (PB31/14).

Siguiendo el proceso, la bala se pule y pasa por un control visual, un control dimensional y un control de peso. Las balas que pasen satisfactoriamente los controles se pulen por última vez para obtener el acabado final y ser trasladadas al Taller de Encartuchado.

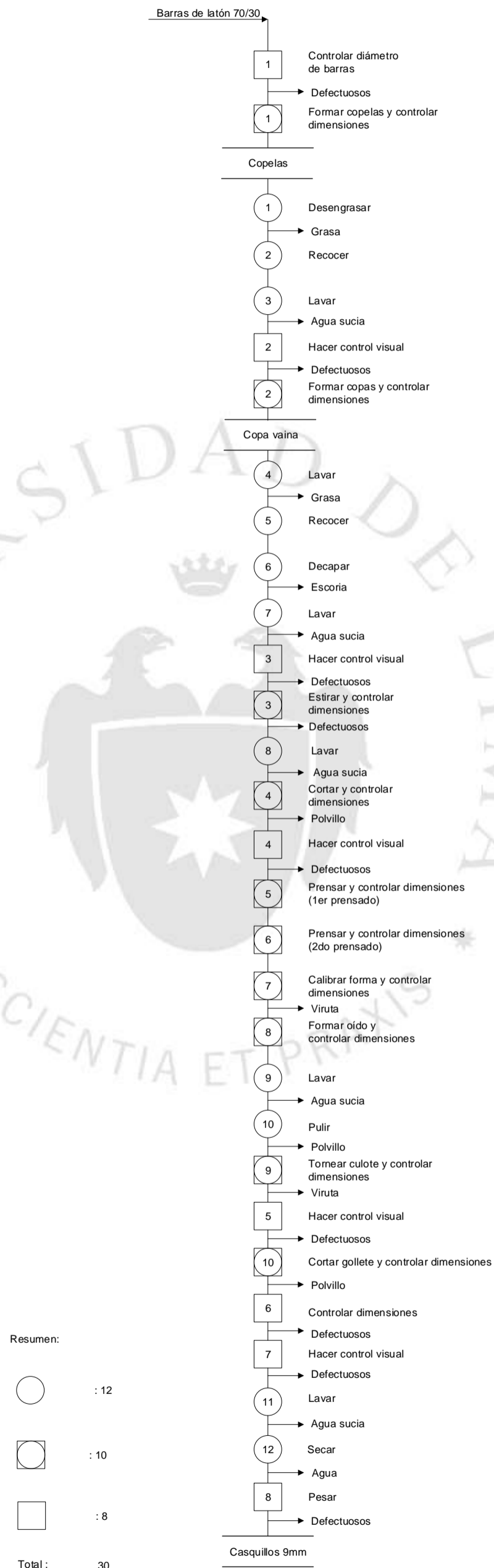
En el Taller de Encartuchado, a cada casquillo se le coloca el fulminante, el barniz, la pólvora y la bala obteniéndose la munición.

Por último, las municiones son enviadas al Taller de Embalaje donde son puestas en pequeñas bases de plástico que provienen de la Planta de Plásticos y son empaquetadas en pequeñas cajas de cartón para su presentación final para la venta y posteriormente ser almacenados en el Almacén de Productos Terminados.

2.3.4 Diagrama del proceso

Figura 2.9

DOP fabricación de casquillos 9 mm



Elaboración propia

Figura 2.10

DOP fabricación de balas 9 mm

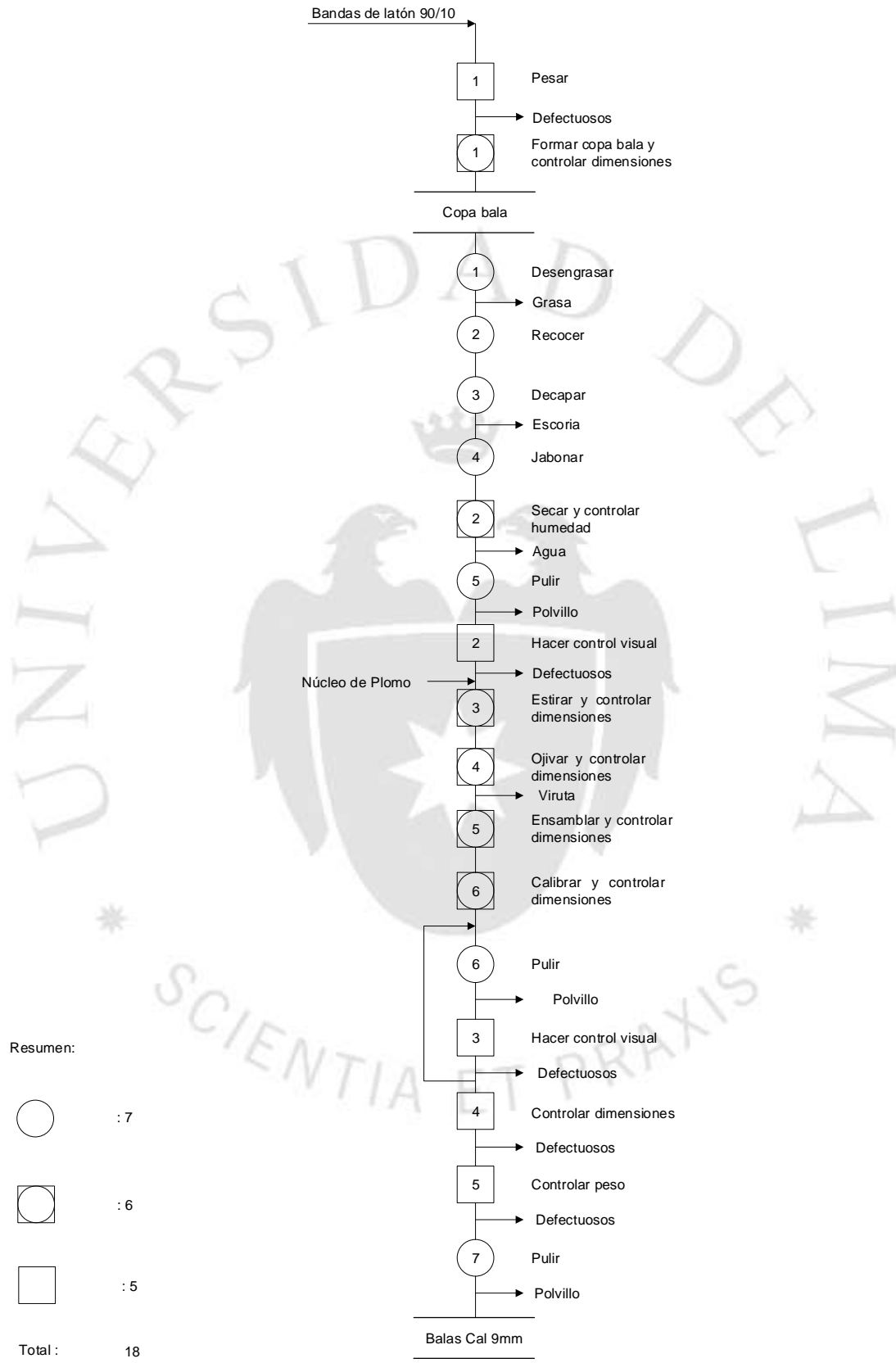


Tabla 2.8

DAP fabricación de casquillos 9 mm

CURSOGRAMA ANALÍTICO		OPERARIO / MATERIAL / EQUIPO						
DIAGRAMA núm: Hoja num:		RESUMEN						
Objeto:		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMÍA			
Actividad:		Operación	22					
Método: ACTUAL/PROPUESTO		Transporte	27					
		Espera	0					
		Inspección	18					
Lugar:		Almacenamiento	01					
Operarios(s):	Ficha num:	Distancia						
		Tiempo						
Compuesto por: César Vásquez V. Fecha:		Costo						
Aprobado por:	Fecha:	Mano de obra						
		Material						
DESCRIPCIÓN	C	D (m)	T (min)	SIMBOLO		Observaciones		
				○	□	▽		
1.Materia Prima en almacén						●	Barras de latón a PKE10	
2.Transportar barras a PKE10						●		
3.Controlar diámetro de barras						●		
4.Formar copela						●	PKE10	
5.Transportar a pulidora las copelas						●		
6.Desengrasar						●		
7.Transportar al horno						●	TTOE8/20R-OE2194	
8.Recocer						●		
9.Lavar						●	DV250	
10.Transportar a control visual 1						●		
11.Control visual 1						●		
12.Llevar a PKZ1						●		
13.Formar copa vaina						●	PKZ1	
14.Transportar las copas vainas a T300						●		
15.Lavar						●	T300	
16.Transportar al horno 2194						●		
17.Recocer						●	Color carbon, TTOE8/20R-OE2194	
18.Transportar copa vaina carbon T300						●		
19.Decapar						●	T300	
20.Transportar a DV250						●		
21.Lavar						●	DV250	
22.Transportar a control visual 2						●	(altura de copa vaina)	
23.Control visual de copa vaina						●		
24.Transportar a máquinas de estirado						●		
25.Estirar						●	PD23 / PD22	
26.Transportar a lavadero T300						●		
27.Lavar						●	DG250	
28.Transportar a máquina PDM6						●		
29.Cortar						●	Primer corte - PDM 6	
30.Transportar a contro visual 3						●		
31.Control visual de corte						●		
32.Transportar a PD4412						●		
33.Realizar primer prensado						●	PD44-10412M	
34.Realizar segundo prensado						●	PD44-10411M	
35.Transportar a PDM10						●		
36.Calibrar						●	PDM10	
37.Transportar a perforado de oído PD11						●		
38.Formar oído						●	PD11	
39.Transportar a lavadero T300						●		
40.Lavar						●	DG250	
41.Transportar a pulidoras						●		
42.Pulir						●	Pulir y desengrasar	
43.Transportar a PDM12						●		
44.Tornear culote						●	PDM12	
45.Transportar a control visual 4						●		
46.Control visual 4						●	Quitar viruta	
47.Transportar a PDM16						●		
48.Cortar						●	PDM16 - Corte final	
49.Transportar a control dimensional						●	PD43	
50.Control dimesimal de casquillos						●		
51.Transportar a control visual 5						●		
52.Control visual 5						●		
53.Transportar a mesa de secado						●	TRT DV13A	
54.Lavar						●	Usar gasolina	
55.Secar						●	Mesa de secado	
56.Trasladar a balanza						●		
57.Pesar en balanza						●		
58.Transportar a Taller de Encartuchados						●		
Total				22	27	0	18	1

Elaboración propia

Tabla 2.9

DAP fabricación de balas 9 mm

CURSOGRAMA ANALÍTICO		OPERARIO / MATERIAL / EQUIPO						
DIAGRAMA núm: Hoja num:		RESUMEN						
Objeto:	ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMÍA				
Actividad:	Operación	13						
Método: ACTUAL/PROPUESTO	Transporte	15						
	Espera	0						
Lugar:	Inspección	11						
	Almacenamiento	01						
Operarios(s): Ficha num:	Distancia							
	Tiempo							
Compuesto por: César Vásquez V. Fecha:	Costo							
	Mano de obra							
Aprobado por: Fecha:	Material							
DESCRIPCIÓN	C	D (m)	T (min)	SIMBOLO		Observaciones		
1.Cinta de latón en almacén				○	□	●	Latón 90/10	
2.Llevar cinta a balanza						●		
3.Pesar cinta de latón						●		
4.Transportar cinta a PB0A						●		
5.Formar copa bala						●	PB0A	
6.Transportar copa bala a W300						●		
7.Desengrasar copa bala						●	W300	
8.Transportar copa bala horno TTOE						●		
9.Recocer copa bala						●	TTOE	
10.Transportar a T300						●		
11.Decapar copa bala						●	T300	
12.Transportar a maquina de jabonado						●		
13.Jabonar copa bala						●		
14.Transportar a mesa de secado						●		
15.Secar						●	Mesa de secado	
16.Transportar a pulidora						●		
17.Pulir						●	PD15B	
18.Transportar a control visual 1						●		
19.Hacer control visual 1						●		
20.Transportar a PB31/14						●		
21.Estirar						●	PB31/14	
22.Ojivar						●	PB31/14	
23.Ensamblar						●	PB31/14	
24.Calibrar						●	PB31/14	
25.Transportar a pulido						●		
26.Pulir						●		
27.Transportar a control visual 2						●		
28.Hacer control visual 2						●		
29.Transportar a control dimensional y peso						●		
30.Controlar dimensiones						●	PB30	
31.Controlar peso						●	PB11S	
32.Transportar balas a pulidora						●		
33.Pulir						●	PD15B	
34.Transportar a Taller de Encartuchado						●		
Total				13	15	0	11	01

Elaboración propia

Figura 2.11

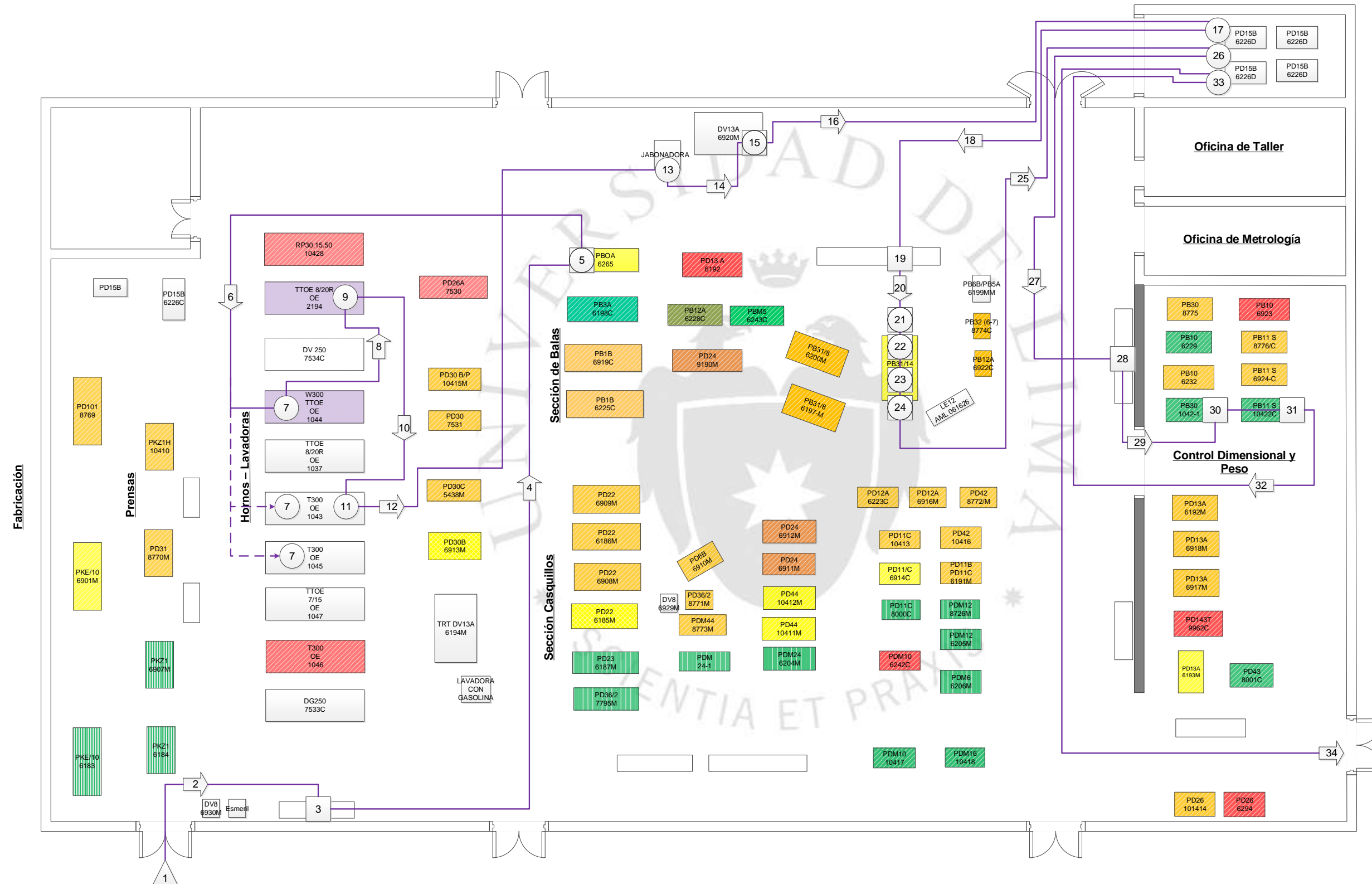
Diagrama de recorrido de casquillos 9mm



Nota 1: La escala empleada en la elaboración del plano fue de 1:25 m.
Elaboración propia

Figura 2.12

Diagrama de recorrido de balas 9mm



Nota 1: La escala empleada en la elaboración del plano fue de 1:25 m.
Elaboración propia

2.4. Identificación de los principales indicadores de gestión

A continuación, se muestran los indicadores de desempeño tomados de las líneas de fabricación de casquillos y balas de calibre 9mm dentro de la Planta de Fabricación.

Tabla 2.10

Eficacia y eficiencia de las líneas de casquillos y balas de calibre 9mm

Línea	Casquillos	Balas
Eficacia	100%	100%
Eficiencia	71.92%	46.42%

Elaboración propia

Tabla 2.11

Productividad Parcial de cada máquina de las líneas de casquillos y balas de calibre 9mm

Línea	Proceso	Máquina	Productividad Parcial (unidades producidas/H-M)	Productividad Parcial Teórica (unidades producidas/H-M)
Casquillos	Formación de Copela	PKE10 - 6183	2,312	3,600
		PKE10 - 6901	2,039	3,600
	Formación de Copa Vaina	PKZ1 - 6184	2,504	4,080
		PKZ1 - 6907M	2,425	4,080
	Estirado	PD22-6185	2,187	3,300
	1er Corte de Boca	PDM6 - 6206	3,750	4,500
	1er Prensado	PD44 -10412	2,680	3,900
	2do Prensado	PD44 - 10411M	2,953	3,900
	Calibrado de Cuerpo y Gollete	PDM10 / PD30B	3,032	3,900
	Perforación de oídos	PD11C 8000	3,744	4,920
	Torneado de Culote	PDM12 - 8726M	2,516	3,300
	Corte Final	PDM16 - 10418	3,145	3,600
	Control Dimensional	PD13A-6193M	2,411	3,000
		PD43 - 8001C	1,975	2,700
Balas	Formación de Copa Bala	PB0A- 6265	8,063	22,080
	Ensamblado de Bala	PB31/14 -10419	3,835	6,600
	Control de Peso	PB11S - 10422C	2,947	3,300

Fuente: FAME S.A.C., (2017)

Si bien la Planta de Fabricación cumple con su Plan de Producción pues las capacidades de sus máquinas le permiten cumplir con los pedidos a pesar de la cantidad de horas perdidas por paradas, no lo realiza de manera eficiente. A continuación, se muestran los grupos de paradas identificados:

Tabla 2.12

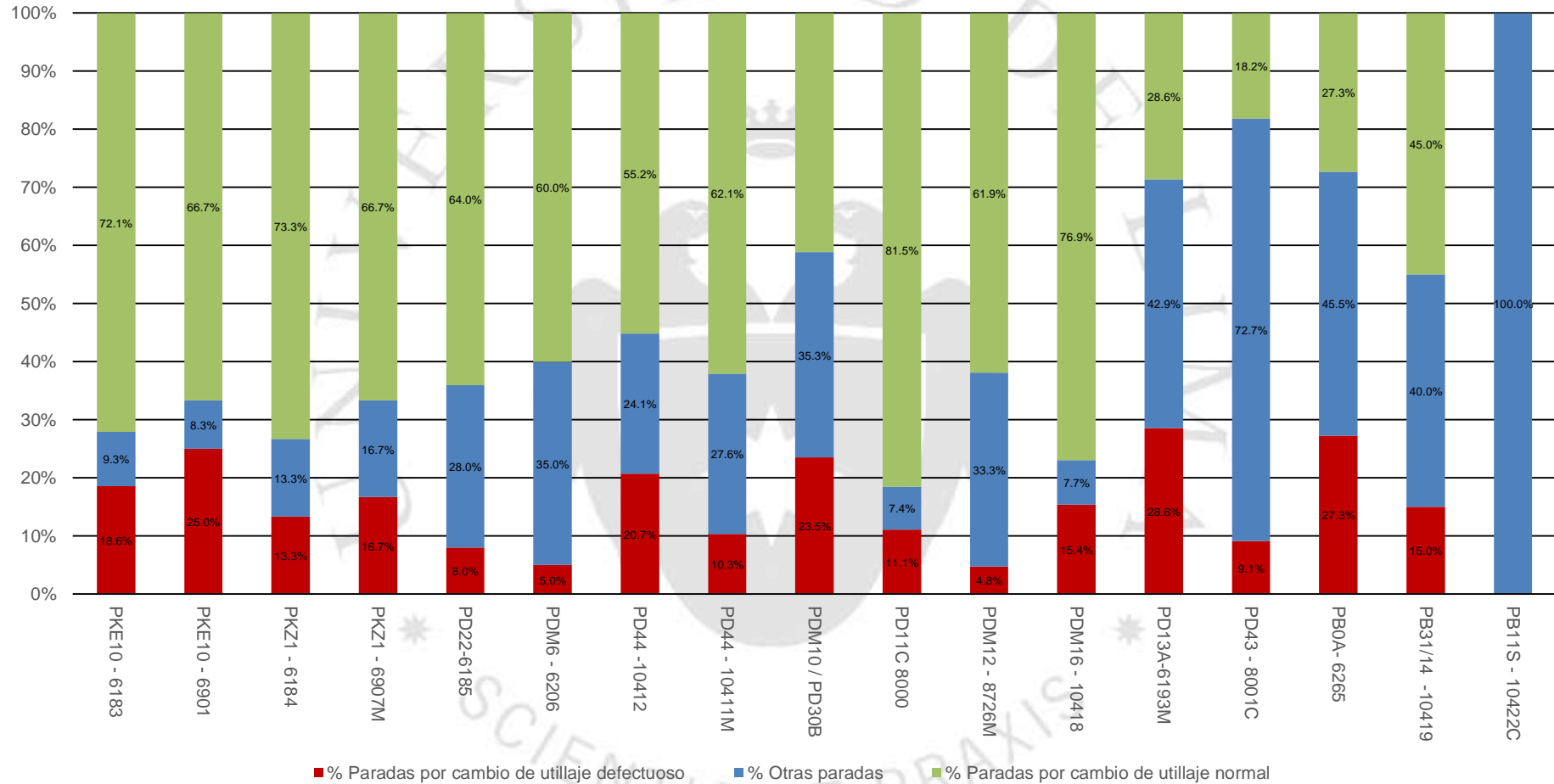
Número de paradas en un mes por tipo de parada para cada máquina de las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación

Proceso	Etiquetas de fila	Otras paradas	Paradas por cambio de utillaje normal	Paradas por cambio de utillaje defectuoso	Total de paradas	% Otras paradas	% Paradas por cambio de utillaje normal	% Paradas por cambio de utillaje defectuoso
Formación de Copela	PKE10 - 6183	4.00	31.00	8.00	43.00	9.30%	72.09%	18.60%
	PKE10 - 6901	3.00	24.00	9.00	36.00	8.33%	66.67%	25.00%
Formación de Copa Vaina	PKZ1 - 6184	4.00	22.00	4.00	30.00	13.33%	73.33%	13.33%
	PKZ1 - 6907M	5.00	20.00	5.00	30.00	16.67%	66.67%	16.67%
Estirado	PD22-6185	7.00	16.00	2.00	25.00	28.00%	64.00%	8.00%
1er Corte de Boca	PDM6 - 6206	7.00	12.00	1.00	20.00	35.00%	60.00%	5.00%
1er Prensado	PD44 -10412	7.00	16.00	6.00	29.00	24.14%	55.17%	20.69%
2do Prensado	PD44 - 10411M	8.00	18.00	3.00	29.00	27.59%	62.07%	10.34%
Calibrado de Cuerpo y Gollete	PDM10 / PD30B	6.00	7.00	4.00	17.00	35.29%	41.18%	23.53%
Perforación de oídos	PD11C 8000	2.00	22.00	3.00	27.00	7.41%	81.48%	11.11%
Torneado de Culote	PDM12 - 8726M	7.00	13.00	1.00	21.00	33.33%	61.90%	4.76%
Corte Final	PDM16 - 10418	1.00	10.00	2.00	13.00	7.69%	76.92%	15.38%
Control Dimensional	PD13A-6193M	3.00	2.00	2.00	7.00	42.86%	28.57%	28.57%
	PD43 - 8001C	8.00	2.00	1.00	11.00	72.73%	18.18%	9.09%
Formación de Copa Bala	PB0A- 6265	5.00	3.00	3.00	11.00	45.45%	27.27%	27.27%
Ensamblado de Bala	PB31/14 -10419	8.00	9.00	3.00	20.00	40.00%	45.00%	15.00%
Control de Peso	PB11S - 10422C	3.00	-	-	3.00	100.00%	0.00%	0.00%

Elaboración propia

Figura 2.13

Porcentaje de la cantidad de paradas por tipo de parada para las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación



Elaboración propia

Tabla 2.13

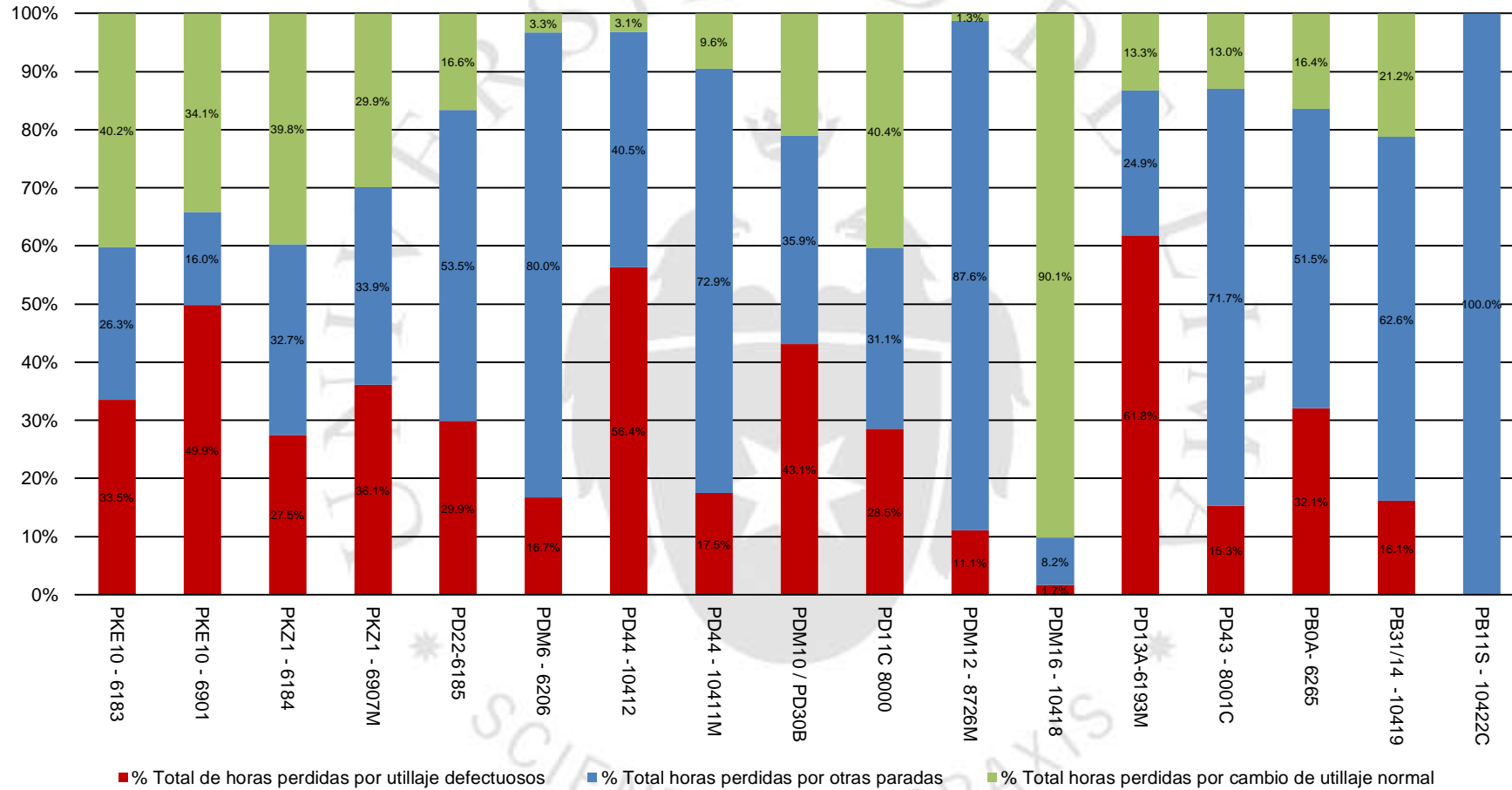
Total de las horas perdidas en un mes por tipo de parada para cada máquina de las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación

Proceso	Etiquetas de fila	Total de horas perdidas por otras paradas	Total de horas perdidas por parada por cambio de utillaje normal	Total de horas perdidas por parada por cambio de utillaje defectuoso	% Total horas perdidas por otras paradas	% Total horas perdidas por parada por cambio de utillaje normal	% Total de horas perdidas por parada por utillaje defectuoso
Formación de Copela	PKE10 - 6183	18.25	27.91	23.27	26.28%	40.21%	33.51%
	PKE10 - 6901	12.08	25.79	37.67	15.99%	34.14%	49.87%
Formación de Copa Vaina	PKZ1 - 6184	21.28	25.85	17.89	32.73%	39.76%	27.51%
	PKZ1 - 6907M	21.83	19.28	23.26	33.92%	29.94%	36.14%
Estirado	PD22-6185	30.67	9.54	17.12	53.49%	16.65%	29.87%
1er Corte de Boca	PDM6 - 6206	20.53	0.84	4.29	80.01%	3.28%	16.71%
1er Prensado	PD44 -10412	21.96	1.71	30.59	40.47%	3.14%	56.38%
2do Prensado	PD44 - 10411M	30.98	4.06	7.44	72.93%	9.55%	17.52%
Calibrado de Cuerpo y Gollete	PDM10 / PD30B	16.19	9.49	19.44	35.88%	21.03%	43.09%
Perforación de oídos	PD11C 8000	12.80	16.63	11.75	31.09%	40.38%	28.54%
Torneado de Culote	PDM12 - 8726M	30.08	0.44	3.80	87.65%	1.27%	11.09%
Corte Final	PDM16 - 10418	1.56	17.12	0.32	8.20%	90.14%	1.66%
Control Dimensional	PD13A-6193M	4.16	2.22	10.34	24.89%	13.29%	61.82%
	PD43 - 8001C	30.49	5.52	6.52	71.69%	12.99%	15.33%
Formación de Copa Bala	PB0A- 6265	31.75	10.13	19.82	51.46%	16.41%	32.12%
Ensamblado de Bala	PB31/14 -10419	41.36	14.03	10.64	62.64%	21.25%	16.11%
Control de Peso	PB11S - 10422C	13.20	-	-	100.00%	-	-
		359.17	190.56	244.16			

Elaboración propia

Figura 2.14

Porcentaje de las horas perdidas por tipo de parada para las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación



Elaboración propia

Tabla 2.14

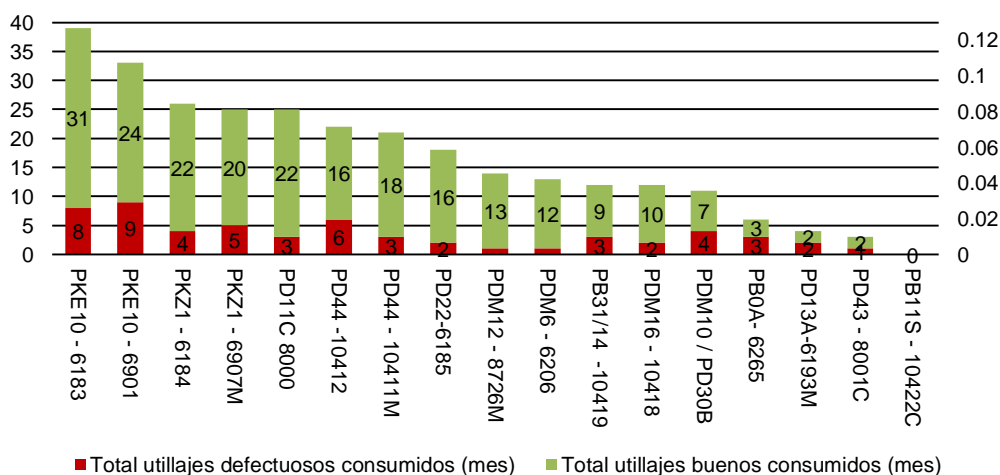
Participación de utillajes defectuosos y total de utillajes consumidos por máquina en las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación

	a	b	$a / (a + b) = c$	$a + b = d$	$d / \text{Suma total } d(i)$
Etiquetas de fila	Total utillajes defectuosos consumidos (mes)	Total utillajes buenos consumidos (mes)	Utillajes defectuosos / Total de utillajes (mes)	Total utillajes consumidos (mes)	Utillajes consumidos por máquina / Total de utillajes consumidos (mes)
PKE10 - 6183	8.00	31.00	20.51%	39.00	13.73%
PKE10 - 6901	9.00	24.00	27.27%	33.00	11.62%
PKZ1 - 6184	4.00	22.00	15.38%	26.00	9.15%
PKZ1 - 6907M	5.00	20.00	20.00%	25.00	8.80%
PD11C 8000	3.00	22.00	12.00%	25.00	8.80%
PD44 -10412	6.00	16.00	27.27%	22.00	7.75%
PD44 - 10411M	3.00	18.00	14.29%	21.00	7.39%
PD22-6185	2.00	16.00	11.11%	18.00	6.34%
PDM12 - 8726M	1.00	13.00	7.14%	14.00	4.93%
PDM6 - 6206	1.00	12.00	7.69%	13.00	4.58%
PB31/14 -10419	3.00	9.00	25.00%	12.00	4.23%
PDM16 - 10418	2.00	10.00	16.67%	12.00	4.23%
PDM10 / PD30B	4.00	7.00	36.36%	11.00	3.87%
PB0A- 6265	3.00	3.00	50.00%	6.00	2.11%
PD13A-6193M	2.00	2.00	50.00%	4.00	1.41%
PD43 - 8001C	1.00	2.00	33.33%	3.00	1.06%
PB11S - 10422C	-	-	0.00%	-	0.00%

Elaboración propia

Figura 2.15

Cantidad de utillajes buenos y defectuosos en un mes de cada máquina de las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación



Elaboración propia

2.5. Identificación de los problemas principales

A continuación, se determinó que el 76.34% de las paradas en las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación son originadas por cambio de utillaje normal (61.02% del total de paradas) y por paradas por cambio de utillaje defectuoso (15.32% del total de paradas). Cabe mencionar que las paradas por cambio de utillaje normal no se pueden eliminar, ya que son necesarias por el desempeño normal de las máquinas.

Sin embargo, no deberían existir paradas por utillaje defectuoso dado que es política de la Planta de Fabricación que no existan utillajes con un rendimiento menor al esperado, ya que los utillajes deben llegar en perfectas condiciones desde la Planta de Utillajes.

Tabla 2.15

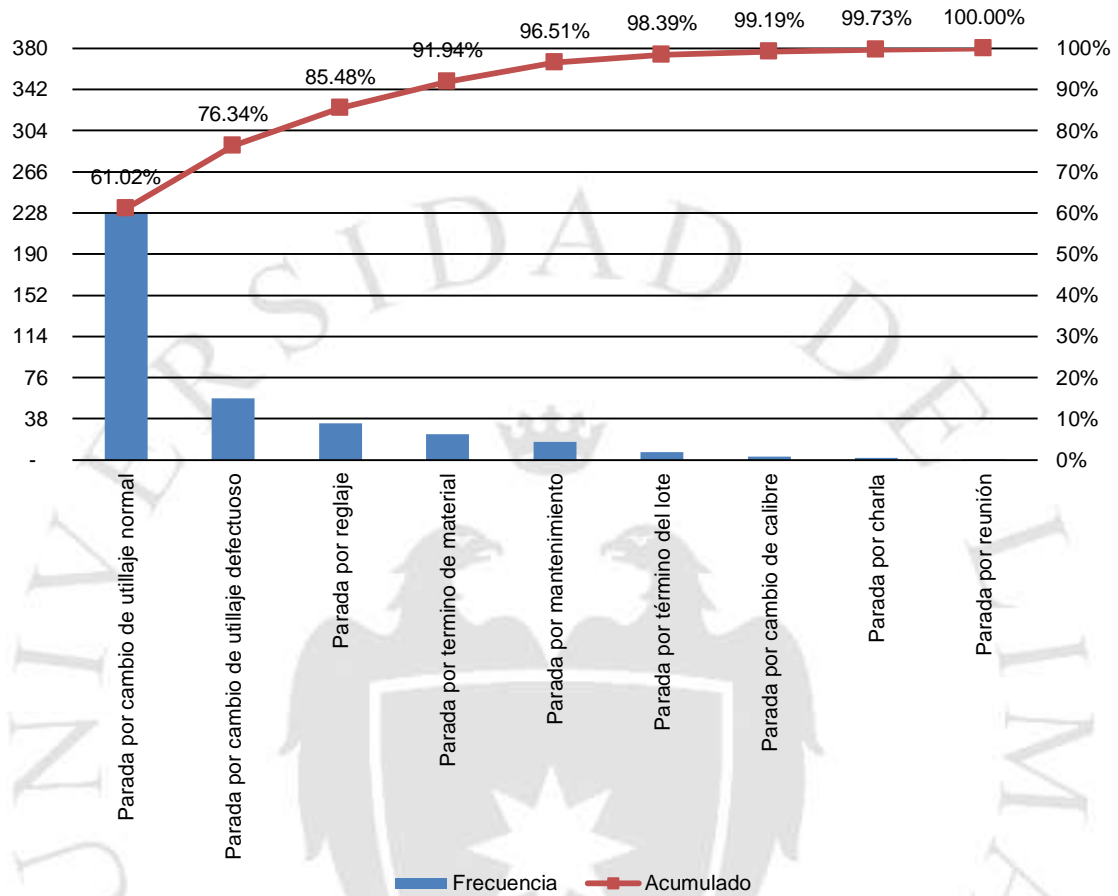
Principales paradas en las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación

Tipo de parada	Frecuencia	% Frecuencia	Acumulado
Parada por cambio de utillaje normal	227	61.02%	61.02%
Parada por cambio de utillaje defectuoso	57	15.32%	76.34%
Parada por reglaje	34	9.14%	85.48%
Parada por termino de material	24	6.45%	91.94%
Parada por mantenimiento	17	4.57%	96.51%
Parada por término del lote	7	1.88%	98.39%
Parada por cambio de calibre	3	0.81%	99.19%
Parada por charla	2	0.54%	99.73%
Parada por reunión	1	0.27%	100.00%
Total	372	100.00%	

Elaboración propia

Figura 2.16

Diagrama de Pareto de las principales paradas en las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación



Elaboración propia

En el siguiente cuadro se puede visualizar el elevado promedio de horas perdidas por una parada de utillaje defectuoso en conjunto con las veces que ocurren estas paradas en un mes.

Tabla 2.16

Principales paradas en las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación según el promedio de las horas perdidas

Tipo de paradas	Promedio de horas perdidas según tipo de paradas	Frecuencia mensual	Total de horas mensuales
Parada por cambio de utillaje normal	1.17	227	265.44
Parada por cambio de utillaje defectuoso*	4.19	57	238.83
Parada por reglaje	4.42	34	150.39
Parada por termino de material	4.28	24	102.70
Parada por mantenimiento	5.08	17	86.36
Parada por término del lote	5.43	7	38.00
Parada por cambio de calibre	5.20	3	15.60
Parada por charla	4.44	2	8.88
Parada por reunión	1.94	1	1.94

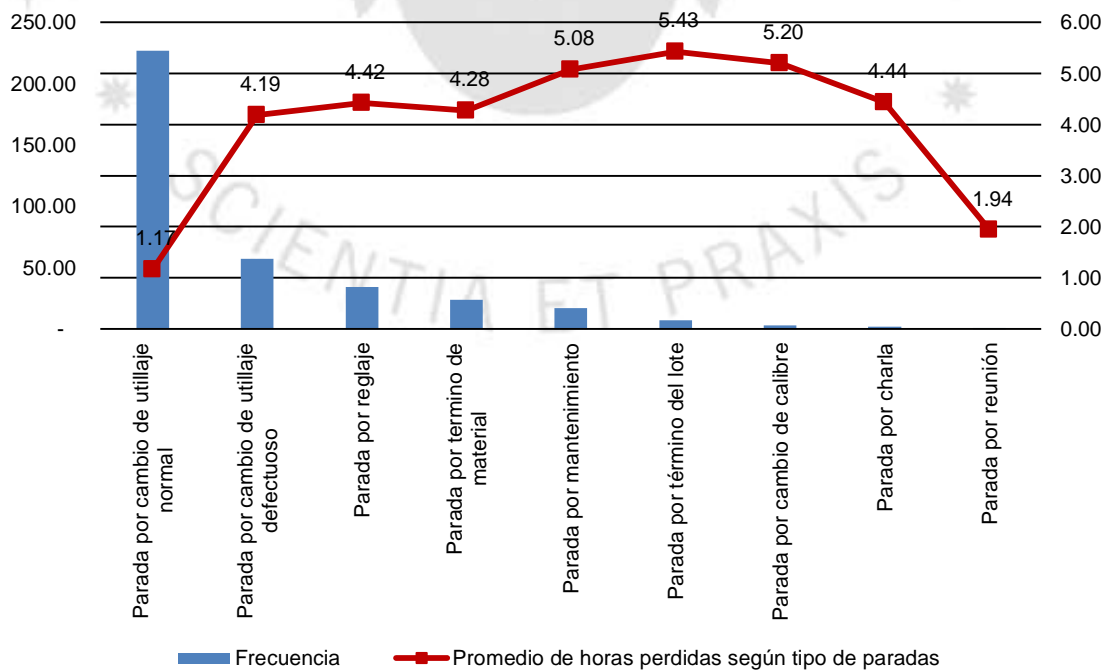
Nota: (*) Dado que la obtención de las 238.83 horas perdidas es el producto de las 57 paradas con un el valor promedio de 4.19 horas perdidas por parada, se obtiene una diferencia en el valor original de 244.16 horas perdidas por cambio de utillaje defectuoso visto en la tabla 2.13.

Elaboración propia

Podemos concluir que el principal problema de las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación es la alta frecuencia de paradas por cambio de utillaje defectuoso y su impacto en las horas hombre perdidas.

Figura 2.17

Promedio de horas perdidas de las principales paradas en la Planta de Fabricación de casquillos y balas de 9mm



Elaboración propia

CAPÍTULO III: DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA OBJETO DE ESTUDIO

3.1. Determinación de las causas raíces de los problemas seleccionados

A continuación, se emplea el diagrama de Ishikawa para la determinar las causas raíces del problema: Paradas por utillajes defectuosos en las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación, teniendo en cuenta que los utillajes provienen de la Planta de Utillajes.

Dentro de la Planta de Utillajes, en primer lugar, se determinó que la selección de las barras de acero para la producción de los utillajes no es la más adecuada debido a que al cortar una barra de acero por vez primera esta pierde el color de identificación con el que cuenta en la cara frontal ocasionando que para usos posteriores del resto de la barra, los operarios no puedan reconocer el tipo de acero al que pertenece. A esto se suma que el almacén carece de cualquier otra identificación para las barras de acero.

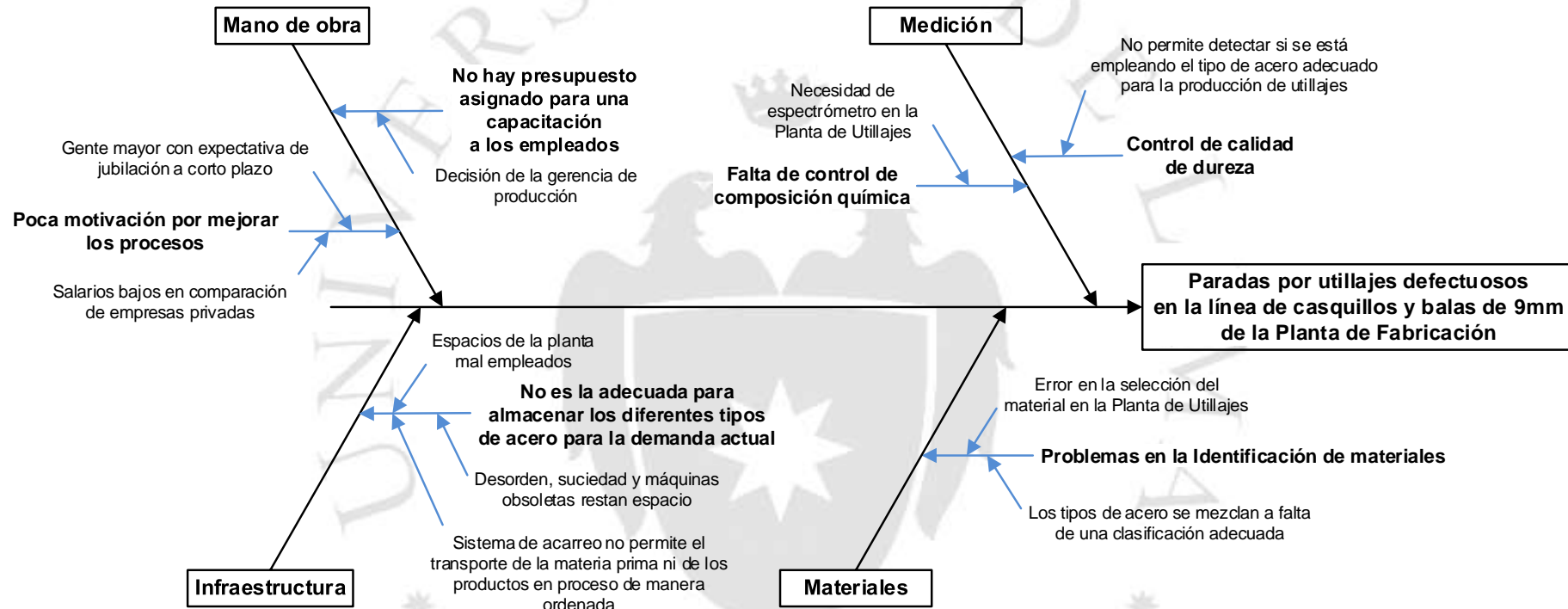
Adicionalmente, se halló que el control de calidad empleado actualmente no puede determinar la composición del acero empleado, en caso no se conozca el tipo de acero seleccionado producto de la falta del color de identificación en la cara frontal de la barra de acero.

Por otro lado, existe un ambiente de trabajo desordenado y sucio, así como la cercanía a la jubilación que tienen algunos operarios, la poca motivación por mejorar los procesos actuales, los salarios bajos y la falta de asignación de un presupuesto para la capacitación constante de los operarios.

De dicho análisis, se concluye que la solución debe enfocarse en la Planta de Utillajes, ya que es allí de donde provienen los utillajes.

Figura 3.1

Diagrama de Ishikawa para el problema principal de las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación



Elaboración propia

3.2. Diagnóstico de los problemas principales

3.2.1. Planificación del diagnóstico

Tabla 3.1

Cronograma del diagnóstico

Actividades	Objetivo de la actividad	Documentación necesaria	Nombres de los recursos	Resultado esperado
I. Planificación (Duración: 15 días)				
Reunión con el Gerente General de FAME S.A.C.	Definir la problemática de FAME S.A.C.	-	- Wendy Gamboa - César Vásquez - Gerente General	Problemática preliminar conocida
Reunión con el Gerente General y el Gerente de Producción.	Definir los objetivos, el alcance, recursos y presupuesto para el proyecto.	-	- César Vásquez - Gerente de Producción - Gerente General - Wendy Gamboa	Conocer el alcance y limitaciones para solucionar el problema.
Solicitar reuniones con los trabajadores y operarios de la Planta de Fabricación y la Planta de Utillajes.	Definir al equipo de trabajo.	Organigrama de FAME S.A.C. y lista de empleados de la Planta de Fabricación y la Planta de Utillajes.	- Analistas de la Gerencia de Producción - Asistentes de la Oficina Técnica de Producción (Utillajes) - César Vásquez - Wendy Gamboa	Lista de personas que proporcionaran la información necesaria para el diagnóstico.
Elaborar cronograma.	Programar las actividades necesarias para realizar el diagnóstico.	-	- César Vásquez - Wendy Gamboa	Cronograma del diagnóstico.
Definir consideraciones generales para la investigación.	Delinear método de diagnóstico, estipular fuentes y medios de recopilación de información.	Página web oficial de FAME S.A.C., portal "Transparencia", bibliografía relacionada.	- César Vásquez - Wendy Gamboa	Plan de investigación definido.
II. Diagnóstico de la empresa (Duración: 20 días)				
Realizar investigación sobre el marco global de la producción de municiones.	Realizar diagnóstico estratégico.	MACRO EXPLORER	- César Vásquez - Wendy Gamboa	Realizar parte del diagnóstico estratégico.
Analizar las fuerzas competitivas	Realizar diagnóstico estratégico.	Página web oficial de FAME S.A.C. e información adicional que pueda proporcionar la empresa.	- César Vásquez - Wendy Gamboa - Analistas de la Gerencia de Producción	Terminar diagnóstico estratégico.
Solicitar información de los procesos más importantes de FAME S.A.C. y selección del proceso a mejorar.	Realizar diagnóstico de procesos.	Información que pueda proporcionar la empresa y organigramas de FAME S.A.C.	- César Vásquez - Wendy Gamboa - Analistas de la Gerencia de Producción	Diagnóstico de procesos terminado.

(continúa)

(continuación)

Solicitar información sobre paradas en la Planta de Fabricación.	Elaborar indicadores que ayuden a identificar problemas.	-	- César Vásquez - Wendy Gamboa - Analistas de la Gerencia de Producción	Base de datos de donde obtener indicadores.
Elaboración de indicadores de la Planta de Fabricación.	Identificar problemas.	Reportes sobre paradas en la Planta de Fabricación.	- César Vásquez - Wendy Gamboa	Indicadores listos.
Elaboración de histograma con problemas encontrados.	Identificar problemas principales.	Reportes sobre paradas en la Planta de Fabricación.	- César Vásquez - Wendy Gamboa	Problemas principales identificados.
Buscar causas raíces y elaborar Diagrama de Ishikawa y el método de Tibauth.	Identificar causas raíces.	-	- César Vásquez - Wendy Gamboa - Asistentes de la Oficina Técnica de Producción (Utillajes) - Jefe de Planta (Fabricación y Utillajes) - Operarios (Fabricación y Utillajes)	Causas raíces identificadas.
III. Propuesta de la solución (Duración: 90 días)				
Plantear propuestas de solución al problema identificado y seleccionar.	Tener alternativas que solucionen el problema y vayan de acuerdo a lo solicitado por la gerencia de FAME S.A.C.	Bibliografía relacionada.	- César Vásquez - Wendy Gamboa	Propuesta de solución a implementar.
Elaborar lista de las actividades necesarias para la implementación de la solución.	Definir detalle de la solución escogida.	-	- César Vásquez - Wendy Gamboa	Detalle de la propuesta de solución.
Evaluación económica de la solución escogida.	Definir si la solución de viable económicamente.	Información de costos de materia prima y mano de obra de FAME S.A.C.	- César Vásquez - Wendy Gamboa	Propuesta viable económicamente.
IV. Implementación de solución y control (Duración: 166 días)				
Implementación de la solución elegida.	Implementar las 5'S, la cual incluye una redistribución para el ordenamiento de las áreas, en la Planta de Utillajes	-	- César Vásquez - Wendy Gamboa - Operarios (Planta de Utillajes y de Fabricación)	Solución elegida implementada.
Realizar auditorías periódicas.	Controlar que se mantengan las 5'S en la Planta de Utillajes.	-	- César Vásquez - Wendy Gamboa	Continuidad de la mejora en el tiempo.

Elaboración propia

3.2.2. Análisis de los indicadores

El total de horas perdidas en un mes por cambio de utillaje defectuoso muestra que las máquinas de mayor relevancia para el análisis según sus iniciales son las dos máquinas PKE10 y las dos máquinas PKZ1 de la línea de casquillos de 9mm, las cuales inician el proceso de fabricación y por lo tanto tienen un mayor nivel de impacto y urgencia en la Planta de Fabricación.

Tabla 3.2

Análisis de indicadores

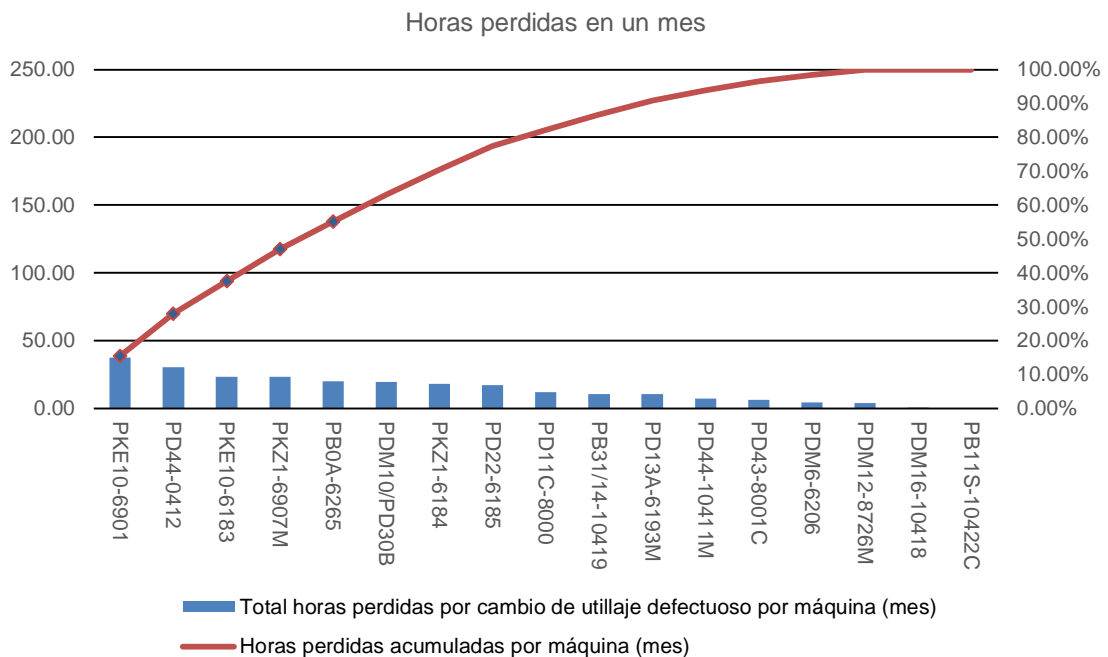
Secuencia de proceso	Línea	Código de máquina	Total horas perdidas por cambio de utillaje defectuoso por máquina (mes)	%Total horas perdidas por cambio de utillaje defectuoso por máquina (mes)	Horas perdidas acumuladas por máquina (mes)
1C	C	PKE10-6901	37.67	15.43%	15.43%
5C	C	PD44-0412	30.59	12.53%	27.96%
1C	C	PKE10-6183	23.27	9.53%	37.49%
2C	C	PKZ1-6907M	23.26	9.53%	47.01%
1B	B	PB0A-6265	19.82	8.12%	55.13%
7C	C	PDM10/PD30B	19.44	7.96%	63.09%
2C	C	PKZ1-6184	17.89	7.33%	70.42%
3C	C	PD22-6185	17.12	7.01%	77.43%
8C	C	PD11C-8000	11.75	4.81%	82.25%
2B	B	PB31/14-10419	10.64	4.36%	86.60%
11C	C	PD13A-6193M	10.34	4.24%	90.84%
6C	C	PD44-10411M	7.44	3.05%	93.89%
11C	C	PD43-8001C	6.52	2.67%	96.56%
4C	C	PDM6-6206	4.29	1.76%	98.31%
9C	C	PDM12-8726M	3.80	1.56%	99.87%
10C	C	PDM16-10418	0.32	0.13%	100.00%
4B	B	PB11S-10422C	0.00	0.00%	100.00%
Total			244.18		

Nota: La inicial "C" hace referencia a la línea de casquillos y la inicial "B" hace referencia a la línea de balas.

Elaboración propia

Figura 3.2

Diagrama de Pareto para las horas perdidas en un mes por utillajes defectuosos por máquina de la Planta de Fabricación de casquillos y balas de 9mm



Nota: En las abscisas podemos visualizar el código de las máquinas, no del utillaje utilizado en cada máquina.

Elaboración propia

3.2.3. Aplicación de los métodos de diagnóstico

A continuación, se aplica el método de Tibauth para el diagnóstico del área de operaciones de las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación.

“Análisis de Resultados de paradas por utillajes defectuosos en la Planta de Fabricación para la producción de casquillos y balas de 9mm”

KPI = 18.38% de paradas por utillajes defectuosos del total de paradas en las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación.

- **Políticas**

- Políticas de producción:

- Se tienen políticas estrictas de mantenimiento preventivo para todas las máquinas de las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación.

- Es política de la Planta de Fabricación que no existan paradas por utillaje defectuoso en las líneas de casquillos y balas de 9mm.
- Es política de la Planta de Utillajes que todos los productos pasen por el área de control de calidad para su respectiva inspección.
- Políticas de inventarios
 - No se cuenta con un stock de seguridad para cada tipo de utillaje empleado en las máquinas de las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación.
- **Recursos**
 - Los utillajes que emplean las máquinas para su funcionamiento se rompen antes de completar su rendimiento histórico mínimo requerido provocando que las máquinas se detengan para la reposición del utillaje defectuoso.
 - Las paradas por cambio de utillaje defectuoso tienen una duración unitaria superior (4.19 horas) a las de otras paradas identificadas ocasionando un alto consumo de las horas-hombre disponibles.
 - La Gerencia de Producción es la encargada de elaborar el plan de producción de la Planta de Fabricación y la Planta de Utillajes para todo el año, sin embargo, la Planta de Utillajes no está cumpliendo con el plan de producción establecido, ya que se encuentra en la necesidad de producir utillajes adicionales en consecuencia de su bajo rendimiento.
- **Procedimientos**
 - Existen procedimientos establecidos por la Gerencia de Producción para solicitar un lote de utillajes mediante el cual, en una hoja de registro, se define el tipo de utillaje, identificado de acuerdo al código de su plano respectivo, y la cantidad de utillajes necesitada.

- Cada tipo de utillaje cuenta con una ficha técnica donde se indica el tipo de acero que se debe utilizar para su fabricación.

- **Relación con otros procedimientos**

- Los utillajes son abastecidos por la Planta de Utillajes, proveedor interno de FAME S.A.C.
- La Planta de Utillajes está abasteciendo utillajes defectuosos afectando el plan de producción de la Planta de Fabricación.

De la aplicación del método de Tibauth, se identifica que la solución debe aplicarse en la Planta de Utillajes donde la causa principal es la desorganización de la planta que no permite una adecuada selección de la materia prima con la que se fabrican los utillajes.



CAPÍTULO IV: DETERMINACIÓN DE LA SOLUCIÓN PARA LOS PROBLEMAS ENCONTRADOS

4.1. Análisis FODA

4.1.1. Factores FODA

Entre las fortalezas y debilidades tenemos:

- **Fortalezas**

- La Planta de Utillajes cuenta con personal antiguo, de confianza y con experiencia en trabajos de gran precisión.
- Amplio terreno donde poder ampliar su infraestructura.
- La Planta de Utillajes es un proveedor indispensable y crítico dentro de la cadena de suministro de FAME S.A.C. y por ello tiene una demanda constante.
- La línea de producción de Utillajes es versátil en cuanto a sus procesos de producción, por lo que la planta no requiere de proveedores externos para la fabricación de la mayoría de productos.

- **Debilidades**

- * ○ Se tiene una alta rotación de los trabajadores más jóvenes debido a los bajos sueldos que se ofrecen. Además, no se capacita constantemente a los operarios nuevos.
- La gran mayoría de operarios son adultos mayores, por lo que puede resultar difícil que se adapten a un cambio en su forma de trabajo. Además, algunos de ellos se encuentran próximos a jubilarse en unos 3 o 4 años y podrían dejar puestos de trabajo sin un sucesor adecuado.
- La producción de Utillajes es directamente proporcional a la demanda de municiones de 9 mm a producir.
- Debido a la falta de un Almacén de Materia Prima debidamente clasificado según el tipo de acero existe el riesgo latente de producirse

un error al escoger el material a trabajar, provocando que el producto no tenga el rendimiento adecuado y se pierdan horas-hombre en paradas no planificadas. Además, esto provocó la necesidad de producir utillajes adicionales para producir las municiones requeridas en el plan de producción provocando costos adicionales de materia prima y horas hombre.

- Dado que la Planta de Utillajes lleva alrededor de 30 años en funcionamiento, existen máquinas obsoletas y máquinas en buen estado que ya no se utilizan en la actualidad, ocupando un espacio importante de la planta; en consecuencia, la disposición de planta no se ha adaptado de manera óptima para la producción actual de los tipos de utillajes requeridos por la Planta de Fabricación.
- El Jefe de planta asignado es un personal con formación militar mas no especializada en sistemas de producción y gestión empresarial. Esto genera una la falta de conocimientos necesarios y un perfil adecuado para administrar correctamente los recursos y optimizar la forma de trabajo en la Planta de Utillajes.

Entre las oportunidades y amenazas tenemos:

- **Oportunidades**

- El Estado creó la Ley FAME para las operaciones de FAME S.A.C., por lo tanto, la continuidad de su funcionamiento está asegurado y se requiere priorizar una mejora para su correcto desempeño.
- Constante lucha contra el narcotráfico en el Perú y el incremento de la inseguridad ciudadana influye en la demanda de material de guerra y de seguridad, de esta manera se asegura la demanda de utillajes para la fabricación de municiones.
- La fábrica se encuentra enmarcada como una industria del Ministerio de Defensa, perteneciente al Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado (FONAFE), por lo que cuenta con financiamiento propio para la implementación de una mejora.

- **Amenazas**
 - Las fábricas extranjeras cuentan con municiones más económicas para la venta, lo que puede generar que FAME pierda un porcentaje de la participación del mercado nacional y a su vez disminuye la demanda de utillajes.
 - Existen oportunidades laborales con mejor remuneración para los operarios metalmecánicos, por lo que podría ocasionar una fuga de talentos.

4.1.2. Determinación de estrategias

- **Fortalezas – Oportunidades:**
 - Optimizar las condiciones de trabajo de la Planta de Utillajes de la mano de los operarios más antiguos, ya que ellos transmitirán el know-how a los operarios más jóvenes asegurando el correcto funcionamiento de la Planta de Utillajes en la continuidad del tiempo.
- **Fortalezas – Amenazas:**
 - Brindar reconocimiento público a los operarios más antiguos por su desempeño en la Planta de Utillajes, motivándolos a contribuir con la mejora necesaria.
- **Debilidades – Oportunidades:**
 - Implementar un Almacén de materias primas que permita clasificar los aceros por su diámetro y tipo, para prevenir errores al momento de seleccionar la materia prima, eliminando los utillajes defectuosos.
 - Modernizar y optimizar el layout de la Planta de Utillajes reubicando las áreas que sean necesarias para que se adapte a los productos que actualmente se producen en la misma planta.
- **Debilidades – Amenazas:**
 - Atraer a jóvenes talentos mediante la proyección de una imagen competitiva de la empresa, con constantes capacitaciones para mantener el cambio alcanzado, y reconocimientos públicos por sus

logros alcanzados, formándolos para tener línea de carrera en la empresa.

4.1.3. Definición de los objetivos y metas de mejora

Los objetivos de la solución planteada apuntan a:

- Incrementar la productividad parcial de mano de obra de la Planta de Utillajes, que produce piezas de maquinaria para la fabricación de municiones de calibre 9mm, a través de la eliminación de los productos defectuosos que salen de la planta.
- Garantizar la continuidad de la mejora dentro de la planta a través la aplicación de las 5's.
- Disminuir el esfuerzo realizado para el transporte de la carga entre áreas, disminuyendo la distancia entre ellas.
- Mejorar el rendimiento promedio de los utillajes, de manera que la cantidad de utillajes pronosticados para la proyección de ventas se asemeje en mayor proporción a los requeridos realmente.
- Disminuir las paradas ocasionadas por el bajo rendimiento de los utillajes dentro la Planta de Fabricación.

Las metas identificadas para los objetivos expuestos son:

- * Incrementar como mínimo de la productividad parcial de mano de obra en la Planta de Utillajes del 10%.
- Alcanzar una calificación mínima de 15 para cada "S" para garantizar la continuidad de la mejora a implementar.
- Disminuir el esfuerzo por recorrido entre áreas en 30%.
- Obtener un rendimiento promedio de los utillajes debería ser 100%.
- Disminuir a 0% las paradas por utillaje defectuoso dentro de la Planta de Fabricación.

4.2. Determinación de las alternativas de solución para cada problema encontrado

- Alternativa A:

Debido a las causas encontradas para el problema de paradas por utillajes defectuosos en las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación, se determinó que se puede aplicar las 5'S en la Planta de Utillajes. Además, como parte del ordenamiento de la Planta de Utillajes, se deberá realizar una redistribución de planta porque dentro del desorden hay máquinas en áreas que no corresponden a los procesos actuales y para moverlas se necesita hacer el estudio correspondiente y poder establecer las áreas mínimas requeridas para el desarrollo actual de la planta ya que esta tiene más de 30 años de haberse diseñado.

El objetivo de incluir una mejora de layout de la Planta de Utillajes es poder pensar en la modernización de las operaciones de esta planta, ya que la empresa se proyecta en el largo plazo adquirir tecnología CNC y para ello es esencial aplicar fehacientemente las 5'S y con ello establecer adecuadamente las áreas con la tecnología actual para lograr consolidar una cultura de mejora continua y disciplina en el trabajo.

- Alternativa B:

Se propone la compra de un torno CNC para el área de maquinado de la Planta de Utillajes como parte de la modernización tecnológica dentro de sus objetivos a largo plazo adicionalmente a la aplicación de las 5'S y su respectiva redistribución de planta como parte del ordenamiento de las áreas con el fin de eliminar los utillajes defectuosos.

Tabla 4.1

Relación de las alternativas de solución con las causas raíces

Problemas	Causa raíz	Alternativa de solución
Utillajes elaborados con un tipo de acero inadecuado no son detectados en el control de calidad.	El control de dureza no permite detectar si se está empleando el tipo de acero adecuado para la producción de utillajes.	La implementación de almacenes correctamente ordenados y clasificados como parte de las alternativas A y B evitará este problema de que un tipo de acero pase por otro.
	Necesidad de espectrómetro en la Planta de Utillajes para controlar la composición química de los aceros.	

(continúa)

(continuación)

Los operarios de la Planta de Utillajes se equivocan al seleccionar el tipo de acero.	Error en la selección del acero en la Planta de Utillajes.	La implementación de un nuevo procedimiento para el uso de los nuevos almacenes como parte de las alternativas A y B busca evitar que se cometan estos errores.
	Los tipos de acero se mezclan a falta de una clasificación adecuada.	
La disposición actual de la Planta de Utillajes no permite que la producción se realice de manera fluida y sin contratiempos como la selección del acero.	Los espacios de la Planta de Utillajes son mal empleados.	La implementación de las 5'S y su respectiva redistribución en ambas alternativas permite la erradicación de estas causas. Así mismo, el torno CNC de la alternativa B permitirá acelerar la producción.
	Desorden, suciedad y máquinas obsoletas restan espacio en la Planta de Utillajes.	
	Sistema de acarreo no permite el transporte de la materia prima ni de los productos en proceso de manera ordenada.	
Los operarios no tienen motivación por mejorar los procesos de la Planta de Utillajes.	Salarios bajos en comparación de empresas privadas.	Ambas alternativas requieren del compromiso de los operarios, por lo que proponen capacitaciones y reconocimientos públicos para garantizarlo y otorgarles la motivación que requieren.
	Los operarios son gente mayor con expectativa de jubilación a corto plazo.	
	Decisión de la gerencia de producción de no asignar presupuesto para capacitación del personal.	

Elaboración propia

4.3. Evaluación y selección de la mejor alternativa

4.3.1. Determinación y ponderación de criterios y evaluación de las alternativas

En función de poder seleccionar la mejor alternativa de solución, se tomarán en cuenta los siguientes criterios de evaluación:

- Costo de la implementación
- Duración de la implementación
- Eliminación de utillajes defectuosos

Con el fin de ponderar estos criterios se define que:

La eliminación de los utillajes defectuosos es el criterio más importante. El costo de implementación es igual de importante que la duración de la implementación.

Tabla 4.2

Matriz de enfrentamiento para selección de las alternativas de la solución

Factores	A	B	C	Total	% Peso
A: Costo de la implementación	x	1	0	1	25.0%
B: Duración de la implementación	1	X	0	1	25.0%
C: Eliminación de utillajes defectuosos	1	1	x	2	50.0%
				4	

Elaboración propia

Se puede apreciar que el criterio más importante a evaluar es la eliminación de utillajes defectuosos.

4.3.2. Evaluación cualitativa y cuantitativa de las alternativas de solución

Se logró estimar lo siguiente en función de los criterios de evaluación:

Tabla 4.3

Información de las alternativas de solución

	Alternativa A	Alternativa B
A: Costo de la implementación	S/.113,194.35	S/. 168,139.35
B: Duración de la implementación	4.00	6.00
C: Eliminación de utillajes defectuosos	100.00%	100.0%

Elaboración propia

Se tomaron en consideración los siguientes rangos:

Tabla 4.4

Rangos para el costo de implementación

Rango inferior	Rango superior	Calificación
S/ 1	S/ 120,000	5
S/ 120,001	S/ 220,000	4
S/ 220,001	S/ 320,000	3
S/ 320,001	S/ 420,000	2
S/ 420,001	S/ 800,000	1

Elaboración propia

Tabla 4.5

Rangos para la duración de la implementación

Rango inferior	Rango superior	Calificación
0	1.00	5
1.01	2.00	4
2.01	3.00	3
3.01	5.00	2
5.01	7.00	1

Elaboración propia

Tabla 4.6

Rangos para la eliminación de utillajes defectuosos

Rango inferior	Rango superior	Calificación
81%	100%	5
61%	80%	4
41%	60%	3
21%	40%	2
0%	20%	1

Elaboración propia

De esta manera, quedaron determinados las calificaciones para cada criterio de evaluación según las alternativas de solución propuestas.

PRIORIZACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE SOLUCIONES SELECCIONADAS

La priorización de la solución se determinó con el método del RANKING DE FACTORES utilizando los criterios anteriormente descritos.

Tabla 4.7

Ranking de factores

	Peso	ALTERNATIVA A		ALTERNATIVA B	
		Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
Costo de la implementación	25.0%	5.00	1.25	4.00	1.00
Duración de la implementación	25.0%	2.00	0.50	1.00	0.25
Eliminación de utillajes defectuosos	50.0%	5.00	2.50	5.00	2.50
			4.25		3.75

Elaboración propia

Por lo tanto, la solución a implementar es la aplicación de 5'S y redistribución en la Planta de Utillajes, lo cual implicaría eliminar el desorden y suciedad, reubicar las áreas, herramientas y las máquinas eliminando la posibilidad de una mala selección de aceros en el inicio del proceso y un mejor flujo de trabajo.

4.4. Evaluación del alcance y limitaciones de la solución propuesta

La solución seleccionada estará enfocada directamente en la línea de punzones de 9mm de la Planta de Utillajes debido a que son los productos que más se producen dentro del grupo de utillajes usados para la fabricación de casquillos y balas de 9mm. Así mismo, del grupo de punzones de 9mm, se seleccionó el modelo PKE10 57-3, ya que pertenece a la máquina encargada de la formación de copelas en la Planta de Fabricación, primera estación dentro del proceso de producción de casquillos y también el de mayor rotación de punzones. Debido a todo lo mencionado anteriormente, se tomó en consideración el proceso de producción de los punzones PKE10 57-3 de 9mm para el análisis.

No obstante, se encontrarán limitaciones para implementar de manera eficaz las alternativas de mejora, pues el personal deberá ser capacitado de manera correcta e integral por la misma empresa en 5'S. Adicionalmente, no se podrá reubicar el Área de Tratamiento Térmico debido a las conexiones necesarias para el funcionamiento de los hornos y los rociadores empleados en la fabricación de matrices.



CAPÍTULO V: IMPLEMENTACIÓN DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS

5.1. Descripción detallada de cada una de las propuestas de solución

Antes de describir la solución, se describirá brevemente el proceso de producción de un utillaje:

El sistema inicia con la selección de las barras de acero requeridas en la Planta de Utillajes. Los aceros se encuentran en cualquiera de los dos lugares siguientes, el primero es el Almacén de Utillajes donde no existe un orden por falta de codificación ni medios de almacenamiento y acarreo adecuados. El segundo lugar es colocar los aceros en algún espacio libre, el cual no está definido y que sea suficientemente espacioso para colocar las barras de acero en el suelo.

Para el inicio del proceso, primero se debe encontrar el acero requerido; es decir, buscar el acero dentro de la planta cuyo diámetro y tipo sean los correctos según el producto final a obtener, especificado en el plano proporcionado por la Oficina de Asistencia Técnica de la Gerencia de Producción. Este plano contiene todas las medidas del producto final y el tipo de acero a trabajar.

Cabe resaltar que ni en el almacén ni en los otros espacios donde se dejó el acero existe una clasificación ni son etiquetados adecuadamente, por lo que para comprobar el diámetro se debe medir uno por uno con el vernier. En el caso del tipo de acero, existen dos escenarios. Si el acero es nuevo, uno de los extremos se encuentra pintado de un color el cual se debe identificar en una tabla. En el caso que el acero esté cortado, no se cuenta con una manera de identificarlo.

Una vez seleccionado el acero, el jefe de planta lleva el acero para ser cortado en la sierra en el Área de Maquinado por un operario, donde existen también tornos en paralelo, tornos copiador y fresas.

Una vez terminado, el operario de sierra les proporciona el acero cortado a los operarios de las máquinas de torno paralelo tipo 1, los cuales tornean el acero hasta adquirir la forma de la pieza requerida. El nivel de precisión de la pieza torneada, con

respecto al producto final se detalla en su respectivo plano, el cual sirve para poder realizar posteriormente los procesos de tratamiento térmico, rectificado y pulido.

A continuación, cada operario traslada sus piezas trabajadas del Área de Maquinado al Área de Control de Calidad para un control dimensional de las piezas. No se cuenta con un sistema de acarreo para llevar las piezas al Área de Control de Calidad, se llevan según la capacidad de agarre de las manos y brazos. Después del control de calidad se trasladan las piezas no defectuosas al Área de Tratamiento Térmico.

El operario de tratamiento térmico recibe las piezas en su mesa de trabajo para luego clasificarlas según el tipo de pieza y proceso que requiere para lograr la dureza final. Se puede clasificar en dos escenarios generales, donde el primero se realiza para el tratamiento de punzones, cuchillas, placas y otros en general, y el segundo escenario es para el tratamiento térmico de matrices y piezas cuya área de trabajo como producto final es por el interior de las piezas; es decir, el desgaste crítico de la pieza se realiza por su interior al ser usado como producto final.

Para el primer escenario, el encargado del área, ata las piezas con un alambre que le permite sostener las piezas con una tenaza para llevarlas al horno sin tocar la superficie de la pieza. Atadas las piezas, estas ingresan a un horno de alta temperatura durante un tiempo, el cual está en función a la dureza deseada. Después son sumergidas en aceite para enfriarlas, donde son constantemente agitadas. A este proceso se le conoce como templado. Una vez frías, se les retira el alambre y limpian con gasolina sobre una superficie de trabajo.

Dado que el interés de esta investigación se centra en la línea de punzones, el segundo escenario se encuentra explicado dentro de los DOP's y DAP's adjuntos en anexos.

A continuación, tanto los punzones como los otros productos se llevan a la pulidora para retirar el hollín y así poder medir la dureza de la pieza en el durómetro que se encuentra en el Área de Tratamiento Térmico y, de ser necesario, la pieza deberá regresar al horno hasta adquirir la dureza deseada.

Luego, una por una son llevadas a otro horno que se encuentra a una temperatura más baja. A esta operación se le conoce como revenido y, al igual que el templado, su duración está en función de la dureza que se desea alcanzar. Al terminar el

tiempo que debe pasar la pieza en el horno, se dejan enfriar las piezas sobre una superficie de trabajo.

Después del tratamiento térmico, las piezas deben ser llevadas al Área de Control de Calidad, por el encargado de la misma, en donde se mide la dureza en el durómetro que se encuentra en esa área. Luego el encargado de Calidad deja las piezas en una mesa en el Área de Rectificado, donde esperan a ser recogidas por un operario que las lleva a la pulidora para retirar el hollín.

Luego de esto, el traslado de las piezas tiene dos escenarios. En el primer caso, los punzones y otros productos en general que no sean matrices son llevados a una máquina donde se hace una prueba de excentricidad, donde se verifica que la pieza no esté pandeada. Si la pieza resulta estar pandeada, con la ayuda de un martillo se tratará de enderezar la pieza en un yunque. Las piezas que no se puedan arreglar son consideradas defectuosas y no se pueden reutilizar, mientras que las que se encuentren en buen estado serán llevadas al Área de Rectificado. En el segundo caso, las matrices se llevan directo al Área de Rectificado desde la pulidora.

Ya en el Área de Rectificado, si la pieza a trabajar es un punzón u otro producto que no sea matriz, este debe pasar primero por el rectificador exterior, posteriormente por la ojivadora y realizar una inspección en el proyector de perfil, que se encuentra en la misma área que la ojivadora, hasta terminar el trabajo.

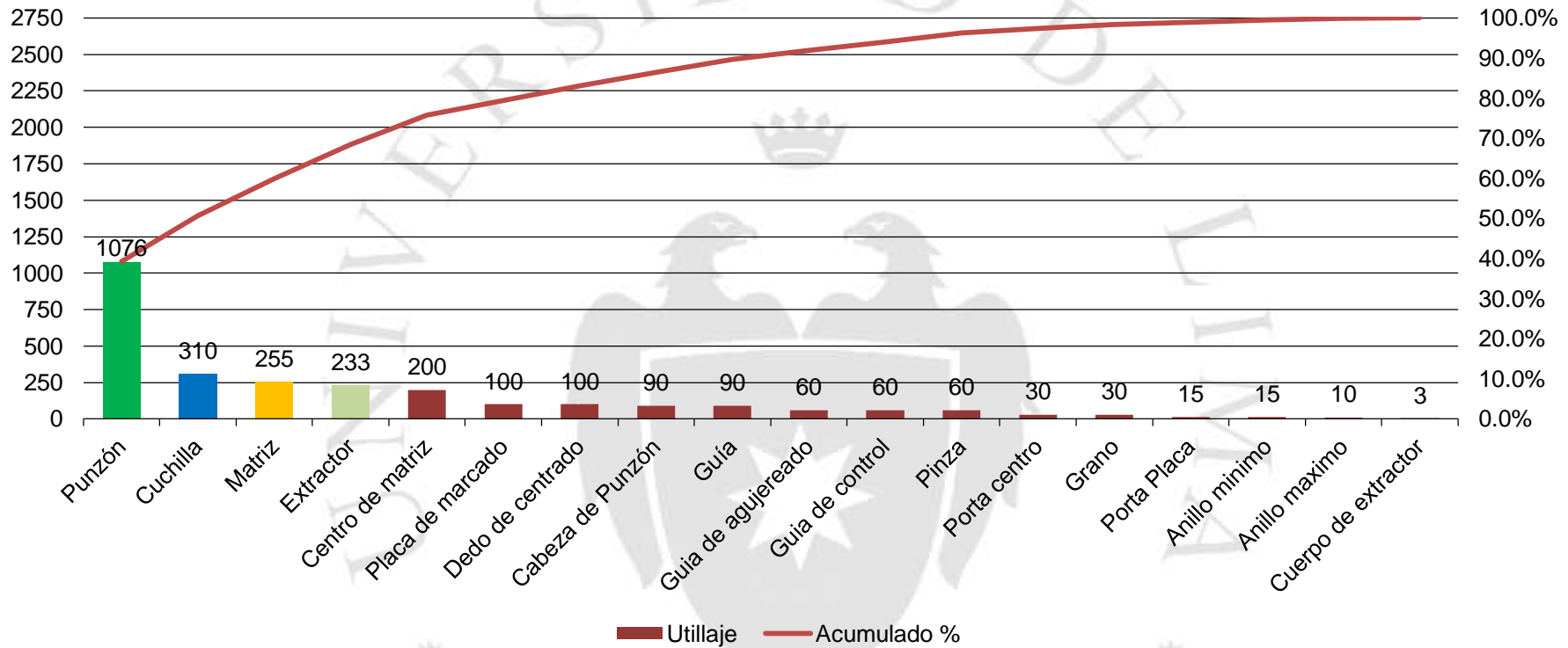
Al igual que para el caso del tratamiento térmico, el proceso dentro del Área de Rectificado para las matrices se encuentra en los DOP's y DAP's adjuntos en anexos.

Después de pasar por el rectificado, todas las piezas en general son llevadas a la pulidora. De igual manera, todos los productos son llevados varias veces al proyector de perfil para poder inspeccionar el avance del trabajo de pulido realizado por el operario de producción.

Por último, las piezas son dejadas en la mesa del Área de Control de Calidad para una última revisión y llevarla finalmente a la Oficina de Asistencia Técnica de Utillaje de la Gerencia de Producción, antes de ser entregadas a la Planta de Fabricación. Es importante mencionar que no cuentan con un almacén de productos terminados dentro de la Planta de Utillajes.

Figura 5.1

Demanda de utillajes de las líneas de casquillos y balas 9mm para una producción de 3'000'000 de municiones

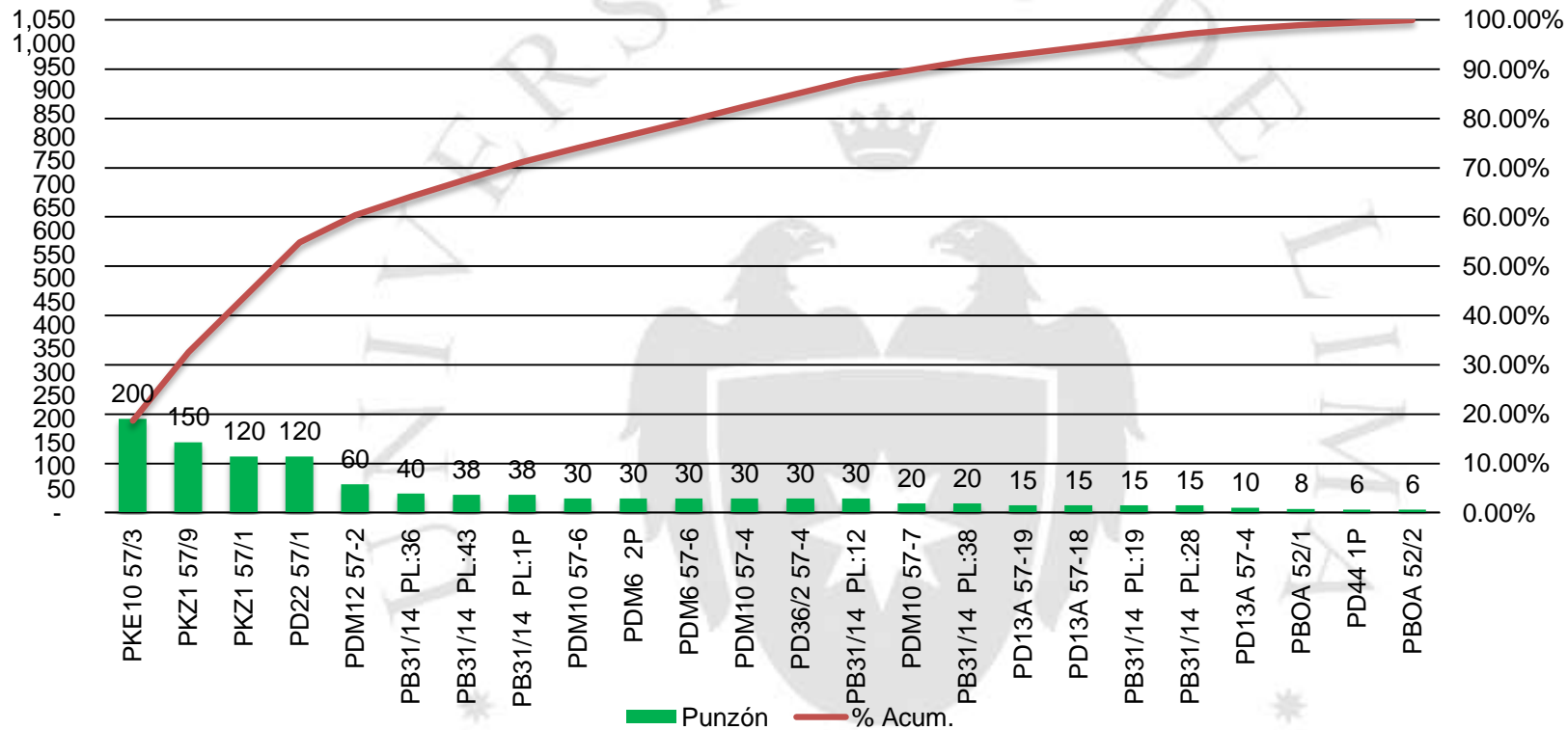


Elaboración propia

Por otro lado, la mejora propuesta se enfocará en el proceso de producción de los punzones debido a que representan el 39.3% de todos los utillajes incluyendo las líneas de casquillos y balas de la Planta de Fabricación para la línea 9 mm.

Figura 5.2

Diagrama de Pareto para punzones producidos



Elaboración propia

Así mismo, del total de punzones de 9mm que incluyen las líneas de casquillos y balas, el 18.59% son del tipo de punzón PKE10 57/3, es por ello que la aplicación de las 5'S y su respectiva redistribución de planta se hará en función de este tipo específico.

Tabla 5.1

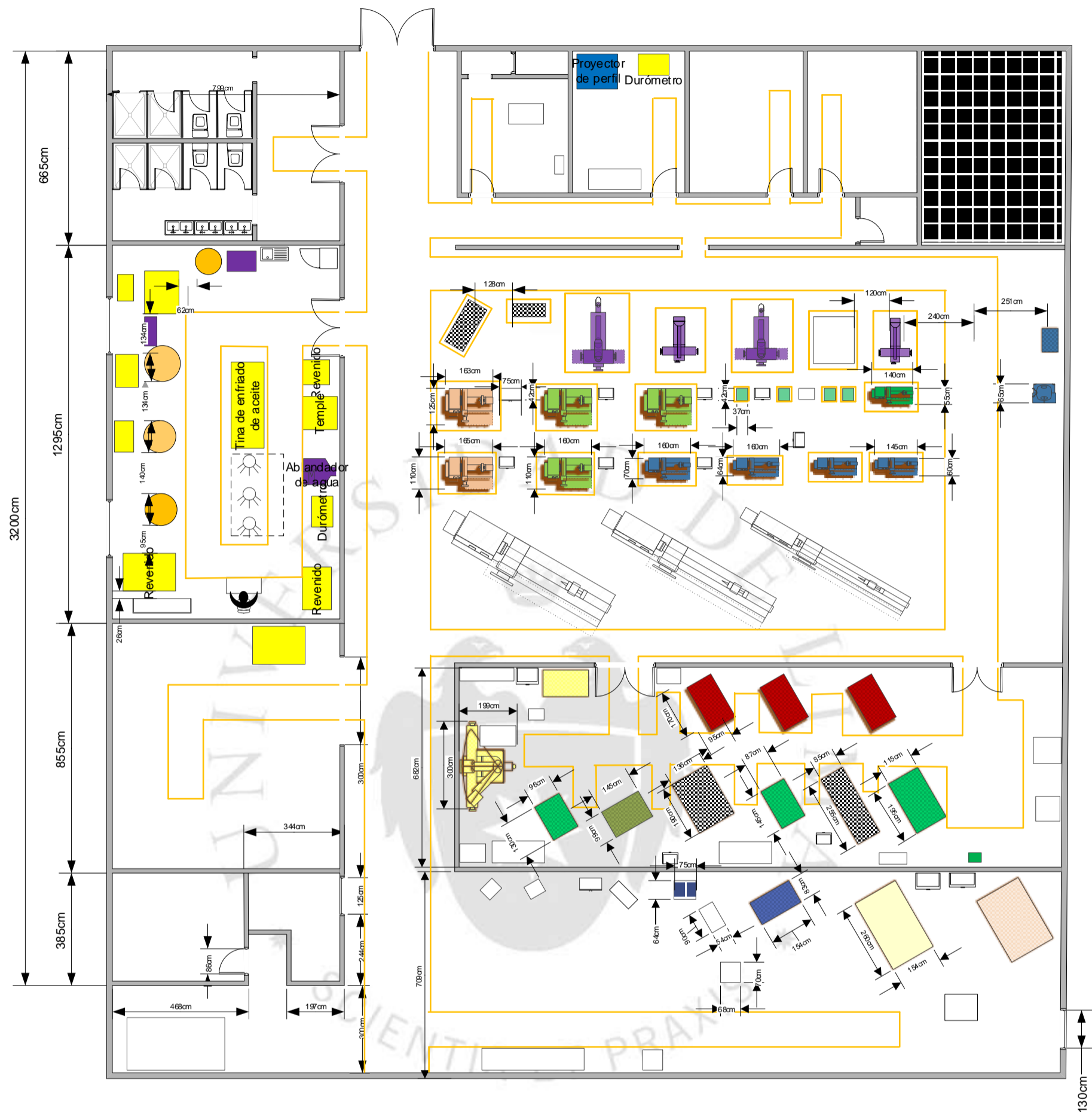
DAP del producto punzón

CURSOGRAMA ANALÍTICO		OPERARIO / MATERIAL / EQUIPO					
DIAGRAMA núm: 1 Hoja núm: 1		RESUMEN					
Objeto: Punzón	ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMÍA			
Actividad:	Operación	17					
	Transporte	29					
	Espera	09					
Método: ACTUAL	Inspección	21					
	Almacenamiento	02					
Lugar: Planta de Utillajes	Distancia	481.15					
Operarios(s):	Ficha núm:						
	Tiempo	-					
Compuesto por: Wendy Gamboa S. Fecha:	Costo						
Aprobado por: César Vásquez V. Fecha:	Mano de obra	-					
	Material						
DESCRIPCIÓN	C	D (m)	T (min)	SÍMBOLO	Observaciones		
1. Materia prima en Almacén de Utillaje				○ □ ▢ ▣ ▤ ▥ ▦ ▧ ▨ ▩	De no existir espacio suficiente, en un lugar no definido		
2. Trasladar MP a la sierra		14.96		●	Área de Maquinado		
3. Cortar MP en la sierra				●			
4. Agujerear tochos con máquina centradora				●	Uso de broca para el centro del tocho		
5. Trasladar tochos a los tornos		2.57		●	Torno paralelo		
6. Tormear pieza				●	Se obtiene el punzón		
7. Trasladar pieza a proyector de perfil		15.76		●	Área de Control de Calidad		
8. Proyectar perfil				●	En caso no cumpla con la verificación repetir desde tomeado, en el proyector debe calzar las medidas		
9. Trasladar pieza a los tornos		14.77		●			
10. Espera en Torno				●	La pieza torneada espera a que se complete todo el lote (orden de trabajo) de esa pieza para luego pasar en conjunto al Área de Control de Calidad		
11. Trasladar pieza al Área de Control de Calidad		15.44		●			
12. Medir dimensiones				●			
13. Trasladar pieza al Área de Tratamiento Térmico		19.39		●			
14. Esperar en Mesa de Trabajo				●			
15. Amarrar piezas				●	4 piezas con un alambre		
16. Trasladar pieza al horno de temple		5.71		●			
17. Calentar pieza				●	Templar 900 - 1100°C		
18. Enfriar pieza en aceite				●	Agitar la pieza en la tina hasta enfriar.		
19. Trasladar pieza a Mesa de Trabajo		4.30		●	Horno cilíndrico averiado se usa como mesa de trabajo.		
20. Desamarrar piezas				●			
21. Limpiar pieza				●	Con gasolina y trapo.		
22. Trasladar pieza a pulidora		19.19		●	Área de Pulido		
23. Pulir pieza				●			
24. Trasladar pieza al Área de Tratamiento Térmico		16.12		●			
25. Medir dureza de la pieza				●	Durómetro		
26. Trasladar pieza al horno de revenido		4.65		●			
27. Revenir la pieza				●	180 - 540°C		
28. Trasladar pieza a Mesa de Trabajo		5.04		●	Horno cilíndrico averiado se usa como mesa de trabajo debido a su cercanía		
29. Enfriar pieza				●	Se enfría con el aire.		
30. Trasladar pieza a durómetro		8.18		●			
31. Medir dureza de la pieza				●	Trasladar en cajas de madera o cogiendo con las manos.		
32. Transportar piezas a la Oficina de asistente		15.54		●			
33. Espera en Oficina de asistente				●			
34. Trasladar pieza al Área de Control de Calidad		3.42		●			
35. Espera en Área de Control de Calidad				●			
36. Trasladar pieza al Área de Tratamiento Térmico		18.42		●			
37. Tomar dureza de la pieza				●	Durómetro		
38. Trasladar a Área de Rectificado		60.71		●	Área de Rectificado		
39. Espera en Mesa de Trabajo				●	Espera en Área de Rectificado		
40. Trasladar a pulidora		26.69		●	Área de Pulido		
41. Pulir pieza				●	Quitar ollón		
42. Trasladar pieza a máquina centradora		32.30		●	Área Común		
43. Verificar pandeo				●	Se verifica pandeo del punzón		
44. Centrar pieza				●	Uso de yunque.		
45. Trasladar a mesa de trabajo		13.30		●	Mesa de trabajo al lado de la rectificadora exterior		
46. Esperar en Mesa de Trabajo				●			
47. Trasladar a rectificadora exterior		2.06		●			
48. Rectificar pieza				●	Rectificadora exterior		
49. Trasladar a Mesa de Trabajo		2.06		●			
50. Cubrir de gasolina				●	Para evitar oxidación		
51. Trasladar a mesa de trabajo		68.59		●	Stand		
52. Esperar en mesa de trabajo				●			
53. Trasladar a la rectificadora ojivadora		12.68		●	Área de Rectificado		
54. Rectificar pieza				●	Rectificadora ojivadora		
55. Trasladar pieza a proyector de perfil		8.58		●			
56. Proyectar perfil				●	Área de Rectificado, en caso no cumpla con la verificación repetir desde ojivadora, en el proyector debe calzar las medidas		
57. Trasladar pieza a la pulidora		27.63		●			
58. Pulir pieza				●			
59. Trasladar pieza a proyector de perfil		22.87		●	Área de Control de Calidad		
60. Proyectar perfil				●	En caso no cumpla con la verificación repetir desde pulido, en el proyector debe calzar las medidas		
61. Trasladar pieza a mesa de control de calidad		2.89		●			
62. Esperar pieza en mesa de control de calidad				●			
63. Trasladar pieza a proyector de perfil		2.89		●			
64. Proyectar perfil				●	En caso no cumpla con la verificación repetir desde pulido, en el proyector debe calzar las medidas		
65. Trasladar pieza a la Oficina de asistente		14.43		●			
66. Pieza terminada en la Oficina de asistente				●			
Total		481.15	17	29	09	21	02

Elaboración propia

Figura 5.3

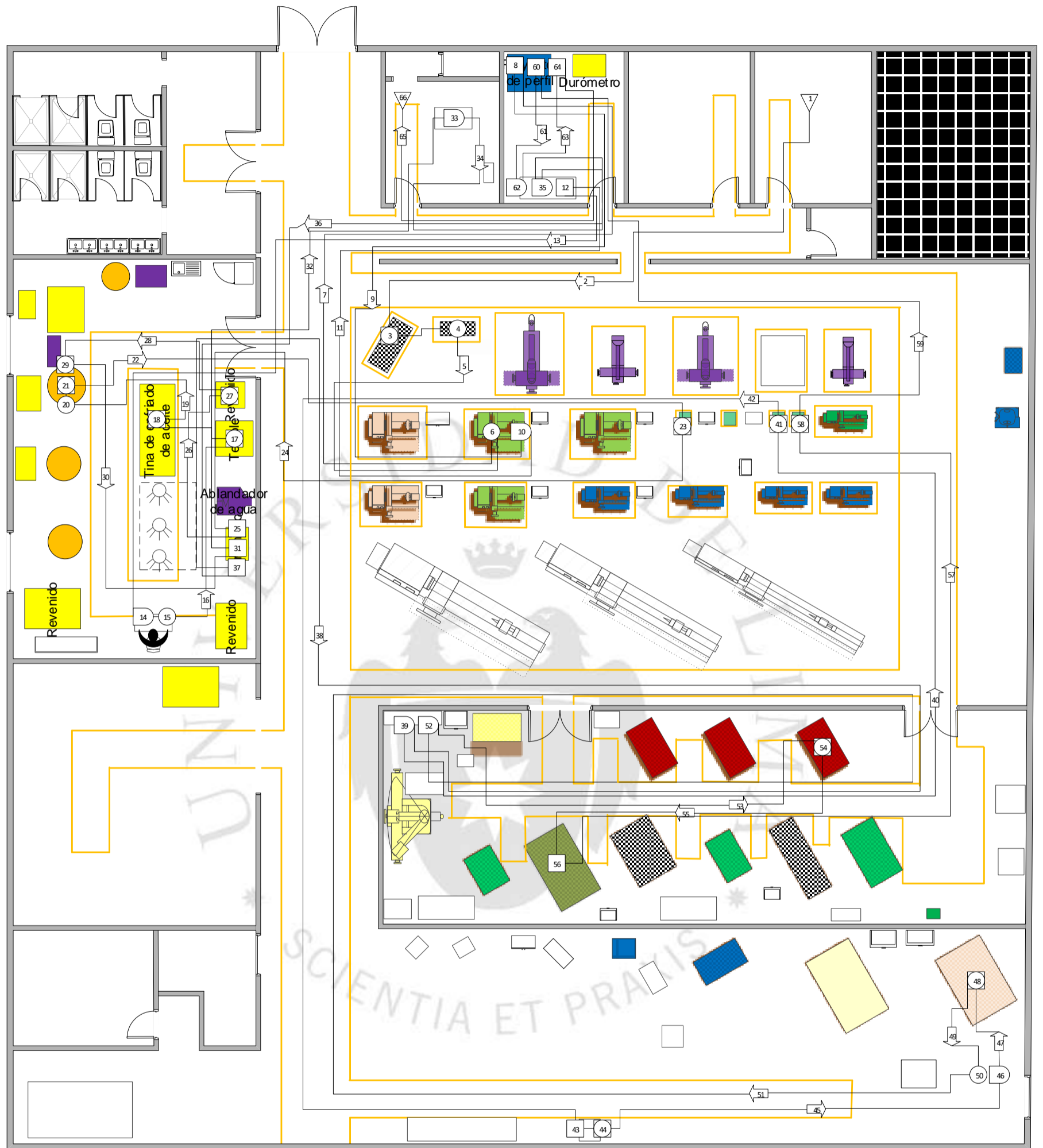
Plano de la situación actual de la Planta de Utilajes



	<p>Universidad de Lima Escuela Universitaria de Ingeniería Facultad de Ingeniería Industrial</p>	<p>PLANO DE LA PLANTA DE UTILLAJE DE FAME S.A.C.</p>	
<p>Escala: 1:200</p>	<p>Fecha: 28/07/2017</p>	<p>Área: 1121.31 m²</p>	<p>Integrantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gamboa, Wendy • Vásquez, Cesar

Figura 5.4

Diagrama de recorrido de la Planta de Utillajes



— Acero

	<p>Universidad de Lima Escuela Universitaria de Ingeniería Facultad de Ingeniería Industrial</p>	<p>PLANO DE LA PLANTA DE UTILLAJE DE FAME S.A.C.</p>	
<p>Escala: 1:200</p>	<p>Fecha: 28/07/2017</p>	<p>Área: 1121.31 m²</p>	<p>Integrantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gamboa, Wendy • Vásquez, Cesar

Con respecto a los operarios que laboran en la Planta de Utillajes, a continuación, se detalla cómo están distribuidos:

Tabla 5.2

Distribución de operarios en la Planta de Utillajes

Operarios	Línea de punzones	Línea de otros productos
Operario de corte y agujero de centro		1
Operario de torno paralelo	2	1
Operario de Tratamiento Térmico		1
Operario de rectificadora exterior (punzón)	2	1
Operario de rectificadora ojivadora (punzón)	1	
Operario de rectificadora interior (otros)		1
Operario de rectificadora plana (otros)		
Operario de Pulido		1
Total	8	5

Elaboración propia

Así mismo, la planta cuenta con un jefe de planta, dos asistentes en la oficina de asistencia técnica y un supervisor en el área de control de calidad.

Para comparar el impacto de la mejora en el esfuerzo realizado por los operarios se realizó el análisis matricial para la disposición de la planta actual.

Tabla 5.3

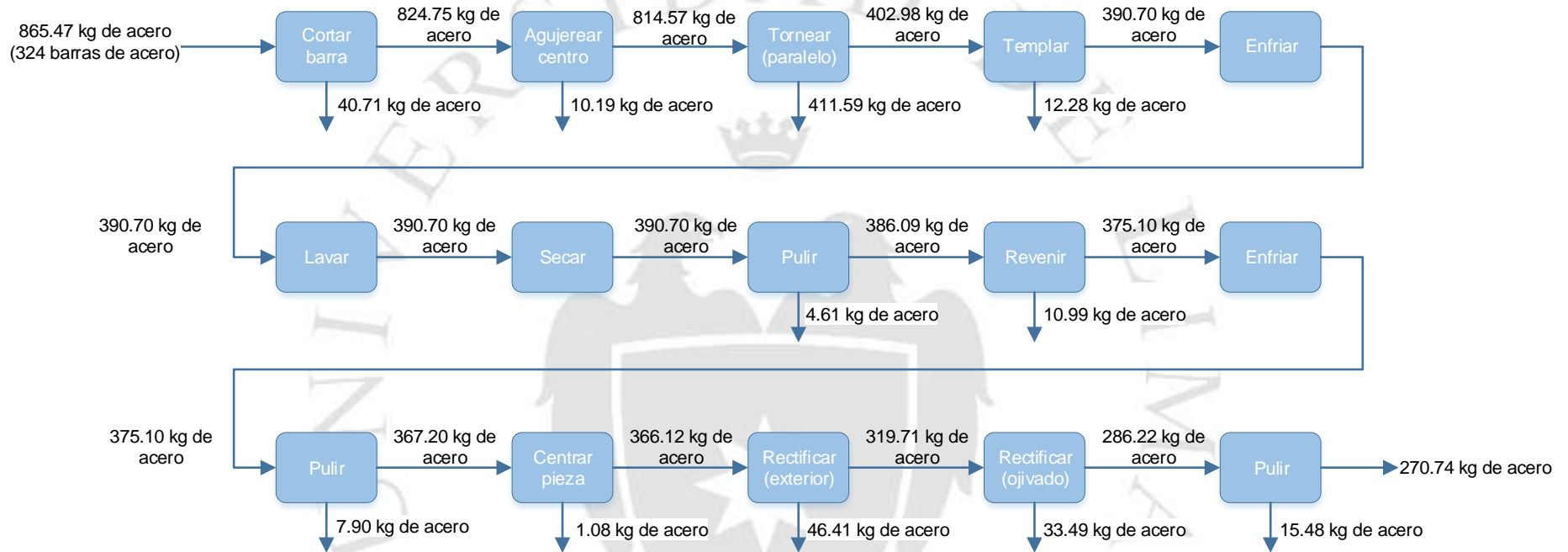
Identificación de áreas actual

Nombre de área	Letra
Almacén	A
Control de calidad	B
Área de maquinado	C
Área de tratamiento térmico	D
Área de rectificado	E
Área común 1	F
Área común 2	G
Área de pulido	H
Oficina de asistencia técnica	I

Elaboración propia

Figura 5.5

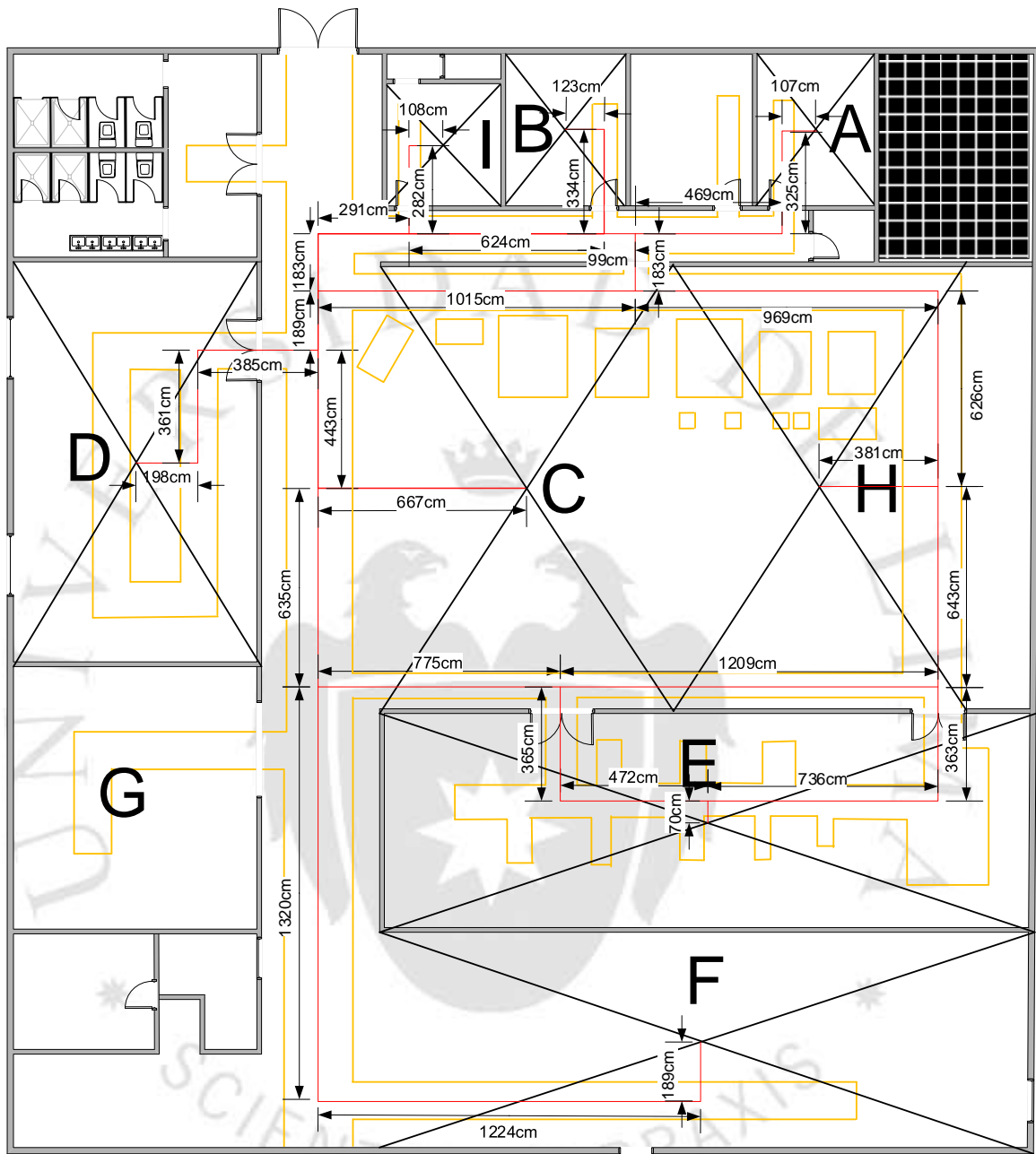
Diagrama de bloques de la situación actual de la Planta de Utillajes para la matriz cantidad



Elaboración propia

Figura 5.6

Plano de la situación actual de la Planta de Utillajes para la matriz distancia



Elaboración propia

Tabla 5.4

Análisis Matricial de la situación actual de la Planta de Utillajes

Matriz cantidad (kg)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	∑ Cantidad
A			865.47							865.47
B			402.98	778.08					270.74	1,451.80
C		805.95								805.95
D						375.10		390.70	375.10	1,140.90
E								286.22		286.22
F					366.12			375.10		741.22
G										-
H		270.74		386.09		367.20				1,024.03
I		375.10								375.10
									Total	6,690.68

Matriz distancia (m)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	∑ Distancia
A			33.97							33.97
B			28.54	26.88					14.71	70.13
C		28.54								28.54
D						47.55		41.24	19.97	108.76
E								21.93		21.93
F					44.15			57.41		101.56
G										-
H		27.15		41.24		57.41				125.80
I		14.71								14.71
									Total	505.40

Matriz de esfuerzos (kg-m)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	∑ Esfuerzos
A			29,400							29,400
B			11,501	20,915					3,983	36,398
C		23,002								23,002
D						17,836		16,112	7,491	41,439
E								6,277		6,277
F					16,164			21,534		37,699
G										-
H		7,351		15,922		21,081				44,354
I		5,518								5,518
									Total	224,086

Nota 1: Las letras asignadas a cada área son las mismas empleadas para el enfoque gráfico simple. Por otro lado, se usó el peso promedio de los punzones PKE10 57-3 para una producción de 1076 punzones como se aprecia en la Figura 5.4.

Además, las distancias han sido tomadas de la Figura 5.5.

Nota 2: El esfuerzo total es la suma total de todos los esfuerzos (fuerza por distancia) entre cada área de trabajo.

Elaboración propia

El esfuerzo realizado para producir 1076 punzones en un año dada su situación actual es de 224,086 kg-m.

A continuación, se despliega el detalle de la aplicación de las 5 "S" en la Planta de Utillajes para la producción de punzones:

1ra "S", "Seiri" o "Seleccionar y Clasificar"

Como primer paso, se eliminarán las máquinas obsoletas y las que ya no se utilizan en el proceso de producción actual. Para poder identificar estas máquinas se les deberá colocar una tarjeta roja como parte de la metodología kaizen. Cabe mencionar que para que FAME S.A.C. pueda vender las máquinas eliminadas en este paso, estas deben ser dadas de baja contablemente por la empresa.

Tabla 5.5

Lista de máquinas a ser removidas de la Planta de Utillajes

Máquina	Serie	Modelo	Área
Horno de fusión	S/N	Desconocido	Tratamiento Térmico
Horno de sales	S/N	Desconocido	Tratamiento Térmico
Horno de electrodo	S/N	Desconocido	Tratamiento Térmico
Horno de cementación	S/N	Desconocido	Tratamiento Térmico
Rectificadora universal haro	S/N	5Y	Rectificado
Proyector de perfiles	237	P500	Pulido
Sierra circular p/cortar metal	340-2904-T-154	SR.375.U	Común 1
Rectificadora de forma	82-860	HTG-430	Común 1
Rectificadora sin centro pos 106	6268	31048	Rectificado

Elaboración propia

Además, se seleccionarán las máquinas que necesitan ser reparadas para ser usadas en el proceso de producción actual identificándolas con una tarjeta amarilla.

Tabla 5.6

Lista de máquinas por reparar de la Planta de Utillajes

Máquina	Serie	Modelo	Área
Rectificadora interior tipo 1	6269	AS-4	Rectificado
Rectificadora interior tipo 2	6269	AS-4	Rectificado
Rectificador exterior 1	6935	690049, 50-19, R516-75	Rectificado
Rectificador exterior 2	6289	690049, 50-19, R516-75	Rectificado

Elaboración propia

Continuando con la metodología, a las máquinas que requieran ser reubicadas en otras áreas dentro de la Planta de Utillajes, se les asignará una tarjeta color verde.

Tabla 5.7

Lista de máquinas a reubicar dentro de la Planta de Utillajes

Máquina	Serie	Modelo	Área actual	Área nueva
Afiladora de fresas manurhin	6286	AU25-50-31	Rectificado	Maquinado
Pulidora	6218-M	DV-8	Pulido	Tratamiento térmico
Pulidora	6219-M	DV-8	Pulido	Tratamiento térmico
Taladro manual	6274	PE-6	Pulido	Maquinado
Compresora	133158	1CLASS-A-STYLE2 280	Común 1	Maquinado
Rectificadora exterior	S/N	Desconocido	Común 1	Rectificado
Rectificadora exterior	22179-2	R516-75	Común 1	Rectificado

Elaboración propia

Adicionalmente, se clasificarán las herramientas y utensilios en buen estado que requiera cada área.

Tabla 5.8

Lista de herramientas necesarias para el trabajo de los operarios




Herramienta	Área	Funcionalidad
Vernier	Maquinado y Rectificado	Control dimensional.
Micrómetro	Maquinado y Rectificado	Control dimensional.
Cinta métrica	Maquinado y Rectificado	Control dimensional.
Micrómetro de profundidad	Maquinado y Rectificado	Control dimensional.
Brocas	Maquinado	Pieza del taladro.
Portabrocas	Maquinado	Ajuste para las brocas.
Cuchilla de corte	Maquinado	Tornear piezas.
Tornillo de banco	Rectificado	Sostener pieza para obtención de molde.
Llave francesa	Rectificado	Sujetar pieza en caso se requiera.
Martillo	Rectificado	Enderezar piezas pandeadas.
Calentador de azufre	Rectificado	Derretir el azufre que se utilizará para la obtención de los moldes.
Lima de aguja redonda	Pulido	Pulir interior de matrices.

Elaboración propia

Así mismo, se identificarán los elementos a renovar como los cascos, lentes de seguridad y guantes con tarjetas moradas.

Tabla 5.9

Elementos de protección personal a adquirir

	<p>Casco de seguridad</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Soporte de 4 puntos, alta densidad y diseño ultraliviano. - Ajuste por perilla.
	<p>Guantes de protección para los hornos</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Protección de manos y antebrazos. - Fabricado de asbesto y carnaza. - Alta resistencia a cortaduras y quemaduras.
	<p>Lentes de seguridad</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con visor de policarbonato oftálmico con protecciones laterales. - Marco PVC flexible negro. - Posee patillas ajustables con trinquete para mejor ajuste horizontal y vertical.

Fuente: Sodimac, (2017)
Elaboración propia

Finalmente, también se separarán aquellas máquinas que se usan de manera esporádica como el torno revólver, estas serán trasladadas a las Áreas Comunes designadas dentro de la Planta de Utillajes y para identificarlas se les colocará una tarjeta naranja.

2da “S”, “Seiton” u “Ordenar”

A continuación, se ordenará cada área de acuerdo a sus necesidades:

Área de maquinado

Se determinó las máquinas y elementos necesarios para el trabajo realizado en esta área, y los puntos de espera requeridos, donde puedan colocar los productos en proceso y guardar sus herramientas de medición y cuchillas, que consiste en un mueble pequeño con un cajón y puerta:

Tabla 5.10

Lista de máquinas necesarias en el área de maquinado

Nombre de máquinas	Cantidad	Tiene punto de espera
Sierra alternativa	1	Sí
Centradora pos 98	1	Sí
Torno copiador	1	Sí
Torno paralelo tipo 1	2	Sí
Torno paralelo tipo 2	3	Sí
Fresadora universal tipo 1	4	No
Fresadora universal tipo 2	1	No
Cepillo pos Manurhin	1	No
Mortajadora rápida pos 137	1	No
Mesa grande de trabajo	1	No
Prensa de mano	1	No
Esmeril	1	Sí
Taladro manual	1	Sí
Afiladora de fresas Manuhrhin	1	Sí
Pantógrafo pequeño	1	No
Pantógrafo grande	1	No
Compresora	1	No

Elaboración propia

Adicionalmente se comprará un carro de herramientas multiuso con las siguientes dimensiones:

Largo: 670 mm

Ancho: 460 mm

Alto: 950 mm

Figura 5.7

Carro de herramientas multiuso



Fuente: Brico Industrial, (2018)

Así mismo, se colocará un estante con 15 depósitos de plástico removibles para colocar utensilios o herramientas que se puedan requerir para el trabajo diario.

Las dimensiones del estante son:

Alto: 40.32 cm

Ancho: 53.98 cm

Profundidad: 25.72 cm

Figura 5.8

Estante con 15 depósitos de plástico



Fuente: Ebay, (2017)

Para que durante el transporte de los productos en proceso no se mezclen los productos, se adquirirá un carrito. En este carrito de 2 niveles, se transportarán los productos en proceso agrupados en cajas de madera sin tapa de 20.5 cm de largo por 21 cm de ancho y una altura de 20 cm, las cuales podrán contener hasta 25 punzones PKE10 57-3. Cada nivel puede agrupar 6 de estas cajas como máximo. Adicionalmente, para el traslado de la materia prima hacia la sierra se usarán cajas de 52 cm de ancho, 70 de largo y 25 cm de alto.

Las dimensiones del carrito son las siguientes:

Largo: 765 mm

Ancho: 560 mm

Alto: 1030 mm

Capacidad: 300 kg

Figura 5.9

Carro de transporte de productos en proceso



Fuente: Dissert Odiseo, (2017)

Finalmente, se procede a calcular el área mínima requerida aplicando el método Guerchet.

Tabla 5.11

Diferencia entre área mínima requerida y el área disponible

Nombre	Área mínima requerida	Área disponible
Área de maquinado	143.86 m ²	173.6 m ²

Elaboración propia

Por lo tanto, el área disponible es suficiente para realizar el ordenamiento necesario del área.

Tabla 5.12

Método Guerchet para elementos estáticos del Área de maquinado

Área de maquinado												
Máquinas	l	a	h	N	n	Ss	Sg	Ss*n*h	Ss*n	Se	St	
Sierra alternativa	1.65	1.23	0.90	1	1	2.03	2.03	1.83	2.03	1.87	5.93	
Centradora pos 98	1.12	0.45	1.10	1	1	0.50	0.50	0.55	0.50	0.46	1.47	
Punto de espera - mesa	0.50	0.50	1.20	-	1	0.25	-	0.30	0.25	0.34	1.09	50%
Torno copiadador	1.65	1.25	1.90	1	2	2.06	2.06	7.84	4.13	1.90	12.05	
Torno paralelo tipo 1	1.60	1.10	1.65	1	3	1.76	1.76	8.71	5.28	1.62	15.42	
Torno paralelo tipo 2	1.60	0.70	1.35	1	4	1.12	1.12	6.05	4.48	1.03	13.09	
Fresadora universal tipo 1	2.60	1.70	2.35	3	1	4.42	13.26	10.39	4.42	8.14	25.82	
Fresadora universal tipo 2	1.50	1.15	1.88	3	1	1.73	5.18	3.24	1.73	3.18	10.08	
Cepillo pos Manurhin	1.47	1.03	1.65	3	1	1.51	4.54	2.50	1.51	2.79	8.85	
Mortajadora rapida pos 137	1.50	1.15	2.60	3	1	1.73	5.18	4.49	1.73	3.18	10.08	
Mesa grande de trabajo	1.40	1.60	0.87	3	1	2.24	6.72	1.95	2.24	4.13	13.09	
Carro de herramientas multiuso	0.67	0.46	0.95	1	1	0.31	0.31	0.29	0.31	0.28	0.90	
Prensa de mano	0.40	0.40	1.40	1	1	0.16	0.16	0.22	0.16	0.15	0.47	
Esmeril	0.52	0.48	1.18	2	1	0.25	0.50	0.29	0.25	0.34	1.09	
Punto de espera - mesa	0.50	0.50	1.20	-	1	0.25	-	0.30	0.25	0.12	0.37	50%
Taladro manual	0.80	0.65	1.60	1	1	0.52	0.52	0.83	0.52	0.48	1.52	
Punto de espera - mesa	0.50	0.50	1.00	-	1	0.25	-	0.25	0.25	0.12	0.37	48%
Afiladora de fresas Manuhrhin	0.85	0.95	1.40	1	1	0.81	0.81	1.13	0.81	0.74	2.36	
Punto de espera - mesa	0.50	0.50	1.00	-	1	0.25	-	0.25	0.25	0.12	0.37	31%
Pantógrafo pequeño	1.20	1.40	1.30	1	1	1.68	1.68	2.18	1.68	1.55	4.91	
Pantógrafo grande	1.55	1.95	2.20	1	1	3.02	3.02	6.65	3.02	2.78	8.83	
Estante con depósitos	0.54	0.26	0.40	-	1	0.14	-	0.06	0.14	0.06	0.20	
Compresora	1.80	0.70	1.50	2	1	1.26	2.52	1.89	1.26	1.74	5.52	
							Σ	62.19	37.19		143.86	

Elaboración propia

Tabla 5.13

Método Guerchet para elementos móviles del Área de maquinado

		Área de maquinado											
Máquinas		l	a	h	N	n	Ss	Sg	Ss*n*h	Ss*n	Se	St	
Elementos móviles	Operarios	-	-	1.65	-	4	0.50	-	3.30	2.00	-	-	
	Carritos	0.77	0.56	1.03	-	1	0.43	-	0.44	0.43	-	-	
								Σ	3.74	2.43			-

Área mínima requerida : **143.86** m²

Área de Maquinado	
K	0.4606
Hem	1.5406
Hee	1.6724

Elaboración propia

Área de tratamiento térmico

Una vez retiradas las máquinas obsoletas en la “S” anterior, se colocarán las máquinas necesarias, incluyendo las pulidoras que se encontraban en el área de pulido, en línea de acuerdo a la secuencia del proceso. Cabe mencionar que los rociadores, que forman parte del proceso de producción de las matrices, no se moverán debido a su conexión a un pozo bajo suelo.

Se necesitará 1 mesa de trabajo al lado del horno de templado y 1 mesa de trabajo al lado del horno de revenido como puntos de espera de los productos en proceso, así como para que se enfríen las piezas que salen del horno de revenido. Dada la ubicación lineal y secuencial que se dará a las máquinas, las mesas de trabajo pueden servir como punto de espera para todas las máquinas.

Tabla 5.14

Lista de máquinas necesarias para el área de tratamiento térmico

Máquinas	Cantidad	Tiene punto de espera
Horno de templado	1	Sí
Ablandador de agua	1	No
Pulidora	2	Sí
Durómetro	1	No
Rociador	3	Sí
Tina de enfriamiento	1	Sí
Estufa de revenido/recocido	1	Sí
Estufa de revenido	1	Sí
Estufa de revenido	1	Sí

Elaboración propia

Adicionalmente, se reutilizará una estantería del área para colocar los materiales requeridos por el área: asbesto, alambre, papel craft y gasolina. Así mismo, se asignará un carrito de transporte de productos en proceso con las mismas características que para el área de maquinado.

Finalmente se determinó que el área disponible es la adecuada para el nuevo ordenamiento.

Tabla 5.15

Diferencia entre área mínima requerida y el área disponible

Nombre	Área mínima requerida	Área disponible
Área de tratamiento térmico	42.03 m ²	98.7 m ²

Elaboración propia

Tabla 5.16

Método Guerchet para elementos estáticos del Área de tratamiento térmico

Área de tratamiento térmico												
	Máquinas	l	a	h	N	n	Ss	Sg	Ss*n*h	Ss*n	Se	St
Elementos estáticos	Horno de templado	1.25	1.40	1.60	1	1	1.75	1.75	2.80	1.75	1.49	4.99
	Ablandador de agua	0.67	-	1.73	2	1	1.41	2.82	2.44	1.41	1.80	6.03
	Pulidora	0.42	0.38	1.12	1	2	0.16	0.16	0.36	0.32	0.14	0.91
	Durómetro	1.06	0.73	1.65	1	1	0.77	0.77	1.28	0.77	0.66	2.21
	Rociador	0.70	-	2.20	1	3	0.38	0.38	2.54	1.15	0.33	3.29
	Tina de enfriamiento	3.00	0.85	0.85	1	1	2.55	2.55	2.17	2.55	2.17	7.27
	Estufa de revenido/recocido	0.94	0.85	2.20	1	1	0.80	0.80	1.76	0.80	0.68	2.28
	Estufa de revenido	1.00	1.46	1.60	1	1	1.46	1.46	2.34	1.46	1.24	4.16
	Estufa de revenido	1.80	1.29	1.62	1	1	2.32	2.32	3.76	2.32	1.97	6.62
	Estanterías	2.00	0.75	2.05	1	1	1.5	1.50	3.08	1.50	1.28	4.28
									Σ	22.51	14.04	42.03

Elaboración propia

Tabla 5.17

Método Guerchet para elementos móviles del Área de tratamiento térmico

Área de tratamiento térmico												
	Máquinas	l	a	h	N	n	Ss	Sg	Ss*n*h	Ss*n	Se	St
Elementos móviles	Operarios	-	-	1.65	-	1	0.50	-	0.83	0.50	-	-
	Carritos	0.77	0.56	1.03	-	1	0.43	-	0.44	0.43	-	-
									Σ	1.27	0.93	-

Área mínima requerida : 42.03 m²

Área de tratamiento térmico	
K	0.4253
Hem	1.3639
Hee	1.6036

Elaboración propia

Área de rectificado

Al igual que para los casos anteriores, después de eliminar las máquinas obsoletas se determinaron las máquinas y elementos necesarios para el área, incluyendo máquinas que se encontraban en otras áreas de la planta como la rectificadora exterior. Además, a cada máquina, a excepción de la estufa de azufre, se le asignará un punto de espera consistente en un pequeño mueble con un cajón y una puerta donde los operarios podrán guardar sus instrumentos de medición y cuchillas. Las medidas de las mesas de trabajo son las siguientes:

Largo: 55 cm

Ancho: 40 cm

Altura: 87 cm

Tabla 5.18

Lista de máquinas necesarias en el área de rectificado

Máquinas	Cantidad	Tiene punto de espera
Rectificadora interior	1	Sí
Rectificadora interior	1	Sí
Rectificadora interior hidráulica	1	Sí
Rectificadora plana	1	Sí
Rectificadora ojivadora	3	Sí
Ojivadora con proyector de perfil	1	Sí
Rectificadora exterior	2	Sí
Rectificadora exterior 1	1	Sí
Rectificadora exterior 2	1	Sí
Estufa de azufre	1	No

Elaboración propia

Adicionalmente, se colocará un estante con depósitos de plástico removibles, para igualmente almacenar utensilios y herramientas pequeños, y un carro de herramientas multiuso con las mismas características que los del área de maquinado y se reutilizará 1 estantería de madera en buen estado para poder organizar los planos de los utillajes, usados para el control realizado en el proyector de perfil.

Además, se asignará un carrito de transporte de productos en proceso con las mismas características que para el área de maquinado con el fin de que los productos que salen de esta etapa hacia el pulido final lleguen en óptimas condiciones a su destino.

Al igual que para las áreas anteriores, con el método Guerchet se determinó que el área disponible actualmente es suficiente para acomodar todas las máquinas que corresponden estar en esta área.

Tabla 5.19

Diferencia entre área mínima requerida y el área disponible

Nombre	Área mínima requerida	Área disponible
Área de rectificado	112.36 m ²	140.5 m ²

Elaboración propia



Tabla 5.20

Método Guerchet para elementos estáticos del Área de rectificado

		Área de rectificado										
Máquinas		l	a	h	N	n	Ss	Sg	Ss*n*h	Ss*n	Se	St
Elementos estáticos	Rectificadora interior	1.30	0.96	1.50	1	1	1.25	1.25	1.87	1.25	1.03	3.53
	Rectificadora interior	1.45	0.87	1.50	1	1	1.26	1.26	1.89	1.26	1.04	3.56
	Rectificadora interior hidráulica	1.95	1.15	1.60	1	1	2.24	2.24	3.59	2.24	1.85	6.34
	Mando de control	0.40	0.32	1.24	1	1	0.13	0.13	0.16	0.13	0.11	0.36
	Rectificadora plana	2.55	0.85	2.00	1	1	2.17	2.17	4.34	2.17	1.79	6.12
	Rectificadora ojivadora	1.70	0.95	1.75	1	3	1.62	1.62	8.48	4.85	1.33	13.69
	Ojivadora con proyector de perfil	2.60	1.60	1.90	1	1	4.16	4.16	7.90	4.16	3.44	11.76
	Rectificadora exterior	2.70	1.70	2.20	1	2	4.59	4.59	20.20	9.18	3.79	25.94
	Rectificadora exterior 1	3.14	2.10	1.95	1	1	6.59	6.59	12.86	6.59	5.44	18.63
	Rectificadora exterior 2	2.83	1.70	1.75	1	1	4.81	4.81	8.42	4.81	3.97	13.59
	Estante con depósitos	0.54	0.26	0.40	1	1	0.14	0.14	0.06	0.14	0.11	0.39
	Carro de herramientas multiuso	0.67	0.46	0.95	1	1	0.31	0.31	0.29	0.31	0.25	0.87
	Estanterías	1.80	0.75	2.05	##	1	1.35	1.35	2.77	1.35	1.11	3.81
Estufa de azufre	0.65	0.47	1.03	1	1	1.33	1.33	1.37	1.33	1.10	3.75	
								Σ	74.19	39.76		112.36

Elaboración propia

Tabla 5.21

Método Guerchet para elementos móviles del Área de rectificado

		Área de rectificado										
Máquinas		l	a	h	N	n	Ss	Sg	Ss*n*h	Ss*n	Se	St
Elementos móviles	Operarios	-	-	1.65	-	4	0.50	-	3.30	2.00	-	-
	Carritos	0.77	0.56	1.03	-	1	0.43	-	0.44	0.43	-	-
								Σ	3.74	2.43		-

Área mínima requerida :

112.36 m²

Área de rectificado	
K	0.4129
Hem	1.5406
Hee	1.8657

Elaboración propia

Área de pulido

Actualmente, el área de pulido se encuentra en medio del área de maquinado, pero los procesos que se desarrollan en estas áreas no son secuenciales, es por ello que se trasladará al lado del área de tratamiento térmico y de rectificado con las que comparte procesos secuenciales.

A continuación, se listaron las máquinas correspondientes al área de pulido. Cabe resaltar, que solo el torno paralelo tipo 2 cuenta con un mueble donde el operario puede guardar sus herramientas y para las pulidoras se acondicionarán mesas. Las medidas de las mesas de trabajo son las siguientes:

Largo: 55 cm

Ancho: 40 cm

Altura: 87 cm

Tabla 5.22

Lista de máquinas necesarias en el área de pulido

Máquinas	Cantidad	Tiene punto de espera
Pulidora	2	Sí
Yunque para centrar	1	No
Centradora	1	No
Torno paralelo tipo 2	1	Sí

Elaboración propia

En esta área también se asignó un carrito de herramientas multiuso con las mismas características que del área de maquinado donde se podrá almacenar la lija utilizada en el trabajo de rutina.

Al igual que para las áreas anteriores, con el método Guerchet se determinó que el área disponible actualmente es suficiente para acomodar todas las máquinas que corresponden estar en esta área.

Tabla 5.23

Diferencia entre área mínima requerida y el área disponible

Nombre	Área mínima requerida	Área disponible
Área de pulido	19.04 m ²	65.2 m ²

Elaboración propia

Tabla 5.24

Método Guerchet para elementos estáticos del Área de Pulido

Área de pulido												
	Máquinas	l	a	h	N	n	Ss	Sg	Ss*n*h	Ss*n	Se	St
Elementos estáticos	Pulidora	0.42	0.38	1.12	1	2	0.16	0.16	0.36	0.32	0.16	0.95
	Punto de espera - mesa	0.40	0.55	1.20	-	2	0.22	-	0.53	0.44	0.11	0.66
	Yunque para centrar	0.40	0.40	0.55	1	1	0.16	0.16	0.09	0.16	0.16	0.48
	Centradora	0.95	0.85	1.55	1	1	2.84	2.84	4.39	2.84	7.73	13.40
	Carro de herramientas multiuso	0.67	0.46	0.95	1	1	0.31	0.31	0.29	0.31	0.30	0.92
	Torno paralelo tipo 2	1.60	0.70	1.35	1	1	1.12	1.12	1.51	1.12	1.10	3.34
								Σ	7.17	5.18		19.76

138%

Elaboración propia

Tabla 5.25

Método Guerchet para elementos móviles del Área de Pulido

Área de pulido												
	Máquinas	l	a	h	N	n	Ss	Sg	Ss*n*h	Ss*n	Se	St
Elementos móviles	Operarios	-	-	1.65	-	1	0.50	-	0.83	0.50	-	-
	Carritos	0.77	0.56	1.03	-	1	0.43	-	0.44	0.43	-	-
								Σ	1.27	0.93		-

Área mínima requerida : 19.76 m²

	Área de pulido
k	0.4927
hem	1.3639
hee	1.3840

Elaboración propia

Área de control de calidad

El Área de control de calidad deberá contar con un escritorio con cajones donde guardará los elementos que se emplean para el control dimensional. La mesa de trabajo contará con las siguientes características:

Largo: 200 cm

Ancho: 64 cm

Alto: 86.5 cm

Figura 5.10

Mesa de trabajo para el Área de control de calidad



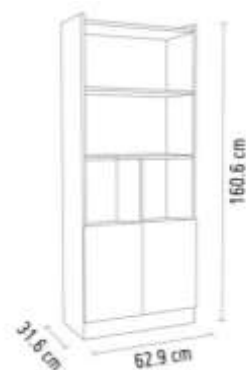
Fuente: Gedauto Desarrollo, S.L., (2018)

Adicionalmente, se adquirirá un librero donde se guardarán y clasificarán los planos, manuales y guías necesarios para el control de la producción.

En la siguiente figura se pueden apreciar las medidas del librero.

Figura 5.11

Librero



Fuente: Maestro, (2017)

Con el fin de que los productos en proceso no se mezclen al pasar por la inspección al 100%, se asignará un carrito de transporte de productos en proceso con las mismas características que para el área de maquinado.

Con todos los elementos identificados, se calculó el área mínima requerida y se determinó que el espacio disponible es suficiente.

Figura 5.12

Cálculo de tamaño mínimo requerido de Área de control de calidad

Oficinista 1		Durómetro		Proyector de perfil		Área mínima requerida	
9	+	0.77	+	1.68	=	11.45	m ²

Fuente: Díaz, Jarufe & Noriega, (2007)

Elaboración propia

Tabla 5.26

Diferencia entre área mínima requerida y el área disponible

Nombre	Área mínima requerida	Área disponible
Área de control de calidad	11.45 m ²	25 m ²

Elaboración propia

Oficina de asistencia técnica

Para la oficina de asistencia técnica, se adquirirá un librero de las mismas características que el del área de control de calidad para poder organizar los planos y registros necesarios para el control de la producción. Además, cuenta con 2 escritorios cada uno con una laptop. Dado que todos los elementos se encuentran en buenas condiciones, estos serán reutilizados.

Se determinó que el área disponible es suficiente para el desarrollo de las actividades.

Figura 5.13

Cálculo de tamaño mínimo requerido de Oficina de asistencia técnica

Oficinista 1		Oficinista 2		Área mínima requerida	
4.5	+	4.5	=	9	m ²

Fuente: Díaz, Jarufe & Noriega, (2007)

Elaboración propia

Tabla 5.27

Diferencia entre área mínima requerida y el área disponible

Nombre	Área mínima requerida	Área disponible
Oficina de asistencia técnica	9 m ²	17.4 m ²

Elaboración propia

Almacén de materia prima e insumos

Se asignará un montacargas manual para el Almacén de materia prima e insumos para el traslado de las barras de acero. Las barras vienen con una longitud de 53 cm, lo que permite apilar hasta 24 barras sobre una parihuela, de 1.20 m por 1 m, en el montacargas. Las dimensiones del montacargas son las siguientes:

Largo: 1590 mm

Ancho: 685 mm

Alto: 1232 mm

Capacidad: 3 T

Figura 5.14



Montacargas manual



Fuente: Almacenes VIDRI S.A., (2018)

Tabla 5.28

Parihuela y accesorios

Parihuela de 1.20m x 1.00m	Collar pallet
	
Fuente: Dreamstime, (2018)	Fuente: Rapid racking, (2018)

Elaboración propia

Las puertas del Almacén de materia prima e insumos se han de ampliar a 1.95 m para que se pueda ingresar el montacargas y las parihuelas con mayor facilidad.

Por ser un área crítica de control, se diseñó un rack con el fin de clasificar las barras de acero de 0.53 m en función al diámetro y tipo de acero. El rack contará con 52 casilleros, cada casillero de 20 cm x 20 cm vista frontal. Cada casillero tendrá una etiqueta para lograr estandarizar el proceso de selección del acero y como ayuda visual.

Tabla 5.29

Cálculo de número de casilleros por tipo de acero para el rack de materias primas

Diámetro del Acero (cm)	K100	K460	S600	E230	ETD	VCN	WIDIA	Número de barras entrantes / casillero
0.64	-	1.00	-	-	-	-	-	961.00
0.79	-	1.00	-	-	-	-	-	625.00
0.95	-	-	-	-	-	1.00	-	400.00
1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	400.00
1.27	1.00	1.00	-	1.00	-	-	-	225.00
1.59	1.00	1.00	-	-	-	-	-	144.00
1.91	1.00	1.00	-	-	-	-	-	100.00
2.00	1.00	1.00	-	1.00	-	-	-	100.00
2.22	-	1.00	-	-	-	-	-	64.00
2.54	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	49.00
2.86	3.00	1.00	-	-	-	1.00	-	36.00
3.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	36.00
3.18	-	-	-	-	-	-	1.00	36.00
3.81	1.00	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	25.00
4.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	25.00
4.45	-	1.00	-	-	-	-	-	16.00
5.00	-	1.00	-	-	-	-	1.00	16.00
5.08	-	1.00	-	-	-	-	-	9.00
5.72	-	-	-	-	-	-	1.00	9.00
6.00	-	1.00	-	-	2.00	-	-	9.00
7.50	-	-	-	-	3.00	-	-	4.00
7.62	-	-	1.00	-	-	-	1.00	4.00
1.2 x 5	2.00	-	-	-	-	-	-	16.00
Casilleros requeridos por tipo de acero	14.00	17.00	3.00	2.00	5.00	3.00	5.00	

Nota 1: Las barras son de 0.53 m de largo

Nota 2: El número de barras entrantes por casillero es excesivamente elevado para las barras de acero más delgadas, esto se debe a que los casilleros fueron diseñados con una medida estándar de 20 x 20 cm de vista frontal. Teniendo en cuenta las barras con mayor diámetro requeridas para la producción de 1 año para 4,350,000 de municiones.

Elaboración propia

El rack posee las siguientes medidas:

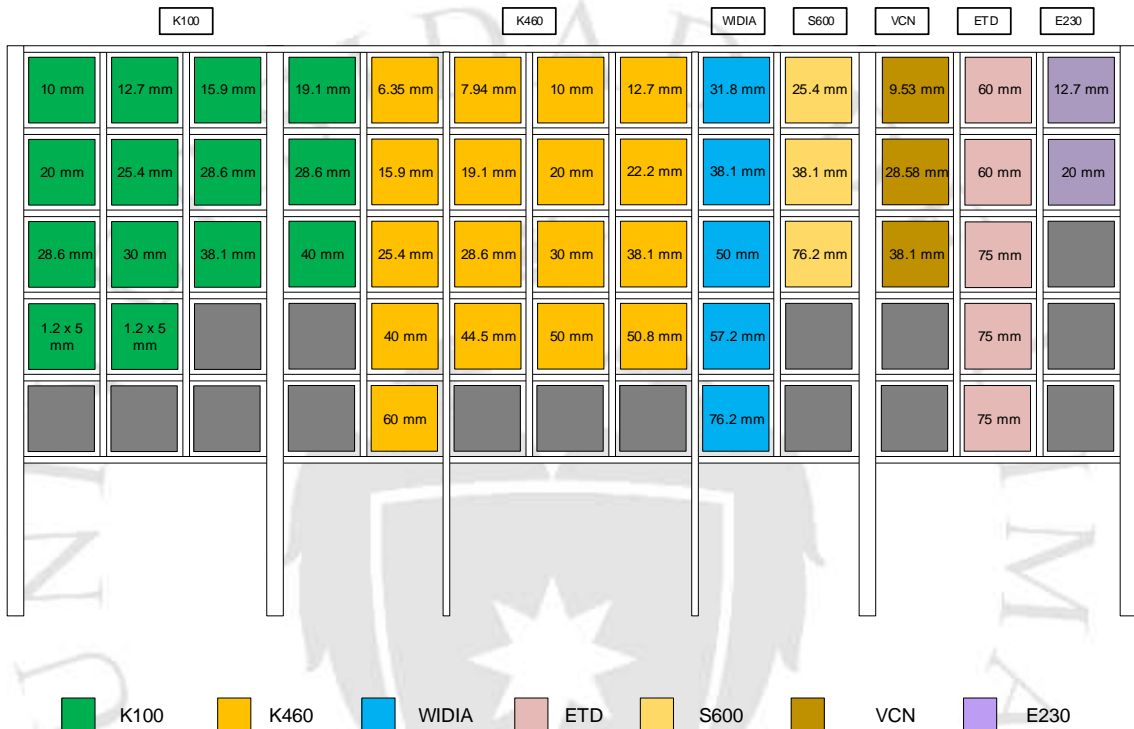
Alto: 173.5 cm

Largo: 340.2 cm

Profundidad: 60 cm

Figura 5.15

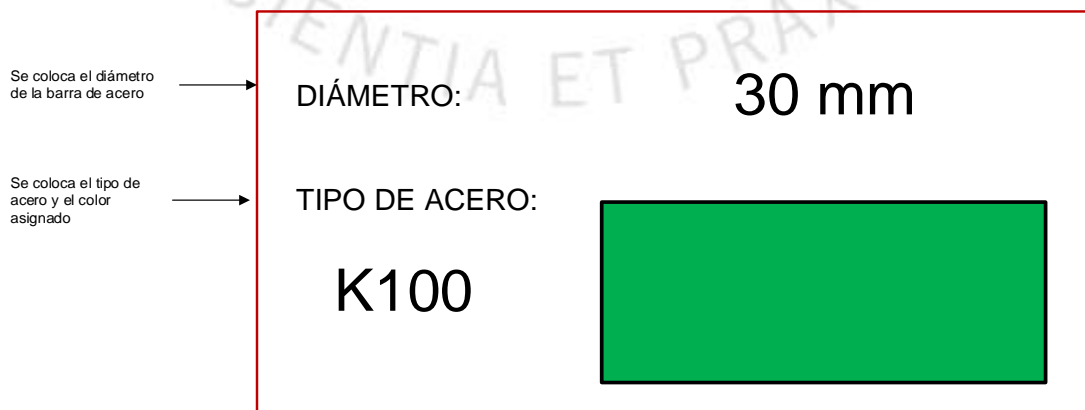
Rack de materia prima para todos los productos



Elaboración propia

Figura 5.16

Etiqueta para casilleros del rack de materia prima



Nota: Las dimensiones de la etiqueta son 19 x 10 cm

Elaboración propia

Los insumos se colocarán en un estante de metal de 4 niveles con las siguientes medidas:

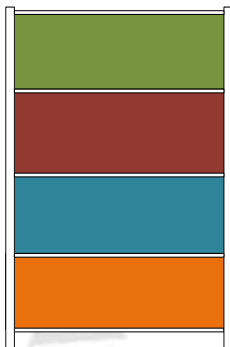
Largo: 121.92 cm

Ancho: 60.96 cm

Alto: 182.88 cm

Figura 5.17

Estante de metal



Elaboración propia

Figura 5.18

Cálculo de tamaño mínimo requerido del Almacén de materias primas e insumos

Área del rack	Área del estante	Área del montacarga	Pasillos	Área mínima requerida	
(2.04	+ 0.79	+ 1.09) * 1.3	= 5.10	m ²

Elaboración propia

El área asignada para el Almacén de materias primas e insumos será de 18.3 m², por lo tanto, el espacio es suficiente.

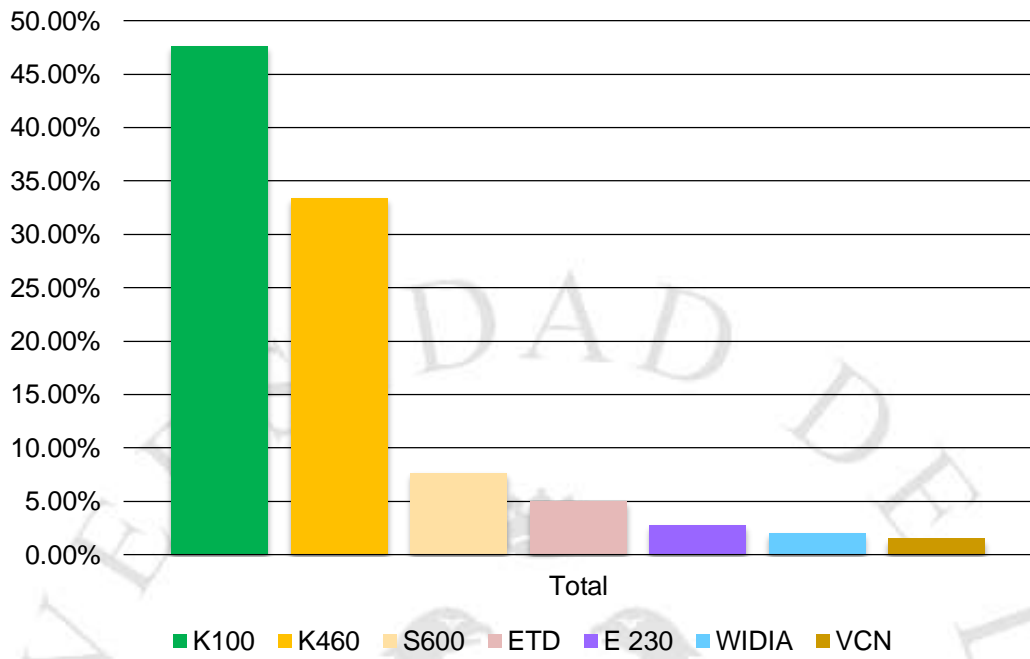
Almacén de tochos y productos terminados

Para la clasificación de los tochos y productos terminados en sus respectivos racks se tomó en cuenta el tipo de acero y el utillaje de cada tocho.

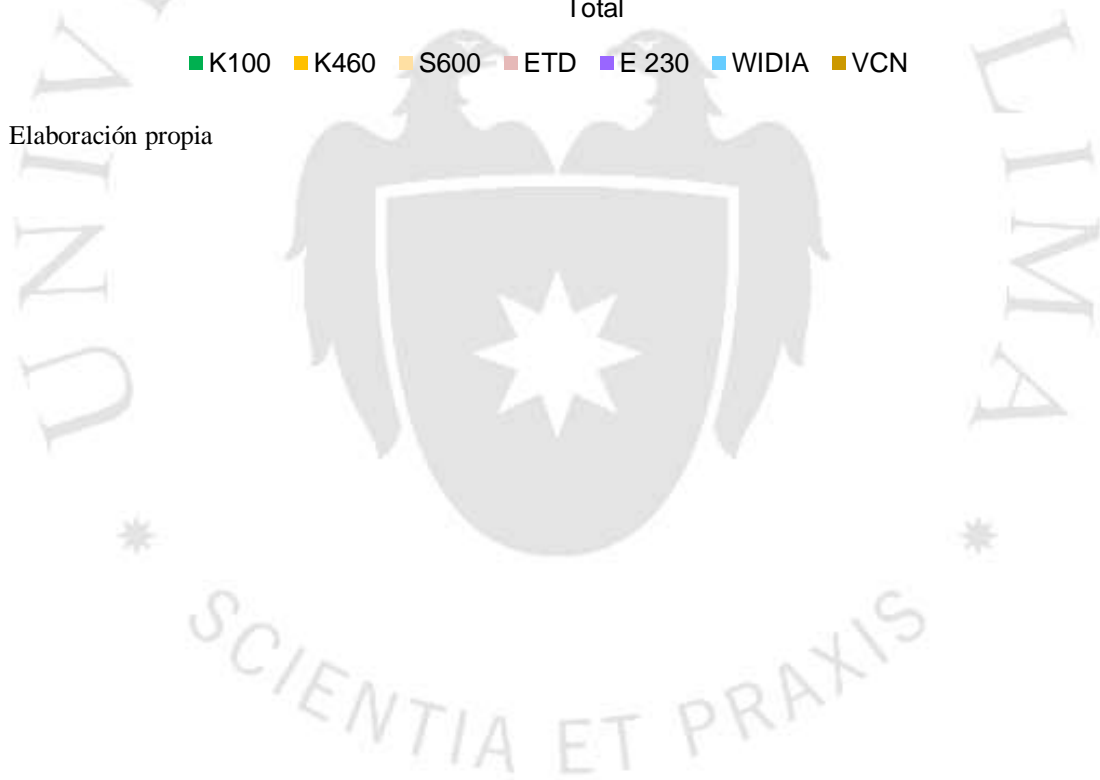
En la siguiente figura, podemos visualizar que existen 7 tipos de acero empleados en la producción de los utillajes donde el 47.61% es del tipo de acero K100 y el 33.38% es del tipo K460, siendo los tipos de acero más relevantes.

Figura 5.19

Participación general de los tipos de acero para todos los productos de la línea 9mm



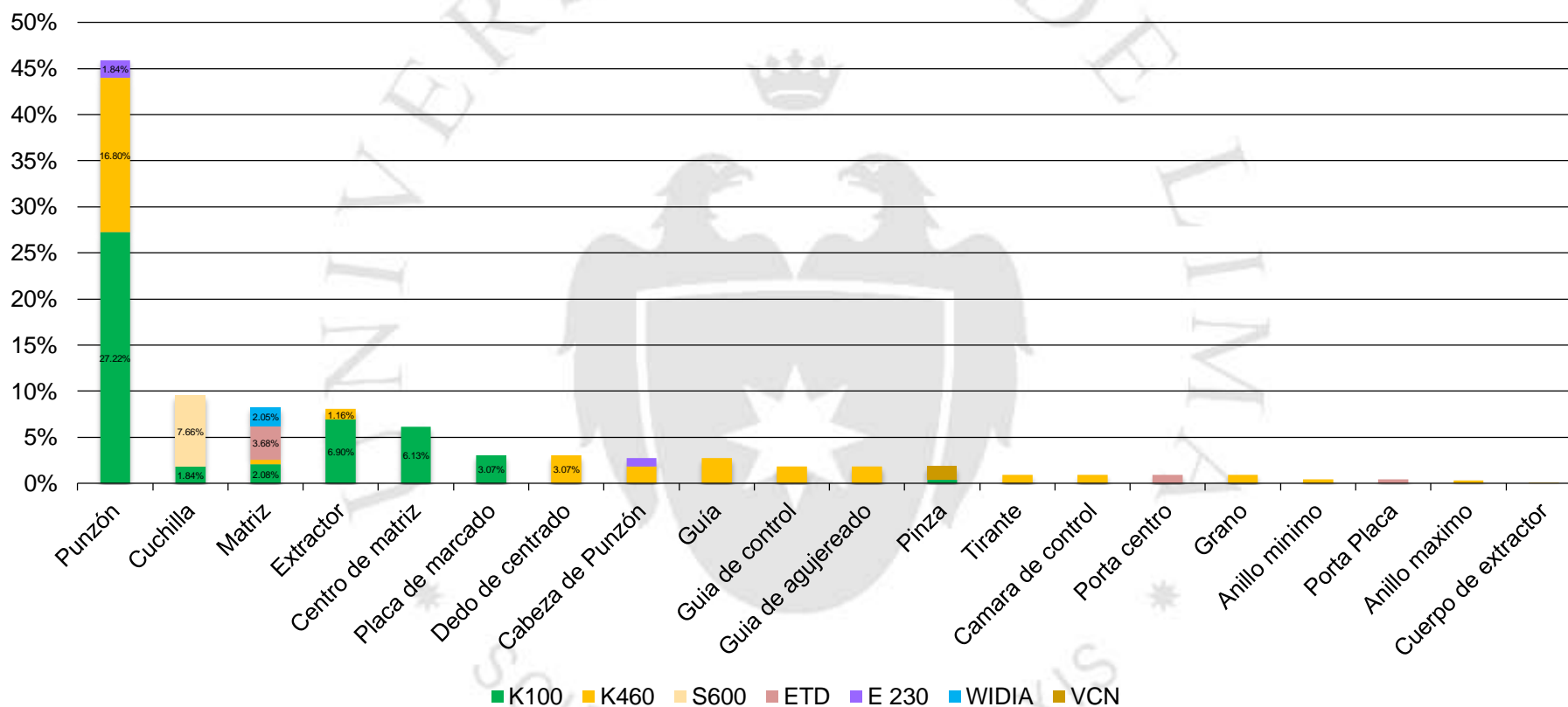
Elaboración propia



En la siguiente gráfica visualizamos el porcentaje de participación de los tipos de acero empleados por grupo de producto:

Figura 5.20

Grupos de productos de la línea 9mm y su clasificación según tipo de acero.



Elaboración propia

Los tochos se agruparán en cajas sin tapa hechas de madera en base y lados y con la cara frontal de acrílico. Las medidas en el interior de la caja de 30 cm de largo, 20 cm de ancho y una altura de 20 cm. Las cajas serán etiquetadas según el código del plano del producto y se colocarán en casilleros de 23 cm por 23 cm de vista frontal en 2 racks.

Las dimensiones del primer rack que contará con 70 casilleros, almacenará los tochos para producir los utillajes usados en la línea de casquillos de 9 mm de la Planta de Fabricación son las siguientes:

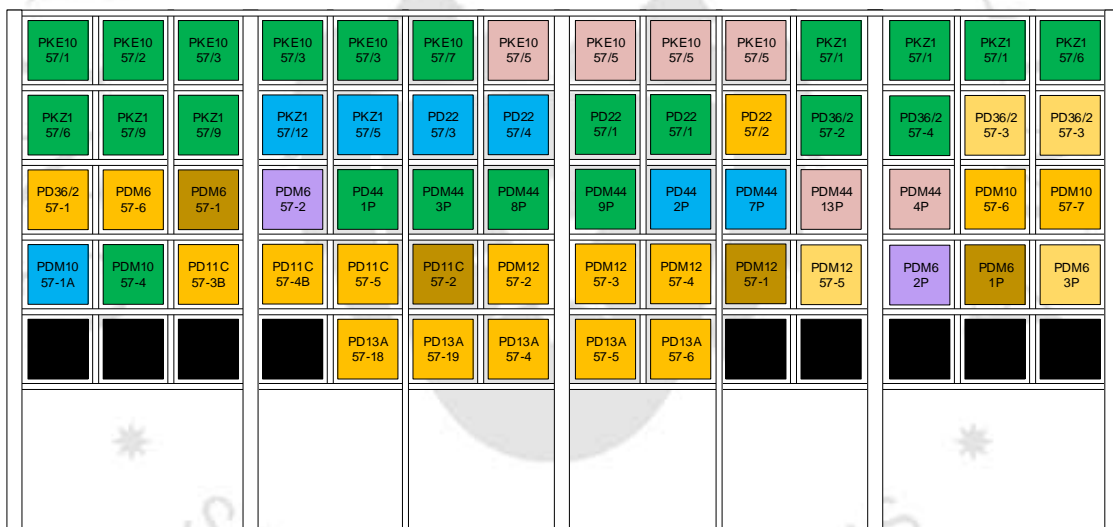
Profundidad: 42 cm

Alto: 173.5 cm

Ancho: 370 cm

Figura 5.21

Rack para los tochos de la línea de casquillos de 9mm



K460
 K100
 WIDIA
 ETD
 S600
 VCN
 E230

Elaboración propia

Las dimensiones del segundo rack que contará con 36 casilleros, almacenará los tochos para producir los utillajes usados en la línea de balas de la Planta de Fabricación y los utillajes usados en el Taller de Encartuchado de municiones de 9mm son las siguientes:

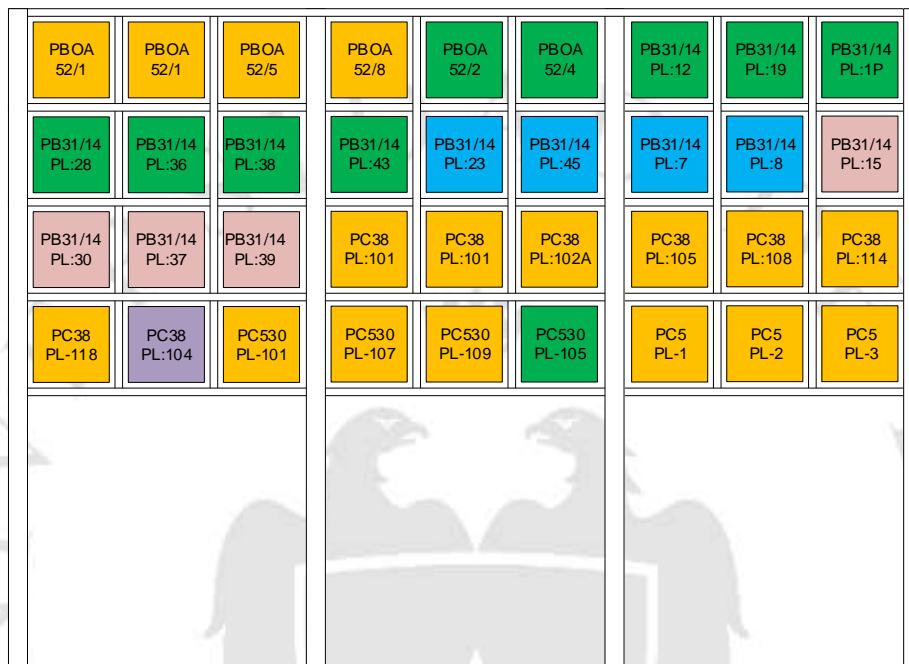
Profundidad: 42 cm

Alto: 173.5 cm

Ancho: 240.2 cm

Figura 5.22

Rack para los tochos de la línea de balas y taller de encartuchado de 9mm



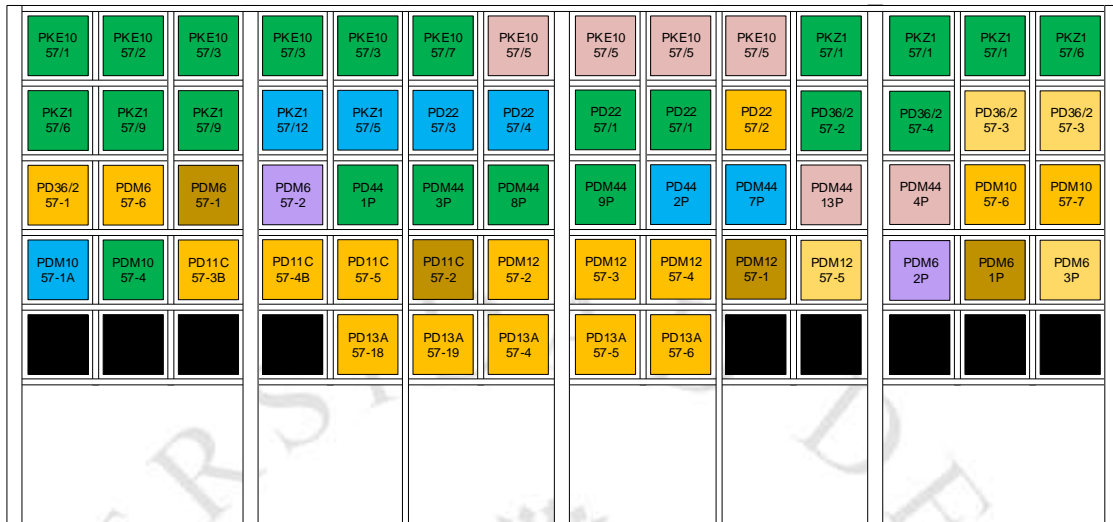
Elaboración propia

 K460	 K100	 WIDIA	 ETD	 S600	 VCN	 E230
--	--	---	---	--	---	--

Así mismo, los productos terminados se almacenarán en 2 racks con las mismas características que los racks de los tochos: uno para los utillajes de la línea de casquillos y el otros para los utillajes empleados en la línea de balas y el taller de encartuchado.

Figura 5.23

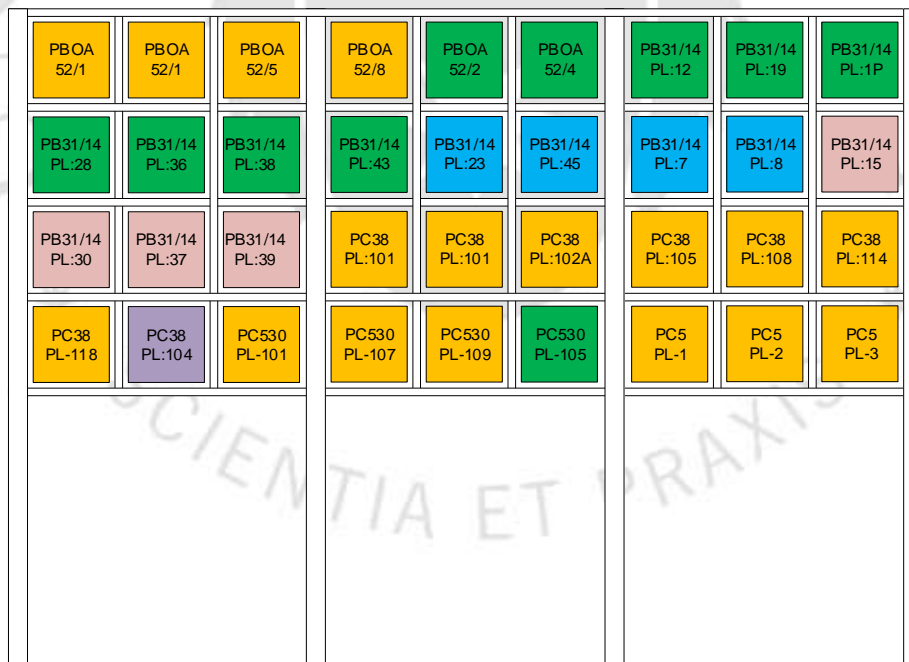
Rack para los productos terminados de la línea de casquillos de 9mm



■ K460 ■ K100 ■ WIDIA ■ ETD ■ S600 ■ VCN ■ E230
 Elaboración propia

Figura 5.24

Rack para los productos terminados de las líneas de balas y encartuchado de 9mm



■ K460 ■ K100 ■ WIDIA ■ ETD ■ S600 ■ VCN ■ E230
 Elaboración propia

Figura 5.25

Etiquetas para los casilleros de los racks de tochos y productos terminados

Se coloca el calibre al que pertenece el tocho o producto terminado →

Se coloca el código de la máquina al que pertenece el utillaje →

Se coloca el número de plano con el que se identifica el utillaje →

Se coloca el tipo de acero requerido y el color asignado a ese tipo de acero →

CALIBRE: 9mm

MÁQUINA: PKE10

NÚMERO DE PLANO: 57-3A

TIPO DE ACERO:

K100

The technical drawing shows a rectangular plate with a width of 80 mm and a height of 100 mm. It includes various dimension lines and a surface finish symbol indicating a maximum roughness of 0.01. The drawing is labeled 'PLACA RECTANGULAR NITRO 03 mm ANILIN' and 'SIN CENTRO'.

Nota: Las dimensiones de la etiqueta son 19 x 10 cm
Elaboración propia

Figura 5.26

Cálculo de tamaño mínimo requerido del Almacén de tochos y productos terminados

Área del rack de casquillos	Área del rack de balas y encartuchado	Área de carrito	Pasillos	Área mínima requerida
(1.68	+ 3.15	+ 0.50) * 1.3	= 6.93 m2

Elaboración propia

Al igual que en el caso anterior, el área disponible para el Almacén de tochos y productos terminados es de 37.6 m² mayor al área mínima requerida.

Área común

En el área común se colocarán los tornos revolver, los cuales se utilizan de manera esporádica y por lo tanto no requieren estar en el área de maquinado.

Tabla 5.30

Método Guerchet para el Área Común

Área común												
	Máquinas	l	a	h	N	n	Ss	Sg	Ss*n*h	Ss*n	Se	St
Elementos estáticos	Torno revolver semiautomático	6.54	1.65	1.70	1	3	10.79	10.79	55.03	32.37	6.54	84.36
									Σ	55.03	32.37	84.36

Área común												
	Máquinas	l	a	h	N	n	Ss	Sg	Ss*n*h	Ss*n	Se	St
Elementos móviles	Carritos	0.77	0.56	1.03	-	1	0.43	-	0.44	0.43	-	-
									Σ	0.44	0.43	-

Área mínima requerida : 84.36 m²

Área común	
K	0.3029
hem	1.0300
Hee	1.7000

Elaboración propia

En conclusión, las áreas requeridas para la Planta de Utillaje son:

Tabla 5.31

Requerimiento de cada área

Nombre del área	Área mínima requerida	Área a asignar
Almacén de materia prima e insumos	5.10 m ²	18.3 m ²
Área de control de calidad	11.45 m ²	25 m ²
Oficina de asistencia técnica	15.33 m ²	17.4 m ²
Área de maquinado	143.86 m ²	173.6 m ²
Área de pulido	19.76 m ²	65.2 m ²
Área de tratamiento térmico	42.03 m ²	98.7 m ²
Área de rectificado	112.36 m ²	140.5 m ²
Área común	84.36 m ²	186.5
Baños	53.13 m ²	53.13 m ²
Almacén de tochos y productos terminados	6.93 m ²	37.6 m ²

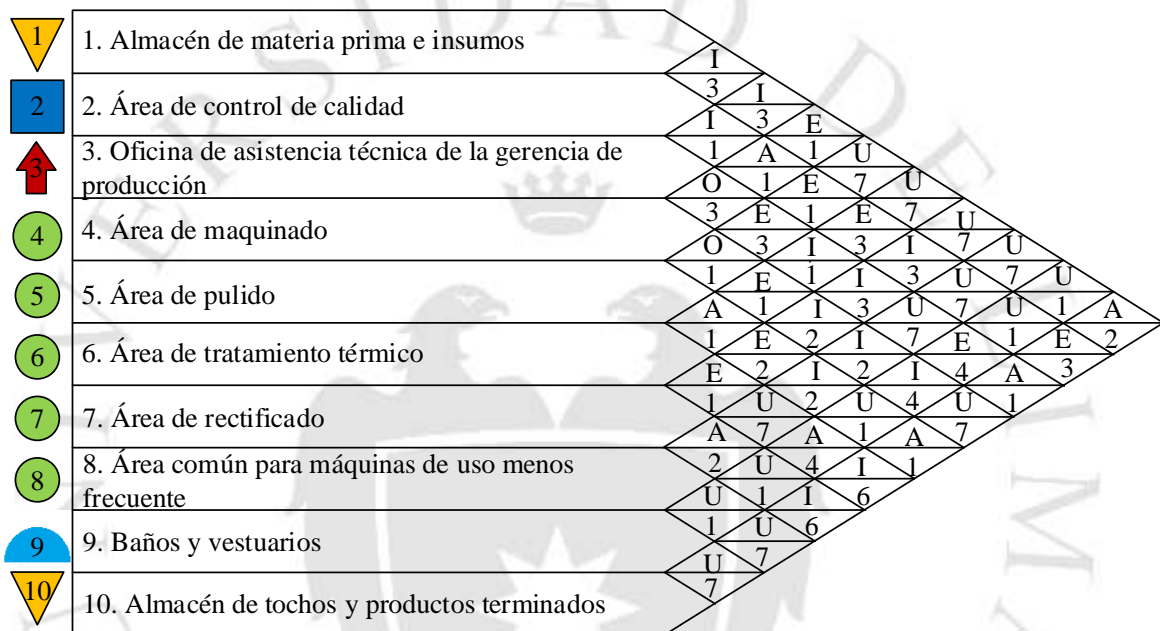
Elaboración propia

Una vez ya determinados los requerimientos mínimos de espacio para cada área, se procede a realizar un análisis cualitativo de cercanía entre las estaciones de trabajo. Este análisis se realizó empleando un diagrama de relaciones de actividades:

Tabla 5.32

Tabla Relacional

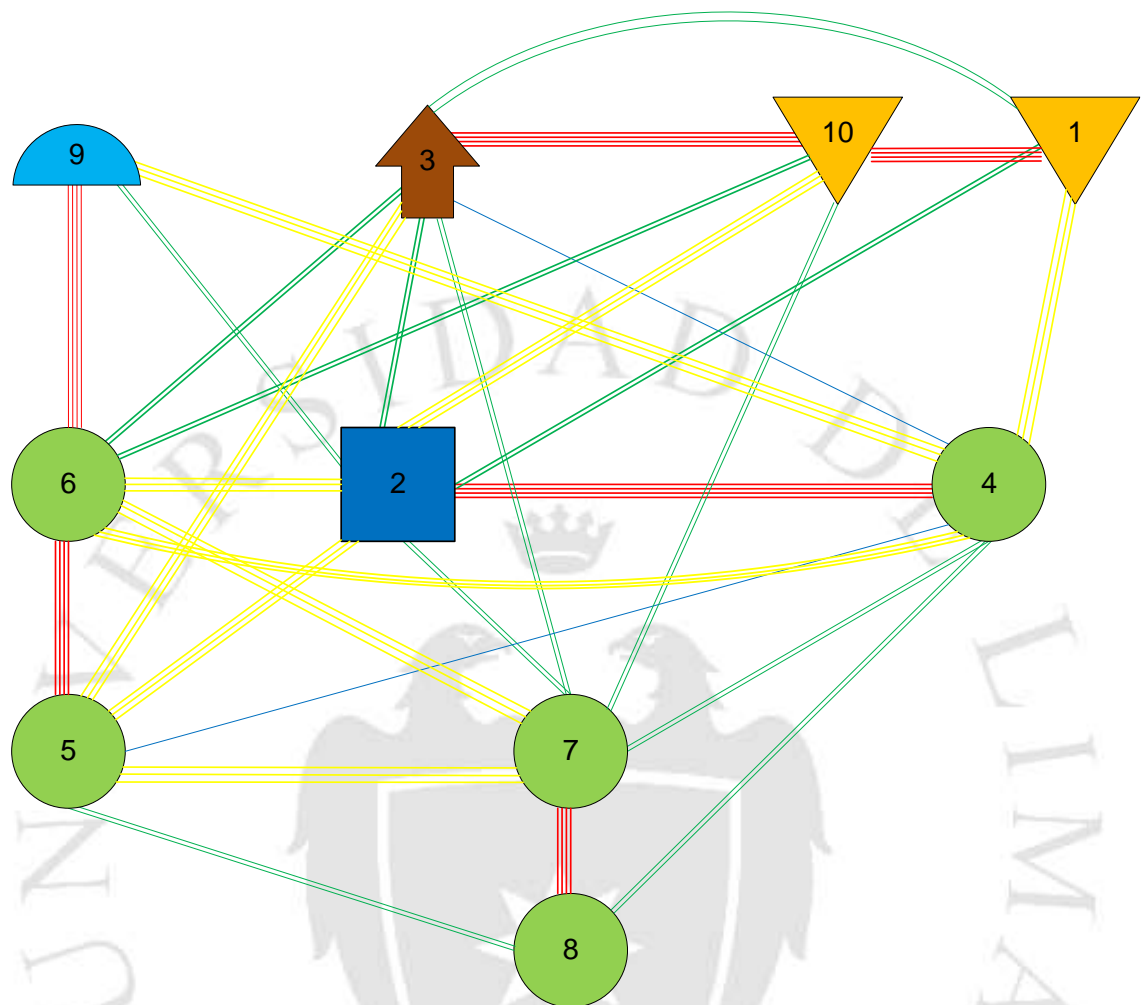
Lista de Motivos	
1.	Secuencia de Operaciones
2.	Flexibilidad del proceso
3.	Control del proceso
4.	Ingreso con EPP's y vestimenta adecuada
5.	Utilización de equipos comunes
6.	Abastecimiento de material
7.	No es necesario



Elaboración propia

Figura 5.27











Diagrama relacional de actividades



Elaboración propia

Tabla 5.33

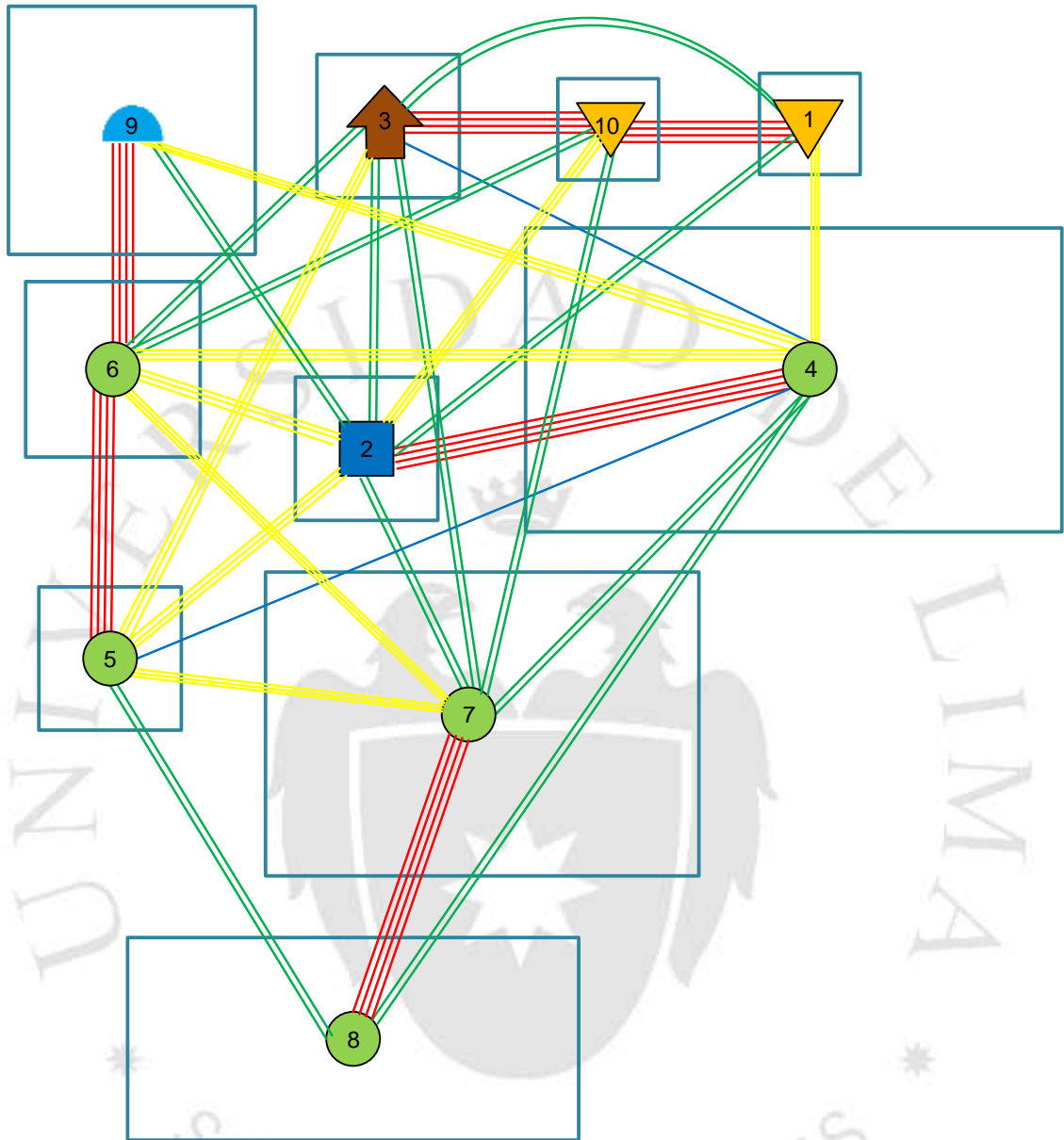
Determinación de superficies equivalentes

Símbolos	Actividades	Áreas mínimas requeridas	Nº de unidades de superficies equivalentes	Áreas a asignar	Nº de unidades de superficies equivalentes
	Almacén de materia prima e insumos	5.10	1	18.30	2
	Área de control de calidad	11.45	1	25.00	3
	Oficina de asistencia técnica a la gerencia de producción	15.33	2	17.40	2
	Área de maquinado	142.80	16	173.60	19
	Área de pulido	19.04	2	65.20	7
	Área de tratamiento térmico	42.03	5	98.70	11
	Área de rectificado	115.07	13	140.50	16
	Área común para máquinas de uso menos frecuente	84.36	9	186.50	21
	Baños	53.13	6	53.13	6
	Almacén de tochos y productos terminados	6.93	1	37.60	4

Elaboración propia

Figura 5.28

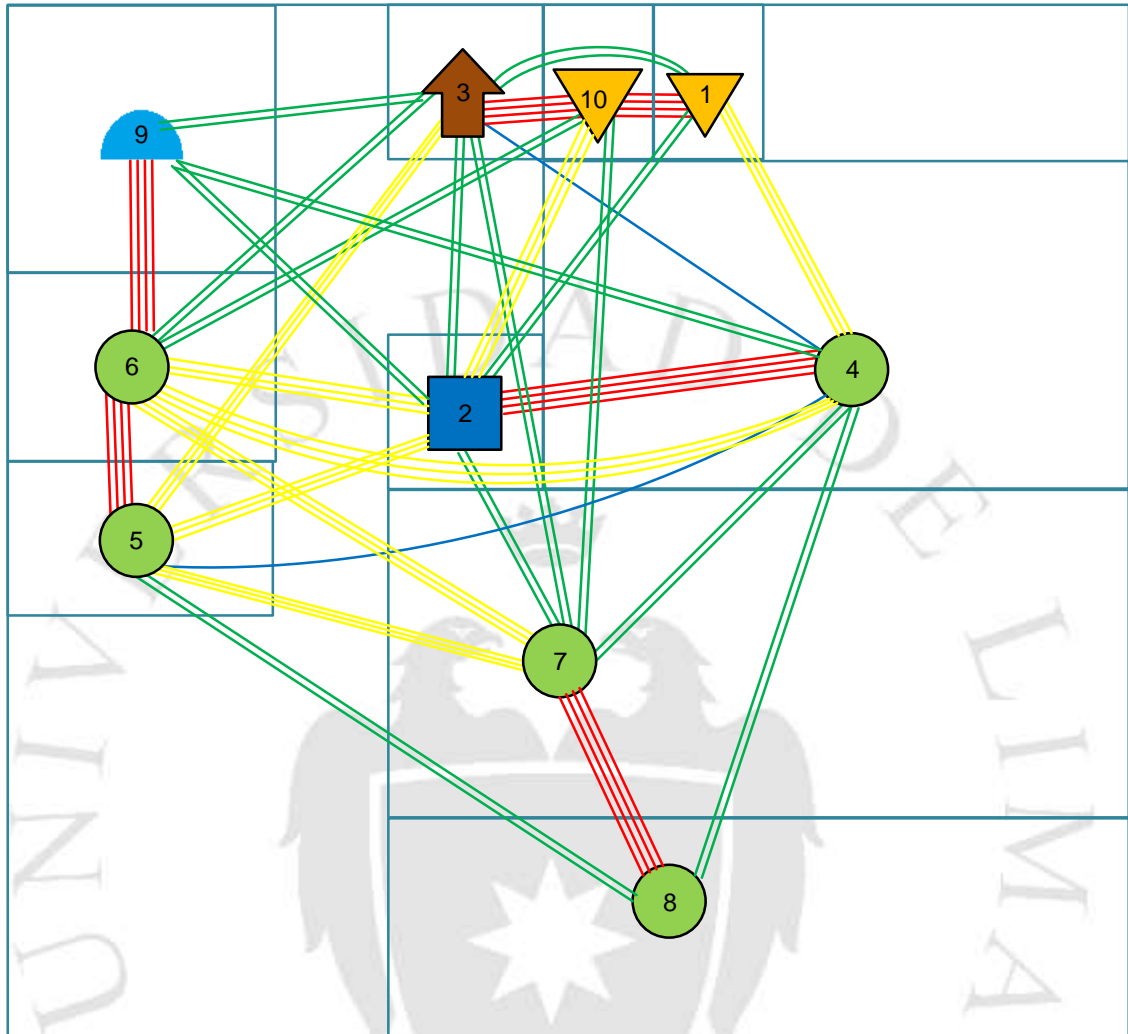
Diagrama relacional de espacios con áreas mínimas requeridas



Elaboración propia

Figura 5.29

Disposición con áreas mínimas requeridas

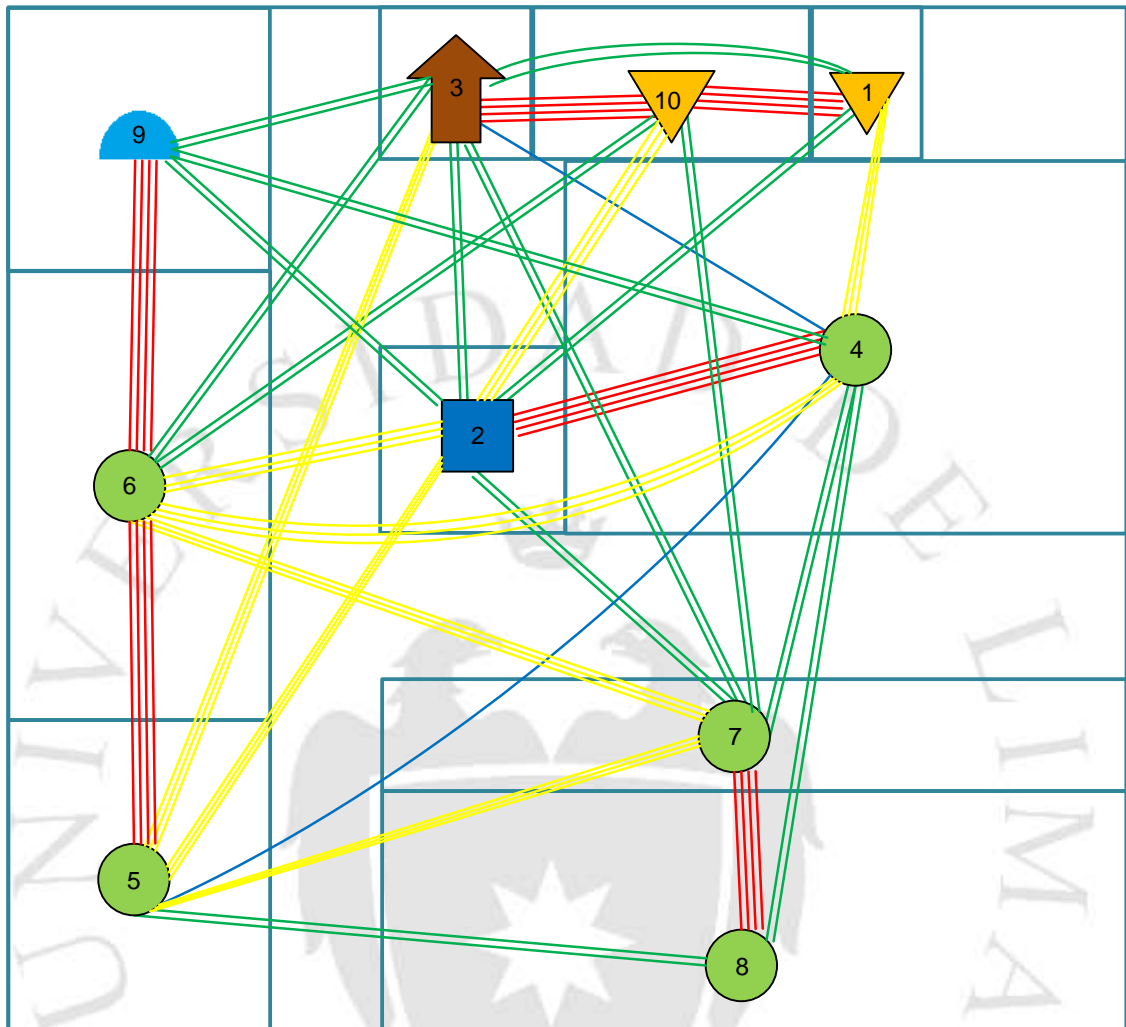


Elaboración propia



Figura 5.30

Disposición con áreas asignadas



Elaboración propia

Se realizó un diagrama multiproducto con la finalidad de evaluar si la nueva disposición también beneficia a todos los grupos de productos que son producidos. Como resultado final se logrará un flujo más continuo de producción para la línea de punzones 9mm.

Figura 5.31

Diagrama multiproducto propuesto

Máquina/Operación	Producto				% Utilización
	Punzón	Cuchilla	Matriz	Extractor	
Sierra / Corte	①	①	①	①	68%
Centradora (Broca)	②				39%
Torno paralelo / Tornear	③	②		②	59%
Torno Copiador / Tornear			②		9%
Fresadora					0%
Horno Templado / Calentar (Templar)	④	③	③	③	68%
Tina / Enfriar (en aceite)	⑤	④		④	59%
Rociador / Enfriar (en agua)			④		9%
Pulidora de Tratamiento Térmico 1 / Pulido	⑥	⑤	⑤	⑤	68%
Horno revenido /Calentar (Revenido)	⑦	⑥	⑥	⑥	68%
Enfriar (al aire)	⑧	⑦	⑦	⑦	68%
Pulidora de Tratamiento Térmico 2 / Pulido	⑨				39%
Yunque / Centradora	⑩				39%
Rectificadora Exterior / Rectificar	⑪	⑧	⑩	⑧	68%
Rectificadora Interior/ Rectificar			⑧		19%
Rectificadora Plana / Rectificar			⑨		9%
Rectificadora Ojivadora / Ojivado	⑫	⑨	⑫	⑨	68%
Pulidora de Acabado / Pulido	⑬	⑩	⑬	⑩	68%
% de importancia	39.31%	11.33%	9.32%	8.51%	68.47%

Nota 1: El retroceso que se aprecia en el producto matriz se debe a la secuencia de las operaciones en el área de rectificado, sin embargo todas las máquinas se encuentran dentro de la misma área.

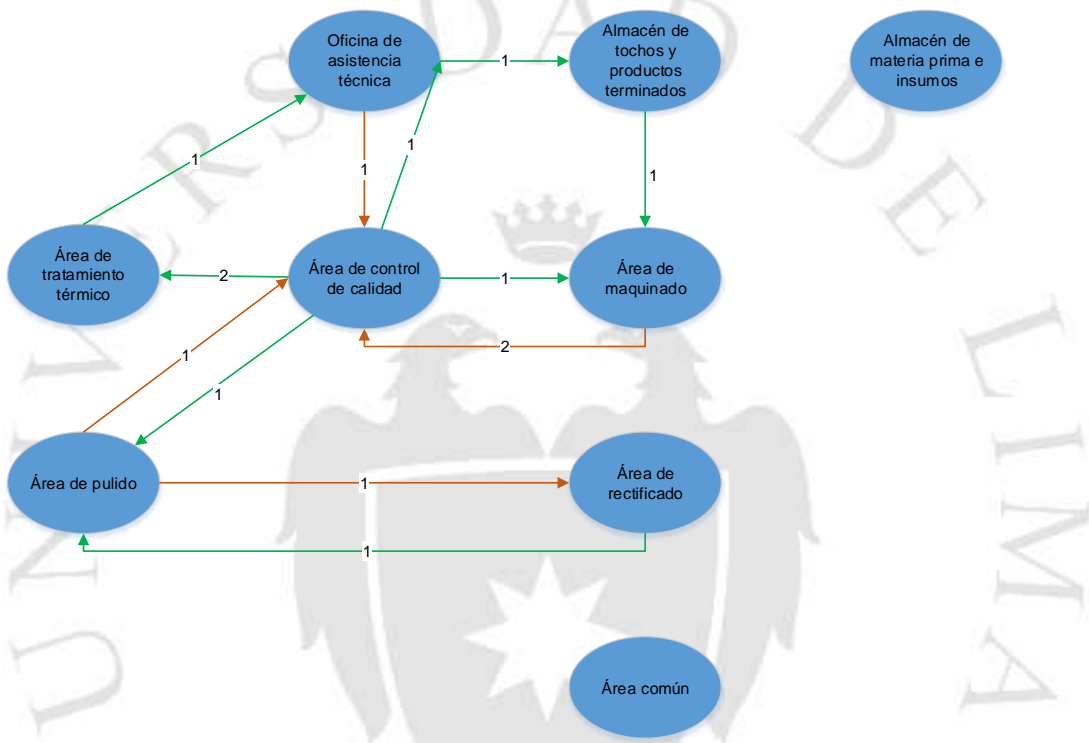
Elaboración propia

Después se determinó las áreas con mayor número de relaciones, para este caso el Área de Pulido y el Área de Control de Calidad. Por ello en la propuesta, estas 2 (dos) áreas deberán ser ubicadas en el punto más céntrico de la planta

Además, se realizó un análisis de transporte y en función a este se creó una propuesta que busca mejorar la relación distancia-carga:

Figura 5.32

Enfoque gráfico simple de la propuesta



Elaboración propia

Tabla 5.34

Carta de recorrido para enfoque gráfico simple de la propuesta

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Almacén de materia prima e insumos	A	■							
Área de control de calidad	B	■	1	1				1	1
Área de maquinado	C		2	■					
Área de tratamiento térmico	D			■					1
Área de rectificado	E				■			1	
Área común	F					■			
Almacén de tochos y productos terminados	G		1				■		
Área de pulido	H		1		1			■	
Oficina de asistencia técnica	I		1					1	■

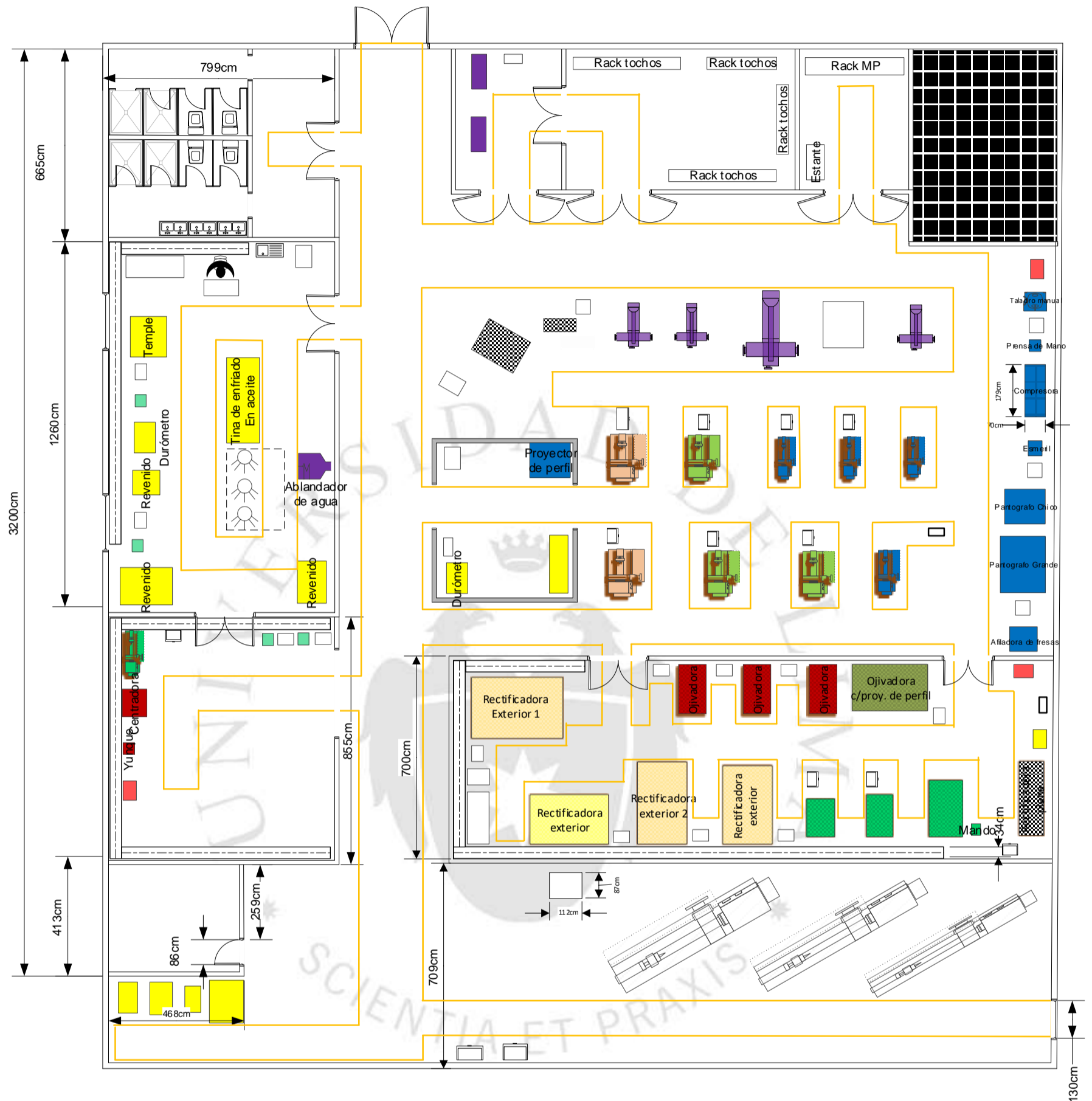
Área	A	B	C	D	E	F	G	H	I
N° asignación	0	7	3	2	2	0	2	4	4

Elaboración propia

Después de lo analizado anteriormente, se levantó el siguiente plano:

Figura 5.33

Plano propuesto de la Planta de Utilajes



	Universidad de Lima Escuela Universitaria de Ingeniería Facultad de Ingeniería Industrial		PLANO DE LA PLANTA DE UTILAJE DE FAME S.A.C.	
	Escala: 1:200	Fecha: 28/07/2017	Área: 1121.31 m ²	Integrantes: <ul style="list-style-type: none"> • Gamboa, Wendy • Vásquez, Cesar

Con el nuevo plano diseñado y las máquinas redistribuidas, se plantearon DAP's y los recorridos de los punzones y los insumos usados durante la producción.

Tabla 5.35

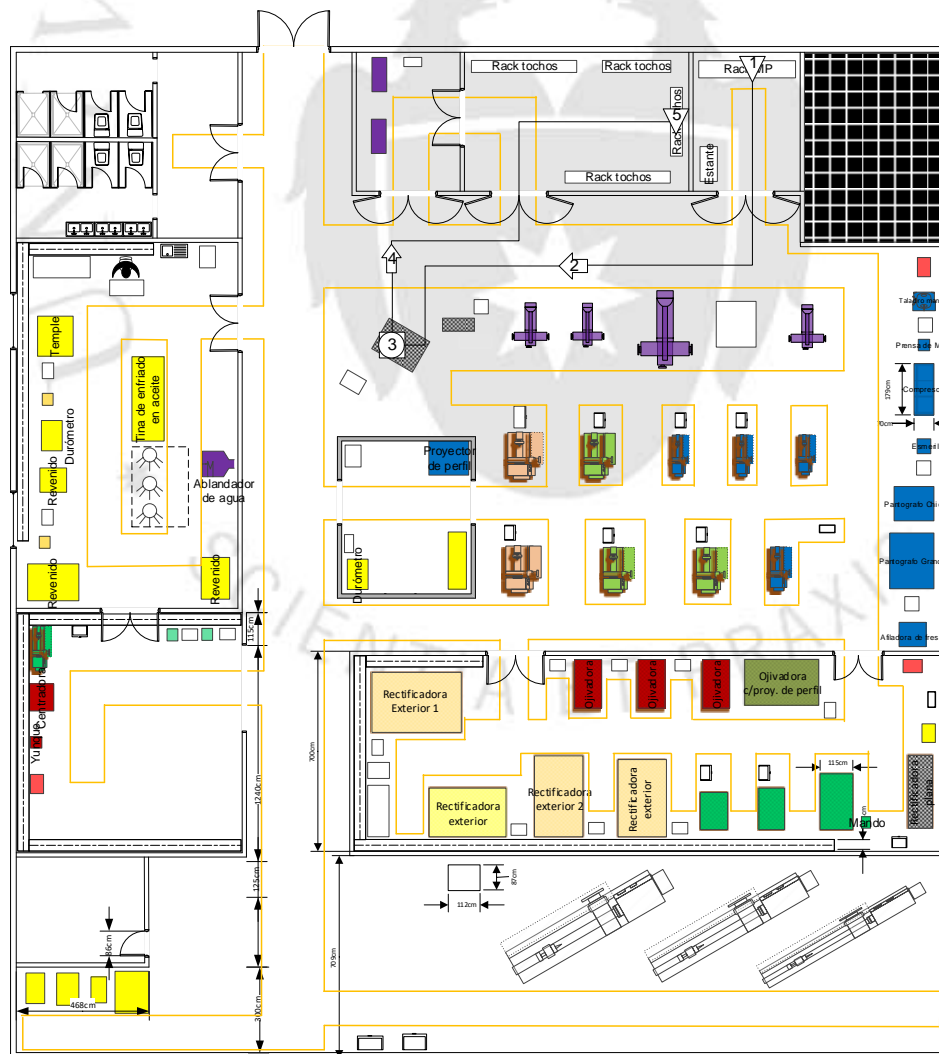
Nuevo DAP de las barras de acero

CURSOGRAMA ANALÍTICO		OPERARIO / MATERIAL / EQUIPO				
DIAGRAMA núm: 1 Hoja núm: 1		RESUMEN				
Objeto: <i>Punzón</i>		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMÍA	
Actividad:		Operación		01		
Método: PROPUESTO		Transporte		02		
		Espera		0		
		Inspección		01		
Lugar: Planta de Utillajes		Almacenamiento		02		
Operarios(s): Ficha num:		Distancia	-	29.01		
Compuesto por: <i>Wendy Gamboa S.</i> Fecha:		Costo				
Aprobado por: <i>César Vásquez V.</i> Fecha:		Mano de obra	-			
		Material				
DESCRIPCIÓN	C	D (m)	T (min)	SIMBOLO		Observaciones
1. Barras de acero en el Almacén de materia prima				○ □ ▢ ▣ ▤ ▥ ▦ ▧ ▨ ▩		Seleccionar barra de acero según el producto final a obtener
2. Trasladar barras de acero a la sierra		15.62		●		Área de Maquinado
3. Cortar barras de acero				●		
4. Trasladar tochos al Almacén de tochos y producto terminados		13.39		●		
5. Tochos en Almacén de tochos y productos terminados				●		Se obtiene el tocho para un producto específico
Total		29.01		01 02 0 01 02		

Elaboración propia

Figura 5.34

Diagrama de recorrido de la nueva disposición para las barras de acero



Elaboración propia

Tabla 5.36

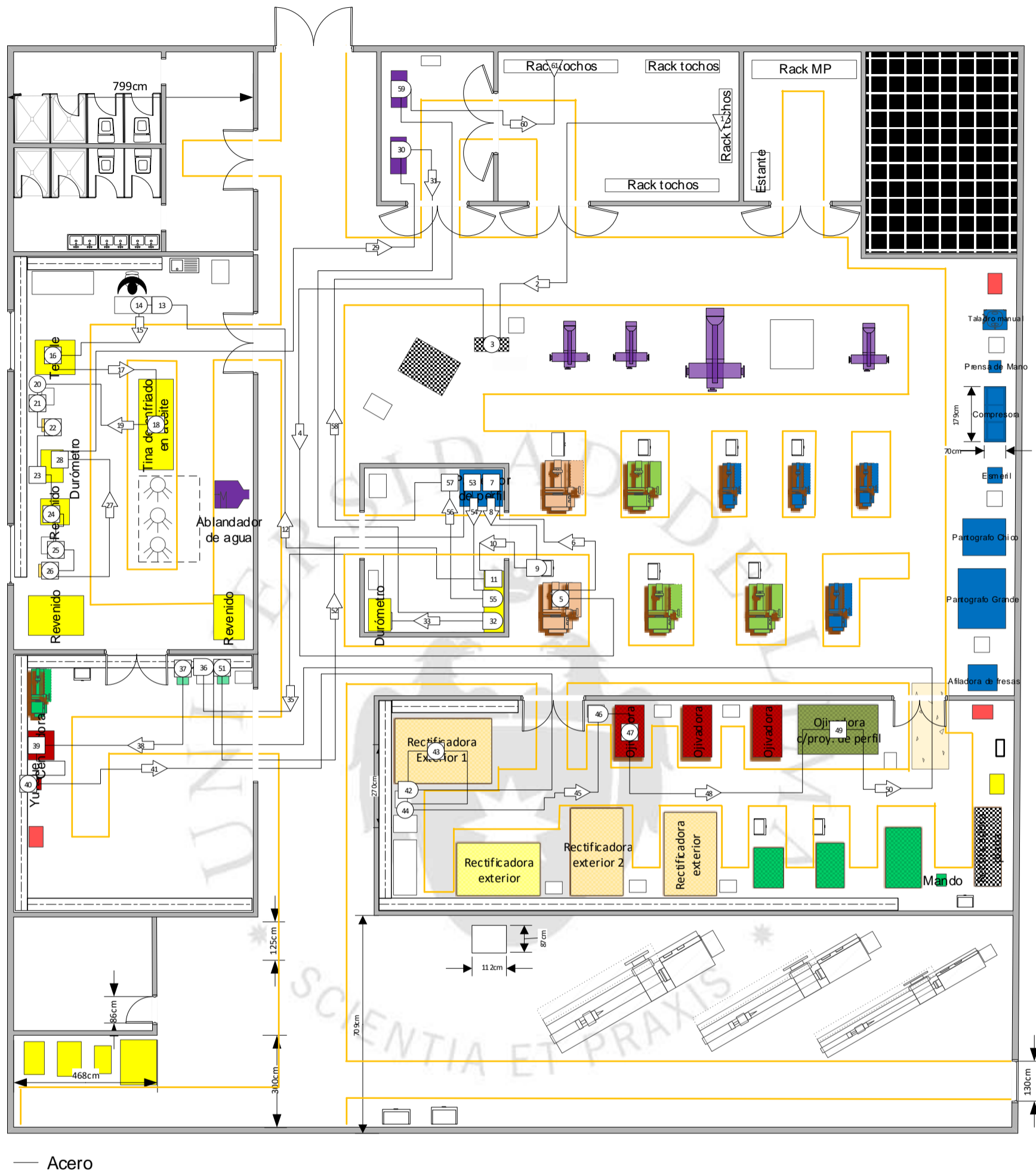
Nuevo DAP de punzones desde el almacén de tochos

CURSOGRAMA ANALÍTICO		OPERARIO / MATERIAL / EQUIPO									
DIAGRAMA núm: 1 Hoja num: 1		RESUMEN									
Objeto: <i>Punzón</i>		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMÍA						
Actividad:	Operación			17							
	Transporte			24							
	Espera			10							
Método: PROPUESTO	Inspección			21							
Lugar: Planta de Utillajes	Almacenamiento			02							
Operarios(s):	Distancia	-		272.09							
Ficha num:	Tiempo	-									
Compuesto por: <i>Wendy Gamboa S.</i> Fecha:	Costo										
Aprobado por: <i>César Vázquez V.</i> Fecha:	Mano de obra	-									
	Material										
DESCRIPCIÓN	C	D (m)	T (min)	SIMBOLO					Observaciones		
				○	□	D	□	▽			
1. Tochos en Almacén de tochos y productos terminados										Seleccionar tocho de acuerdo al producto final a obtener	
2. Trasladar tochos a la máquina centradora		10.48								Área de Maquinado	
3. Agujerear tochos con máquina centradora										Uso de broca para el centro del tocho	
4. Trasladar tochos a los tornos		28.94									
5. Tornear pieza										Se obtiene el punzón	
6. Trasladar pieza a proyector de perfil		4.51								Área de Control de Calidad	
7. Proyectar perfil										En caso no cumpla con la verificación repetir desde torneado, en el proyector debe calzar las medidas	
8. Trasladar pieza a los tornos		2.28									
9. Espera en Torno										La pieza torneada espera a que se complete todo el lote (orden de trabajo) de esa pieza para luego pasar en conjunto al Área de Control de Calidad	
10. Trasladar pieza al Área de Control de Calidad		4.68									
11. Medir dimensiones											
12. Trasladar pieza al Área de Tratamiento Térmico		20.27									
13. Esperar en Mesa de Trabajo											
14. Amarrar piezas										4 piezas con un alambre	
15. Trasladar pieza al horno de temple		4.17									
16. Calentar pieza										Templar 900 - 1100°C	
17. Trasladar piezas a la tina de enfriamiento		3.49									
18. Enfriar pieza en aceite										Agitar la pieza en la tina hasta enfriar.	
19. Trasladar pieza a Mesa de Trabajo		3.67									
20. Desamarrar piezas											
21. Limpiar pieza										Con gasolina y trapo.	
22. Pulir pieza											
23. Medir dureza de la pieza										Durómetro	
24. Revenir la pieza										180 - 540°C	
25. Enfriar pieza										Se enfria con el aire.	
26. Pulir pieza											
27. Trasladar pieza a durómetro		7.84									
28. Medir dureza de la pieza										Trasladar en cajas de madera o cogiendo con las manos.	
29. Transportar piezas a la Oficina de asistente		22.40								Oficina de Asistencia Técnica	
30. Espera en Oficina de asistente											
31. Trasladar pieza al Área de Control de Calidad		21.53								Área de Control de Calidad	
32. Espera en mesa de trabajo											
33. Trasladar pieza al durómetro		2.10									
34. Tomar dureza de la pieza										Durómetro	
35. Trasladar a Área de Pulido		13.53								Área de Pulido	
36. Espera en Mesa de Trabajo										Al lado de la pulidora	
37. Pulir pieza										Quitar ollín	
38. Trasladar pieza a máquina centradora		5.08								Área de Pulido	
39. Verificar pandeo										Se verifica pandeo del punzón	
40. Centrar pieza										Uso de yunque.	
41. Trasladar a Área de Rectificado		28.47								Área de Rectificado	
42. Esperar en Mesa de Trabajo										Mesa de trabajo al lado de la rectificadora exterior	
43. Rectificar pieza										Rectificadora exterior	
44. Cubrir de gasolina										Para evitar oxidación	
45. Trasladar a mesa de trabajo		7.18								Mesa al lado de la rectificadora ojivadora	
46. Esperar en mesa de trabajo										Rectificadora ojivadora	
47. Rectificar pieza											
48. Trasladar pieza a proyector de perfil		5.82								Área de Rectificado, en caso no cumpla con la verificación repetir desde ojivadora, en el proyector debe calzar las medidas	
49. Proyectar perfil											
50. Trasladar pieza a la pulidora		27.69								Área de Pulido	
51. Pulir pieza											
52. Trasladar pieza a proyector de perfil		16.01								Área de Control de Calidad, en caso no cumpla con la verificación repetir desde pulido, en el proyector debe calzar las medidas	
53. Proyectar perfil											
54. Trasladar pieza a mesa de control de calidad		2.20									
55. Esperar pieza en mesa de control de calidad											
56. Trasladar pieza a proyector de perfil		2.20								En caso no cumpla con la verificación repetir desde pulido, en el proyector debe calzar las medidas	
57. Proyectar perfil											
58. Trasladar pieza a la Oficina de asistente		21.72								Oficina de Asistencia Técnica	
59. Espera en la Oficina de asistente											
60. Trasladar pieza terminada al Almacén de PT		5.83								Almacén de tochos y productos terminados	
61. Pieza terminada en el Almacén de PT											
Total		272.09			17	24	10	21	02		

Elaboración propia

Figura 5.35

Diagrama de recorrido de la nueva disposición para los tochos




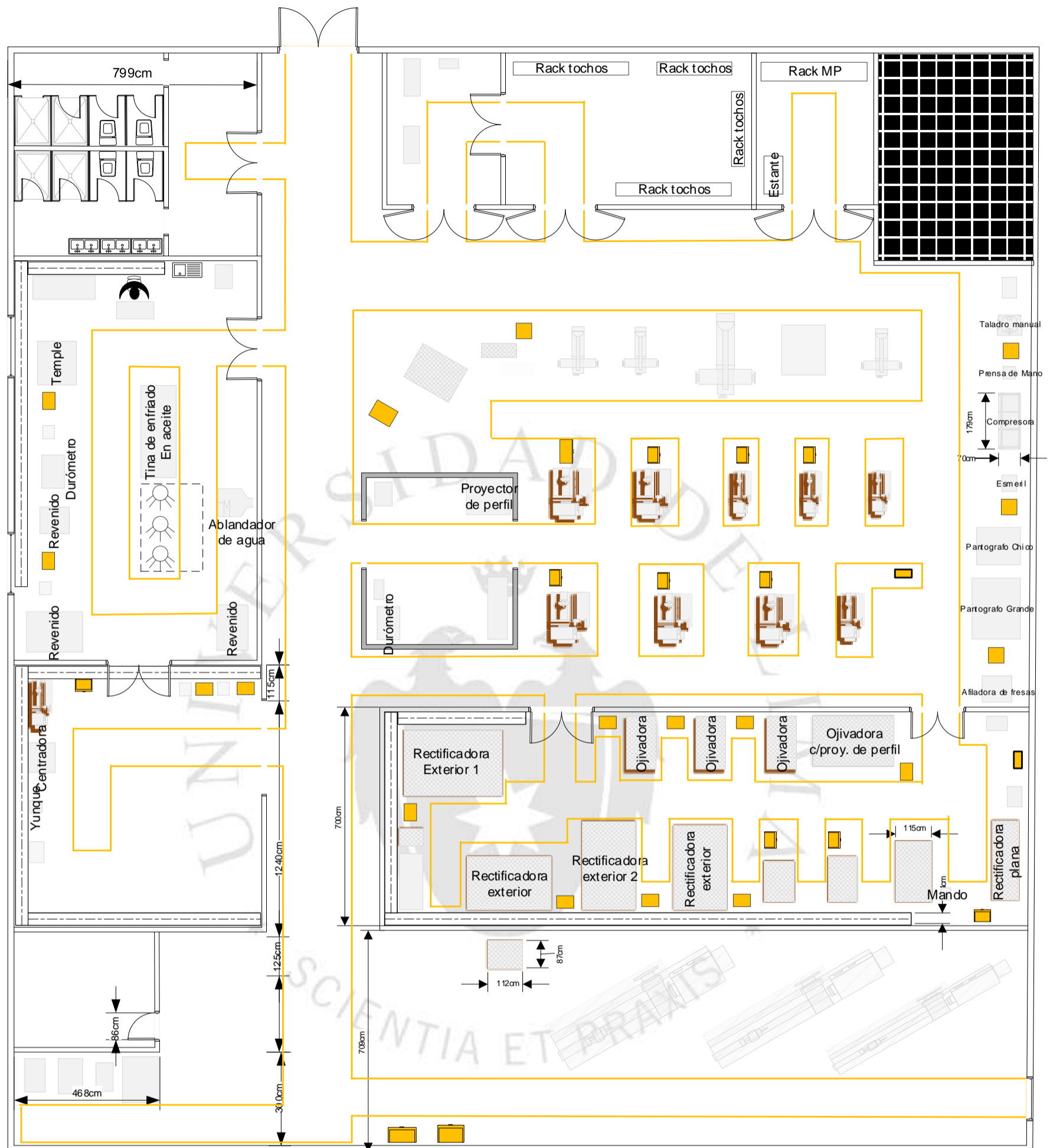

 <p>Universidad de Lima Escuela Universitaria de Ingeniería Facultad de Ingeniería Industrial</p>		<p>PLANO DE LA PLANTA DE UTILLAJE DE FAME S.A.C.</p>	
<p><u>Escala:</u> 1:200</p>	<p><u>Fecha:</u> 28/07/2015</p>	<p><u>Área:</u> 1121.31 m²</p>	<p><u>Integrantes:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gamboa, Wendy • Vásquez, Cesar

Figura 5.36

Puntos de espera establecidos para la nueva disposición de planta



 <p>Universidad de Lima Escuela Universitaria de Ingeniería Facultad de Ingeniería Industrial</p>		<p>PLANO DE LA PLANTA DE UTILLAJE DE FAME S.A.C.</p>	
<p><u>Escala:</u> 1:200</p>	<p><u>Fecha:</u> 28/07/2015</p>	<p><u>Área:</u> 1121.31 m²</p>	<p><u>Integrantes:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gamboa, Wendy • Vásquez, Cesar

Una vez obtenidas las nuevas distancias a recorrer con la nueva distribución se calculó el nuevo esfuerzo. Dado que un área deja de intervenir en el proceso, las letras que identifican a las áreas cambiaron en algunos casos

Tabla 5.37

Identificación de áreas nueva

Nombre de área	Letra
Almacén de materia prima e insumos	A
Área de control de calidad	B
Área de maquinado	C
Área de tratamiento térmico	D
Área de rectificado	E
Área común	F
Almacén de tochos y productos terminados	G
Área de pulido	H
Oficina de asistencia técnica	I

Elaboración propia

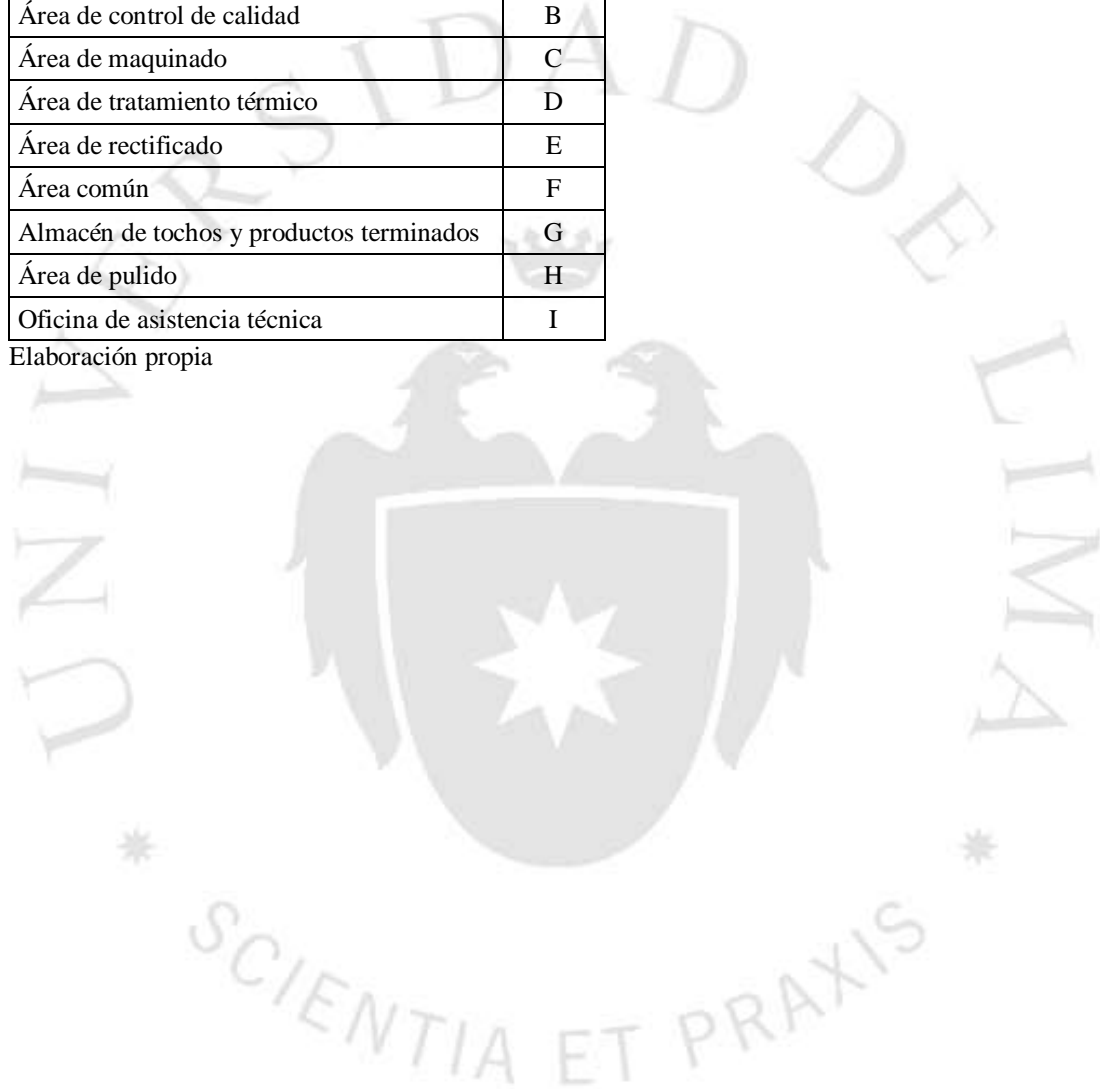
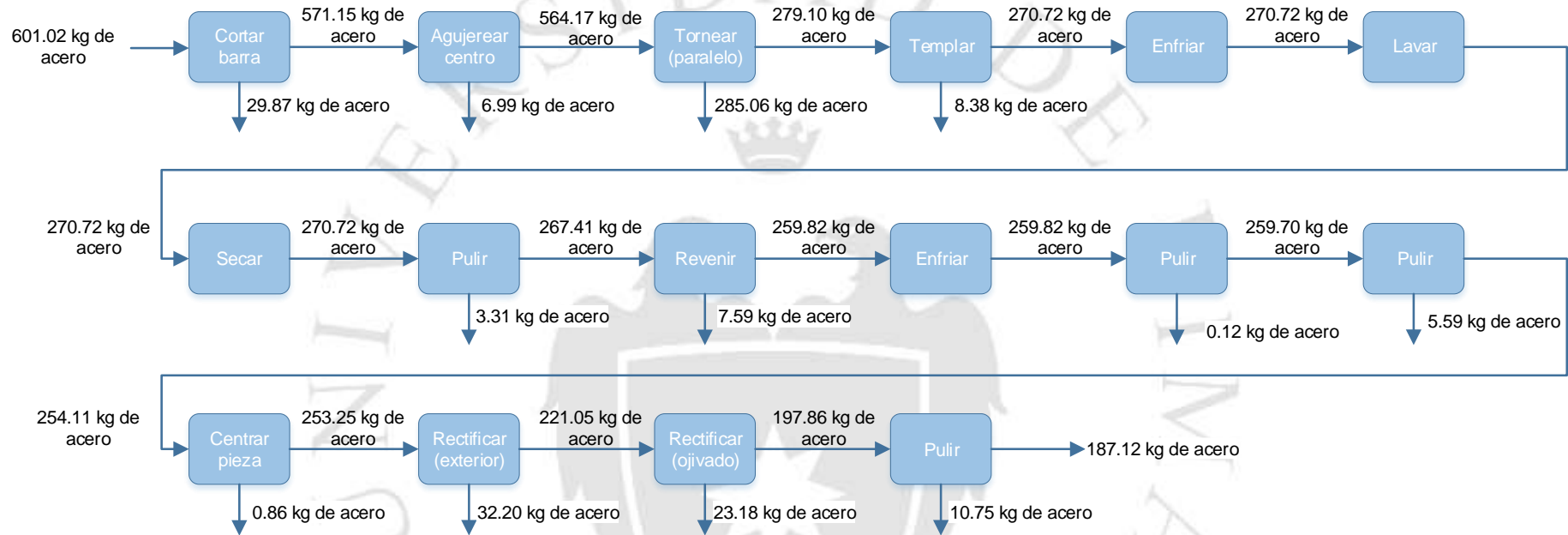


Figura 5.37

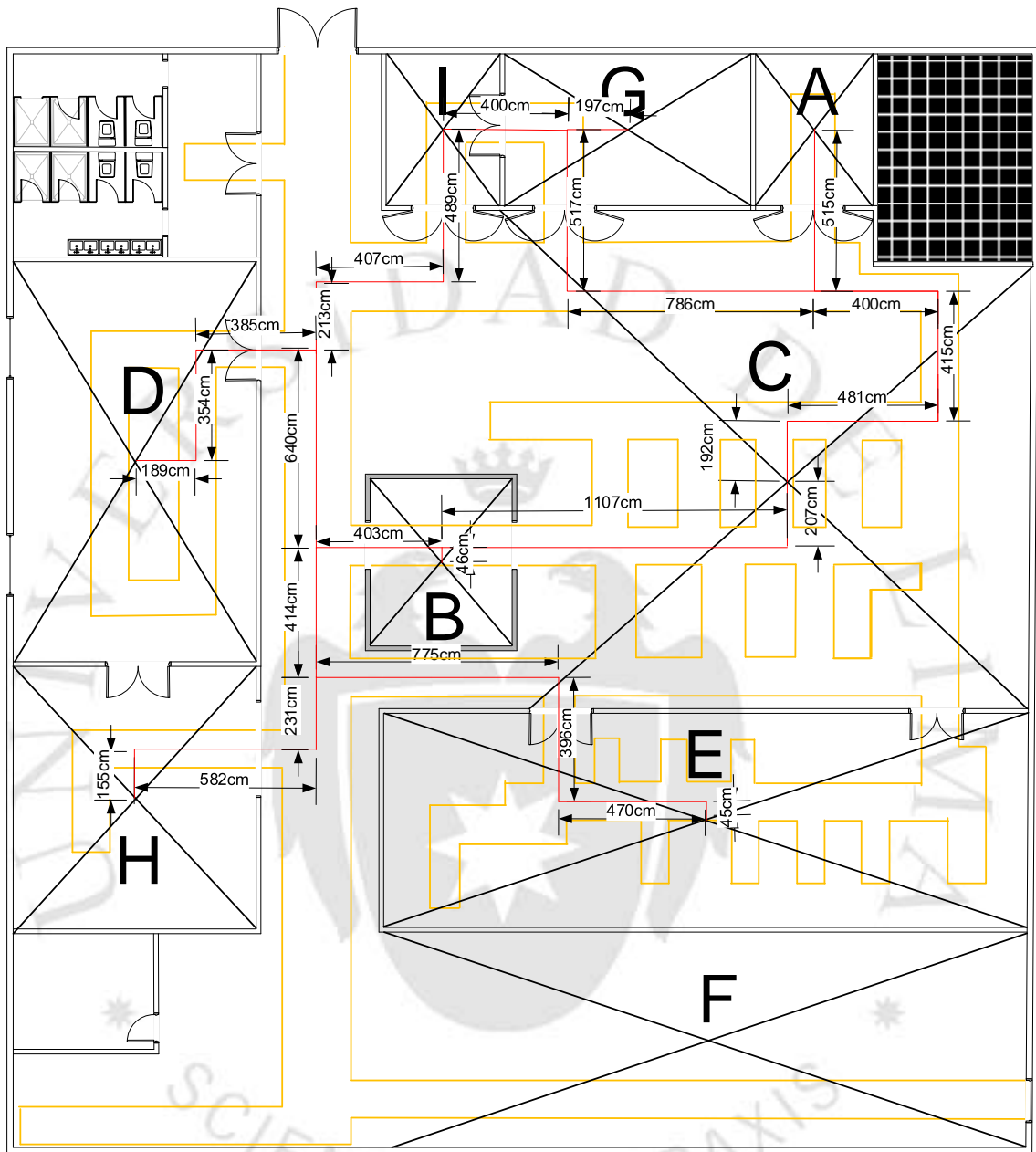
Diagrama de bloques de la propuesta de solución en la Planta de Utillajes para la matriz carga



Elaboración propia

Figura 5.38

Plano propuesto de la Planta de Utillajes para la matriz distancia



Elaboración propia

Tabla 5.38

Nuevo análisis matricial: Matriz cantidad, Matriz distancia y Matriz de esfuerzos

Matriz cantidad (kg)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Σ Esfuerzos
A			601.02							601.02
B			279.10	279.10				259.70	187.12	1,005.03
C		558.21					571.15			1,129.36
D									259.70	259.70
E								197.86		197.86
F										-
G			571.15							571.15
H		187.12			253.25					440.37
I		259.70					187.12			446.82
									Total	4,651.31

Matriz distancia (m)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Σ Esfuerzos
A										-
B			13.60	20.17				18.31	21.98	74.06
C		13.60								13.60
D									20.37	20.37
E								26.54		26.54
F										-
G			29.88							29.88
H		18.31			26.54					44.85
I		21.98					4.00			25.98
									Total	235.28

Matriz de esfuerzos (kg-m)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Σ Esfuerzos
A			12,038							12,038
B				5,630				4,755	4,113	14,497
C		7,592					17,066			24,658
D									5,290	5,290
E								5,251		5,251
F										-
G			17,066							17,066
H		3,426			6,721					10,147
I		5,708					748			6,457
									Total	95,405

Nota 1: La carga se obtuvo de la Figura 5.36, en donde se aprecia la carga para 1076 punzones utilizando como referencia el peso de un punzón PKE10.

Por otro lado, las distancias se obtuvieron de la Figura 5.37.

Elaboración propia

El esfuerzo realizado con la nueva disposición sería de 95,405 kg-m. Por lo tanto, si el esfuerzo realizado con la disposición anterior era de 224,086 kg-m, entonces el esfuerzo se reduciría en un 57.42% con respecto del esfuerzo inicial.

Producto de la mejora, ya no será necesario producir utillajes adicionales y el número de operarios requeridos disminuirá. Para el plan de producción del 2019, producirán 3, 000,000 de municiones, por lo tanto, el número de operarios necesarios para producir los punzones necesarios para las líneas de casquillos y balas de 9mm de la Planta de Fabricación son los siguientes:

Tabla 5.39

Número de operarios para el plan de producción de la Planta de Fabricación del 2019 antes y después de la mejora

	Antes de la mejora	Con la mejora		
Sierra	1.00	1.00		
Centrado				
Torno paralelo				
Templado	1.00	1.00		
Tina aceite				
Lavado				
Secado				
Pulido				
Revenido				
Enfriado al aire				
Pulido				
Rectificado exterior			2.00	1.00
Rectificado ojivado			1.00	1.00
Pulido y yunque	1.00	1.00		
Total	7.00	5.00		

Elaboración propia

En consecuencia, la nueva productividad parcial de mano de obra es la siguiente para el plan de producción de la Planta de Fabricación del 2019:

Figura 5.39

Productividad parcial de mano de obra para después de la implementación

Nueva Productividad Parcial de mano de obra	=	$\frac{1076}{10320}$	punzón h-h	=	0.10	Punzón / h- h
---	---	----------------------	------------	---	------	---------------

Elaboración propia

La productividad parcial de mano de obra sin la mejora para el plan de producción para la Planta de Fabricación del 2019 es la siguiente:

Figura 5.40

Productividad parcial de mano de obra sin la implementación

Productividad Parcial de mano de obra sin implementación	=	$\frac{1076}{14448}$	punzón h-h	=	0.07	Punzón / h- h
--	---	----------------------	------------	---	------	---------------

Elaboración propia

Por último, el incremento de la productividad parcial de mano de obra es de:

Figura 5.41

Incremento de la productividad parcial después de la implementación

$\Delta \text{ Productividad parcial} = \frac{0.10 - 0.07}{0.07} = 0.40 \approx 40\%$

Elaboración propia

3ra “S”, “Seiso” o “Limpiar”

Involucra la eliminación de la suciedad y la reubicación de la maquinaria de acuerdo al plano final obtenido del estudio de redistribución de planta. El proceso de limpieza en términos generales se realizará con la ayuda de escobas y una manguera conectada a la compresora para remover con facilidad la suciedad. Adicionalmente, se retocará la pintura de las líneas amarillas que señalan los pasillos y el lugar en el que se colocará el carrito de productos en proceso por área.

4ta “S”, “Seiketsu” o “Estandarizar”

Se incluirán plantillas con las siluetas de las herramientas en los todos los gabinetes, para mantener el orden y el lugar que se le designó a cada instrumento.

Figura 5.42

Plantillas de foam en gabinete



Elaboración propia

Todas las máquinas, cajones, libreros y dispositivos de almacenamiento deberán ser etiquetados para ser identificados fácilmente por cualquier persona que ingrese a la Planta.

5ta “S”, “Shitsuke” o “Disciplinar”

Finalmente será la implementación del Panel 5’s, a manera de recordatorio para que puedan mantener el cambio alcanzado. Se realizarán auditorías semanales a estaciones de trabajo escogidas al azar para controlar que mantengan el orden y limpieza requeridos.

Tabla 5.40

Preguntas para Radar 5 “S”

Líder :	Vásquez Valencia, César	Fecha:				
Líder :	Gamboa Soto, Wendy	05/01/2018				
Ítems a evaluar		Valores				
		1	2	3	4	5
1era S: CLASIFICACIÓN						
1.- ¿Existe objetos innecesarios, materiales y basura en el piso?					5	
2.- ¿Existen equipos, herramientas y materiales innecesarios?				4		
3.- ¿En armarios y estanterías hay cosas innecesarias?					5	
4.- ¿Hay herramientas, accesorios y objetos personales en áreas de circulación?					5	
PUNTAJE TOTAL	19					
2da S: ORGANIZACIÓN						
1.- ¿Cómo es la ubicación de las herramientas, materiales y equipos?				4		
2.- ¿Los armarios, equipos, herramientas, materiales, etc. están identificados?				4		
3.- ¿Hay objetos sobre o debajo de equipos?				4		
4.- ¿Ubicación de máquinas y equipos?					5	
PUNTAJE TOTAL	17					
3era S: LIMPIEZA						
1.- ¿Grado de limpieza de los pisos?				4		
2.- ¿El estado de paredes, techos y ventanas?				4		
3.- ¿Limpieza de armarios, estanterías, herramientas y mesas?				4		
4.- ¿Limpieza de máquinas y equipos?				4		
PUNTAJE TOTAL	16					
4ta S: ESTANDARIZACIÓN						
1.- ¿Se aplican las 3 primeras "S"?					5	
2.- ¿Cómo es el ambiente de trabajo en su área?				4		
3.- ¿Se hacen mejoras?	1					
4.- ¿Se aplica el CONTROL VISUAL?			3			
PUNTAJE TOTAL	13					
5ta S: DISCIPLINA						
1.- ¿Se aplican las 4 primeras "S"?				4		
2.- ¿Se cumple con la programación de las acciones "5S"?			3			
3.- ¿Se cumplen los procedimientos e instrucciones establecidos para el programa?				4		
4.- ¿Se utiliza el trabajo en equipo para resolver los problemas identificados?			3			
PUNTAJE TOTAL	14					

Elaboración propia

Tabla 5.41

Puntuación para Radar 5 “S”

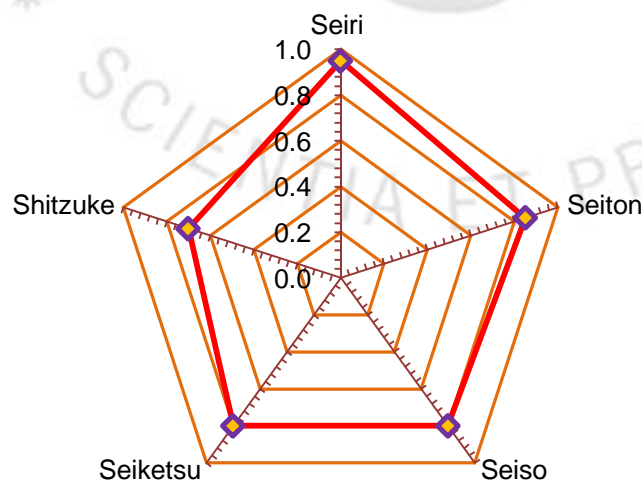
	Pregunta	Puntaje		
S1 : SEIRI	1	5	19	95.0%
	2	4		
	3	5		
	4	5		
S2 : SEITON	5	4	17	85.0%
	6	4		
	7	4		
	8	5		
S3 : SEISO	9	4	16	80.0%
	10	4		
	11	4		
	12	4		
S4 : SEIKETSU	13	5	16	80.0%
	14	4		
	15	3		
	16	4		
S5 : SHITSUKE	17	4	14	70.0%
	18	3		
	19	4		
	20	3		
Puntaje máximo			100	
Total puntos			82	
Porcentaje de cumplimiento			82%	

Seiri	Seiton	Seiso	Seiketsu	Shitzuke
0.95	0.85	0.80	0.80	0.70

Elaboración propia

Figura 5.43

Radar 5 “S” propuesto



Elaboración propia

5.2 Identificación de las actividades necesarias para la implementación de la solución

A continuación, se listan las actividades necesarias para la implementación de la solución:

Tabla 5.42

Lista de actividades necesarias

N°	Actividades necesarias
1.	Charla de capacitación sobre 5'S
2.	Aplicación de la 1ra S: Seiri
2.1	Identificar las máquinas obsoletas de todas las áreas con una tarjeta roja
2.2	Identificar las máquinas que necesitan reparación con tarjetas amarillas
2.3	Identificar las máquinas que requieran ser reubicadas dentro de la planta con tarjetas verdes
2.4	Identificar las herramientas que necesita cada área y cada estación
2.5	Desinstalar maquinaria con tarjetas rojas del área de pulido y llevarlas fuera de la planta
2.6	Desinstalar maquinaria con tarjetas rojas del área común 1 y llevarlas fuera de la planta
2.7	Desinstalar maquinaria con tarjetas rojas del área de rectificado y llevarlas fuera de la planta
2.8	Desinstalar maquinaria con tarjetas rojas del área de tratamiento térmico y llevarlas fuera de planta
2.9	Eliminar herramientas malogradas
3.	Aplicación de la 2da S: Seiton
3.1	Ampliación de almacenes y puertas
3.2	Reparar maquinaria con tarjetas amarillas
3.3	Desinstalar maquinaria que debe ir al área de maquinado
3.4	Reubicar maquinaria en el área de maquinado
3.5	Desinstalar maquinaria que debe ir al área de tratamiento térmico
3.6	Reubicar maquinaria en el área de tratamiento térmico
3.7	Desinstalar maquinaria que debe ir al área de rectificado
3.8	Reubicar maquinaria en el área de rectificado
3.9	Desinstalar maquinaria que debe ir al área de pulido
3.10	Reubicar maquinaria en el área de pulido
3.11	Desinstalar maquinaria que debe ir al área común
3.12	Reubicar maquinaria en el área común
3.13	Instalar paredes para el área de control de calidad
3.14	Trasladar maquinaria del área de control de calidad
3.15	Adquirir muebles nuevos a ser usados como puntos de espera
3.16	Instalar muebles nuevos a ser usados como puntos de espera
3.17	Encargar elaboración de racks para los almacenes
3.18	Instalación de racks dentro de los almacenes respectivos
4.	Aplicación de la 3ra S: Seiso
4.1	Limpiar maquinaria del área de maquinado
4.2	Limpiar maquinaria del área de tratamiento térmico
4.3	Limpiar maquinaria del área de rectificado

(continúa)

(continuación)

4.4	Limpiar maquinaria del área de pulido
4.5	Limpiar maquinaria del área común
4.6	Limpiar área de control de calidad
4.7	Limpiar oficina de asistencia técnica
4.8	Limpiar vidrios, luminaria y pisos
5.	Aplicación de la 4ta S: Seiketsu
5.1	Preparación de las plantillas a colocar en cada mueble
5.2	Instalación de plantillas con sus respectivos instrumentos en cada mueble
5.3	Preparación de etiquetas para cada máquina y mueble
5.4	Colocar etiquetas en cada máquina y mueble
5.5	Delimitar áreas y pasillos con líneas amarillas
6.	Aplicación de la 5ta S: Shitsuke
6.1	Charla para incentivar a mantener el cambio y mostrar los resultados logrados
6.2	Capacitación a operarios con mayor experiencia sobre andradogía
6.3	Capacitación sobre uso de los racks de los almacenes

Elaboración propia

5.3 Presupuesto general para la implementación de la solución

Para poder ver las fuentes de donde se obtuvieron algunos de los precios, ver en anexos.

Tabla 5.43

Presupuesto general para la solución

Actividad	Costo		Unidades	Total (S/.)
Compra de carro de transporte de productos en proceso	253.76	\$/unidad	4	3,451.14
Compra de montacargas	1,300.00	S./unidad	1	1,300.00
Compra de parihuelas	60.00	S./unidad	1	60.00
Compra de collar para parihuela	10.00	\$/unidad	1	33.00
Compra de estantería de 15 depósitos de plásticos	80.84	S./unidad	2	161.68
Compra de mesa de trabajo para tratamiento térmico	200.00	S./unidad	2	400.00
Compra de mesa de trabajo para rectificado	200.00	S./unidad	8	1,600.00
Compra de mesa de trabajo para pulido	200.00	S./unidad	2	400.00
Compra de estante de metal	335.91	S./unidad	1	335.91
Compra de mesa de trabajo para calidad	248.00	€/unidad	1	843.20
Compra de libreros	199.00	S./unidad	2	398.00
Compra de manguera para compresora de 10m	15.00	S./unidad	1	15.00

(continúa)

(continuación)

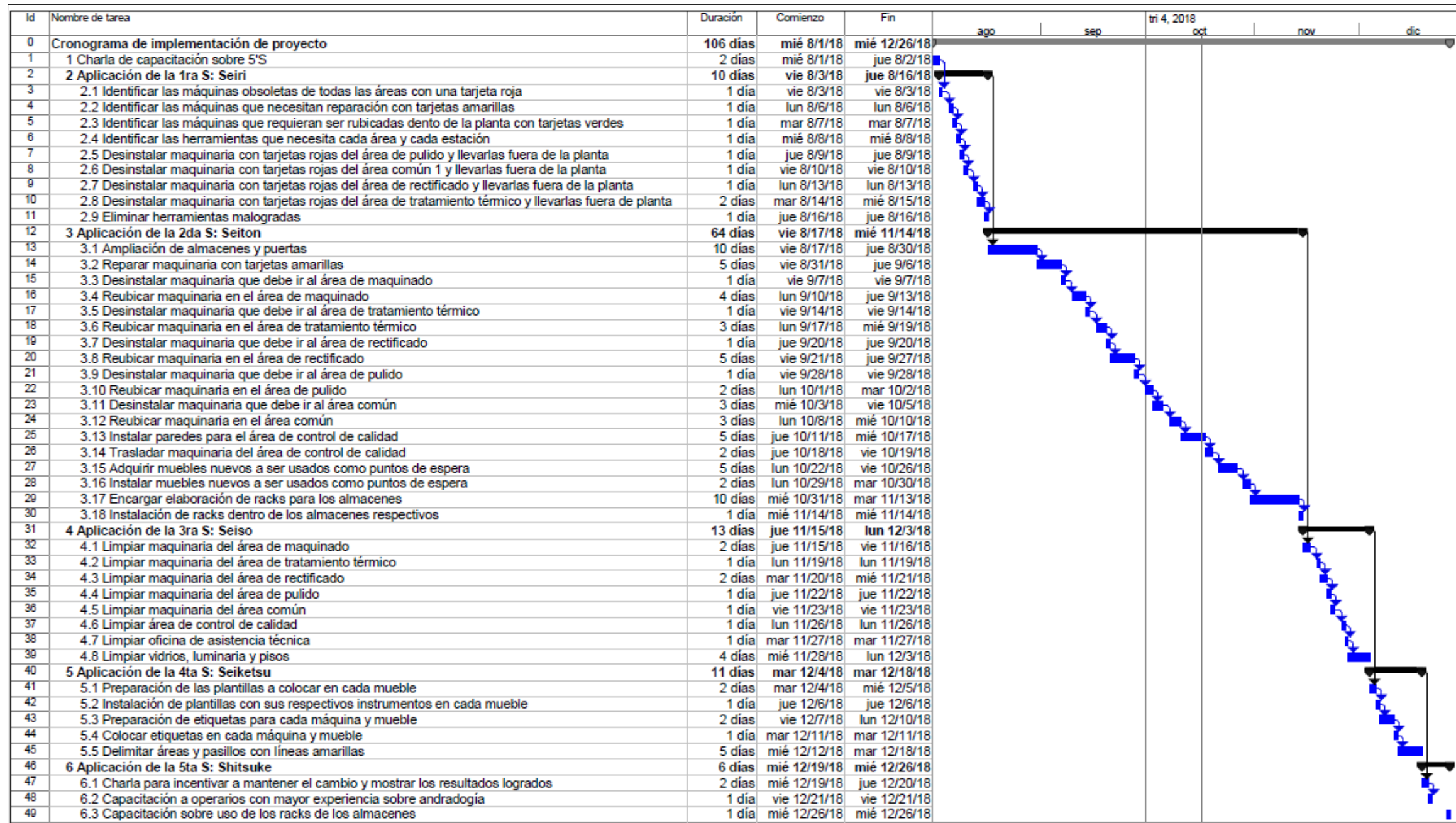
Compra del rack para materias primas	2,800.00	S./unidad	1	2,800.00
Compra del rack pequeño de tochos/productos terminados	2,300.00	S./unidad	2	4,600.00
Compra del rack grande de tochos/productos terminados	3,000.00	S./unidad	2	6,000.00
Desinstalar y mover maquinaria fuera de la planta	500.00	\$/unidad	6	9,900.00
Desinstalar maquinaria y trasladarla a otra área	620.00	\$/unidad	16	32,736.00
Compra de cascos	37.40	S./unidad	11	411.40
Compra de guantes para altas temperaturas	19.90	S./unidad	2	39.80
Compra de lentes de seguridad	4.90	S./unidad	11	53.90
Limpiar ventanas, pisos y máquinas	2,000.00	S/.	-	2,000.00
Construcción de puerta entre áreas	542.35	S./unidad	2	1,084.70
Ampliar área para almacén de tochos y productos terminados	171.53	S./m2	10.52	1,804.67
Ampliar área para oficina de asistencia técnica	171.53	S./m2	9.30	1,595.74
Ampliar puertas de la oficina y los almacenes	542.35	S./unidad	3	1,627.05
Desinstalar pared del área común	171.53	S./m2	9.07	1,555.78
Levantar área de control de calidad	1,368.95	S/.	1	1,368.95
Compra de escobas HUDE	12.90	S./unidad	10	129.00
Compra de recogedores HUDE	7.80	S./unidad	10	78.00
Compra de carros de herramientas	2,049.00	\$/unidad	3	20,285.10
Corcho enjebado de 90x60cm de 3mm de espesor	32.00	S./plancha	21	672.00
Compra de pintura para paredes, líneas y pasillos	0.81	S./m2	1563.03	4,177.97
Servicio de pintado	3,000.00	S/.	1	3,000.00
Costo de horas empleadas por el empleado de la oficina de asistencia técnica para la capacitación de 5'S	23.26	S./H-H	12.5	290.70
Costo de horas empleadas por los operarios para la implementación de las 5'S	7.62	S./H-H	1048.5	7,985.67
TOTAL				S/.113,194.35

Elaboración propia

5.4 Cronograma de implementación

Figura 5.44

Cronograma de implementación de proyecto



Elaboración propia

5.5 Propuesta de mecanismos y/o indicadores de gestión para garantizar la continuidad de la mejora

Para garantizar la continuidad de la continuidad de la mejora y que los operarios no se vuelvan a equivocar al seleccionar una barra de acero, se creará un rack para productos en proceso en donde se tendrán las barras de acero después de ser cortadas en la cantidad de tochos necesarios para la producción del año, es decir que el operario deberá retirar una barra de acero del rack de materias primas, cortarla y dejarla en tochos los cuales serán trasladados al rack de tochos. Dado que el tocho ya estará del tamaño necesario para empezar a ser trabajado y en el casillero con el tipo de acero específico al que pertenece y clasificado por tipo de producto, se reduce la probabilidad de cometer un error por parte del operario. Así mismo, no quedan tochos sin identificar en el rack de materias primas que puedan colocar en el casillero incorrecto.

Adicionalmente, para garantizar la continuidad de las 5'S se realizarán auditorías a una estación al azar de la Planta de Utillajes de manera semanal, de esta manera se podrá controlar que los indicadores del radar de 5'S se mantengan altos. También se felicitará públicamente al área que mejor desempeño tenga en la aplicación de las 5'S de manera mensual.

Como parte del aseguramiento de la calidad se diseñó el siguiente Plan de Calidad:

Tabla 5.44

Plan de Calidad

PROCESO	¿QUÉ?	¿CÓMO?	¿QUIÉN?	¿CUÁNDO?	¿CUÁNTO?
Seleccionar materia prima	Tipo de acero	Etiquetas con diámetro y tipo de acero	Operario de la sierra	Antes de iniciar el proceso	100%
Cortar	Dimensiones del tocho	Vernier y cinta métrica	Operario de la sierra	Durante el proceso	100%
Tornear	Dimensiones del punzón	Vernier y micrómetro	Operario encargado del torno	Durante el proceso	100%
Proyectar perfil	Forma del punzón según plano	Comparación en el proyector de perfil	Operario encargado del torno	Durante el proceso	100%
Medir dimensiones	Medidas del punzón	Vernier y micrómetro	Encargado Control de Calidad	Durante el proceso	100%
Templar piezas	Temperatura del horno y Tiempo de templado	Termómetro y Temporizador	Operario de Tratamiento térmico	Antes y durante el proceso	100%
Enfriar piezas	Temperatura del punzón	Sensorial y temporizador	Operario de Tratamiento térmico	Durante el proceso	100%
Desamarrar y Limpiar pieza	Limpieza del punzón	Sensorial	Operario de Tratamiento térmico	Durante el proceso	100%
Pulir pieza	Limpieza del punzón	Sensorial	Operario de Tratamiento térmico	Durante el proceso	100%
Medir dureza	Dureza del punzón	Durómetro	Operario de Tratamiento térmico	Durante el proceso	100%
Revenir pieza	Temperatura del horno y Tiempo de revenido	Termómetro y Temporizador	Encargado Control de Calidad	Antes y durante el proceso	100%
Enfriar piezas	Temperatura del punzón	Sensorial y temporizado	Operario de Tratamiento térmico	Durante el proceso	100%
Medir dureza	Dureza del punzón	Durómetro	Operario de Tratamiento térmico	Durante el proceso	100%
Pulir pieza	Limpieza del punzón	Sensorial	Operario de Tratamiento térmico	Durante el proceso	100%
Verificar pandeo	Pandeo del punzón	Máquina centradora	Operario de Tratamiento térmico	Durante el proceso	100%
Centrar pieza	Pandeo del punzón	Control visual, yunque y martillo	Operario de Tratamiento térmico	Durante el proceso	100%

(continúa)

(continuación)

PROCESO	¿QUÉ?	¿CÓMO?	¿QUIÉN?	¿CUÁNDO?	¿CUÁNTO?
Rectificar pieza en exterior	Dimensiones del punzón	Vernier y micrómetro	Operario encargado de rectificado	Durante el proceso	100%
Rectificar pieza en ojivadora	Dimensiones del punzón	Vernier y micrómetro	Operario encargado de rectificado	Durante el proceso	100%
Proyectar perfil	Forma del punzón según plano	Comparación en el proyector de perfil	Operario encargado de rectificado	Durante el proceso	100%
Pulir pieza	Dimensiones del punzón	Vernier y micrómetro	Operario encargado de pulido	Durante el proceso	100%
Proyectar perfil	Forma del punzón según plano	Comparación en el proyector de perfil	Operario encargado de pulido	Durante el proceso	100%
Proyectar perfil	Forma del punzón según plano	Comparación en el proyector de perfil	Encargado de Control de calidad	Durante el proceso	100%
Revisar dimensiones	Medidas del punzón	Vernier y micrómetro	Encargado de Control de calidad	Durante el proceso	100%

Elaboración propia



CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA Y BENEFICIOS ESPERADOS

6.1 Evaluación cualitativa de la solución propuesta

Tabla 6.1

Ventajas y desventajas de la solución propuesta

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • La Planta de Utillajes queda preparada para la mejora tecnológica que desea implementar FAME S.A.C. en todas sus plantas como parte de sus objetivos. • La aplicación de las 5´S requiere bajo presupuesto, por lo que la inversión se recupera rápidamente. • La implementación de la mejora se puede realizar en el corto plazo (menos de un año). • A pesar que la mejora está centrada en la línea de punzones, la línea que produce los otros utillajes también se beneficia ya que utilizan las mismas áreas y en algunos casos las mismas máquinas en las cuales se aplicarán las 5´S. • Mejorará el orden y la limpieza de la Planta de Utillajes, lo que impacta directamente en el método de trabajo de los operarios. • Reducirá las pérdidas en costos por hora-hombre utilizados en la producción de utillajes adicionales en la Planta de Utillajes. • Reducirá las pérdidas en costos de materia prima utilizada en hacer los utillajes adicionales en la Planta de Utillajes. • Reducirá las pérdidas en costos por hora-hombre por las paradas por utillaje defectuoso en la Planta de Fabricación. • Facilitará las actividades de acarreo de materiales durante el proceso de producción en la Planta de Utillajes gracias a la reubicación de las máquinas. • Los racks implementados en los almacenes facilitarán los controles relacionados al tipo de acero adecuado para cada utillaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ya que la mejora está relacionada a un cambio de cultura, puede existir cierta resistencia por parte del personal. • No permitirá reducir las otras paradas, como las de mantenimiento y reglaje en la Planta de Fabricación. • El tiempo utilizado para reubicar las máquinas en sus áreas correspondientes, estas deberán parar de producir. • Al retirar máquinas obsoletas de una planta perteneciente al Estado como lo es FAME S.A.C. será necesario iniciar el trámite para dar de baja contablemente a las máquinas.

Elaboración propia

6.2 Determinación de escenarios para la solución propuesta

Se considera lo siguiente:

Escenario optimista

- Aumento de la producción proyectada de municiones de 9mm para los próximos 4 años.
- Incremento al 100% del rendimiento de los utillajes.
- El costo unitario de la H-H en la Planta de Utillajes de 7.44 soles.
- El costo unitario de la H-H en la Planta de Fabricación de 7.39 soles.
- El costo unitario de la materia prima es 39.37 soles/metro.

Escenario conservador

- Aumento de la producción proyectada de municiones de 9mm para los próximos 4 años.
- Incremento al 90% del rendimiento de los utillajes.
- El costo unitario de la H-H en la Planta de Utillajes de 7.44 soles.
- El costo unitario de la H-H en la Planta de Fabricación de 7.39 soles.
- El costo unitario de la materia prima es 39.37 soles/metro.

Escenario pesimista

- Aumento de la producción proyectada de municiones de 9mm para los próximos 4 años.
- Incremento al 80% del rendimiento de los utillajes.
- El costo unitario de la H-H en la Planta de Utillajes de 7.44 soles.
- El costo unitario de la H-H en la Planta de Fabricación de 7.39 soles.
- El costo unitario de la materia prima es 39.37 soles/metro.

6.3 Estimación de resultados de la implementación

Estos son los resultados esperados si se mantienen los mismos problemas:

Tabla 6.2

Proyecciones bajo el escenario actual

Año	Producción	% Rendimiento real promedio de los utillajes	Punzones adicionales	Ahorro por H-H en la Planta de Utillajes	Ahorro en materia prima para producir utillajes	Ahorro por H-H perdidas por paradas en la Planta de Fabricación
2019	3,000,000	69.71%	480	S/. 47,972.83	S/. 2,065.74	S/. 14,855.69
2020	3,500,000	69.71%	554	S/. 54,080.70	S/. 2,399.60	S/. 17,145.94
2021	4,000,000	69.71%	632	S/. 54,128.19	S/. 2,733.46	S/. 19,559.99
2022	4,350,000	69.71%	681	S/. 53,479.96	S/. 2,962.99	S/. 21,076.51

Elaboración propia

Se estima los siguientes resultados en base a cada escenario:

Tabla 6.3

Escenario pesimista donde los utillajes rinden 80%

Año	Producción	Punzones que dejo de producir	Ahorro por H-H en la Planta de Utillajes	Ahorro en materia prima para producir utillajes	Ahorro por H-H perdidas por paradas en la Planta de Fabricación
2019	3,000,000	206	S/. 20,588.34	S/. 897.24	S/. 6,375.57
2020	3,500,000	239	S/. 23,330.85	S/. 5,258.26	S/. 7,396.90
2021	4,000,000	272	S/. 23,295.68	S/. 5,994.41	S/. 8,418.22
2022	4,350,000	286	S/. 22,460.01	S/. 6,204.74	S/. 8,851.52

Elaboración propia

Tabla 6.4

Escenario conservador donde los utillajes rinden 90%

Año	Producción	Punzones que dejo de producir	Ahorro por H-H en la Planta de Utillajes	Ahorro en materia prima para producir utillajes	Ahorro por H-H perdidas por paradas en la Planta de Fabricación
2019	3,000,000	349	S/. 34,880.24	S/. 1,502.36	S/. 10,801.32
2020	3,500,000	413	S/. 40,316.48	S/. 1,794.48	S/. 12,782.08
2021	4,000,000	463	S/. 39,654.04	S/. 2,024.01	S/. 14,329.55
2022	4,350,000	499	S/. 39,187.23	S/. 2,170.07	S/. 15,443.73

Elaboración propia

Tabla 6.5

Escenario optimista donde los utillajes rinden 100%

Año	Producción	Punzones que dejo de producir	Ahorro por H-H en la Planta de Utillajes	Ahorro en materia prima para producir utillajes	Ahorro por H-H perdidas por paradas en la Planta de Fabricación
2019	3,000,000	480	S/. 47,972.83	S/. 2,065.74	S/. 14,855.69
2020	3,500,000	554	S/. 54,080.70	S/. 2,399.60	S/. 17,145.94
2021	4,000,000	632	S/. 54,128.19	S/. 2,733.46	S/. 19,559.99
2022	4,350,000	681	S/. 53,479.96	S/. 2,962.99	S/. 21,076.51

Elaboración propia

6.4 Análisis económico de la solución

A continuación, se desarrollará los flujos de caja para poder establecer si el proyecto de mejora es viable.

Se calculará solo el flujo de caja económico debido a que la empresa financiará el proyecto con sus propios recursos.

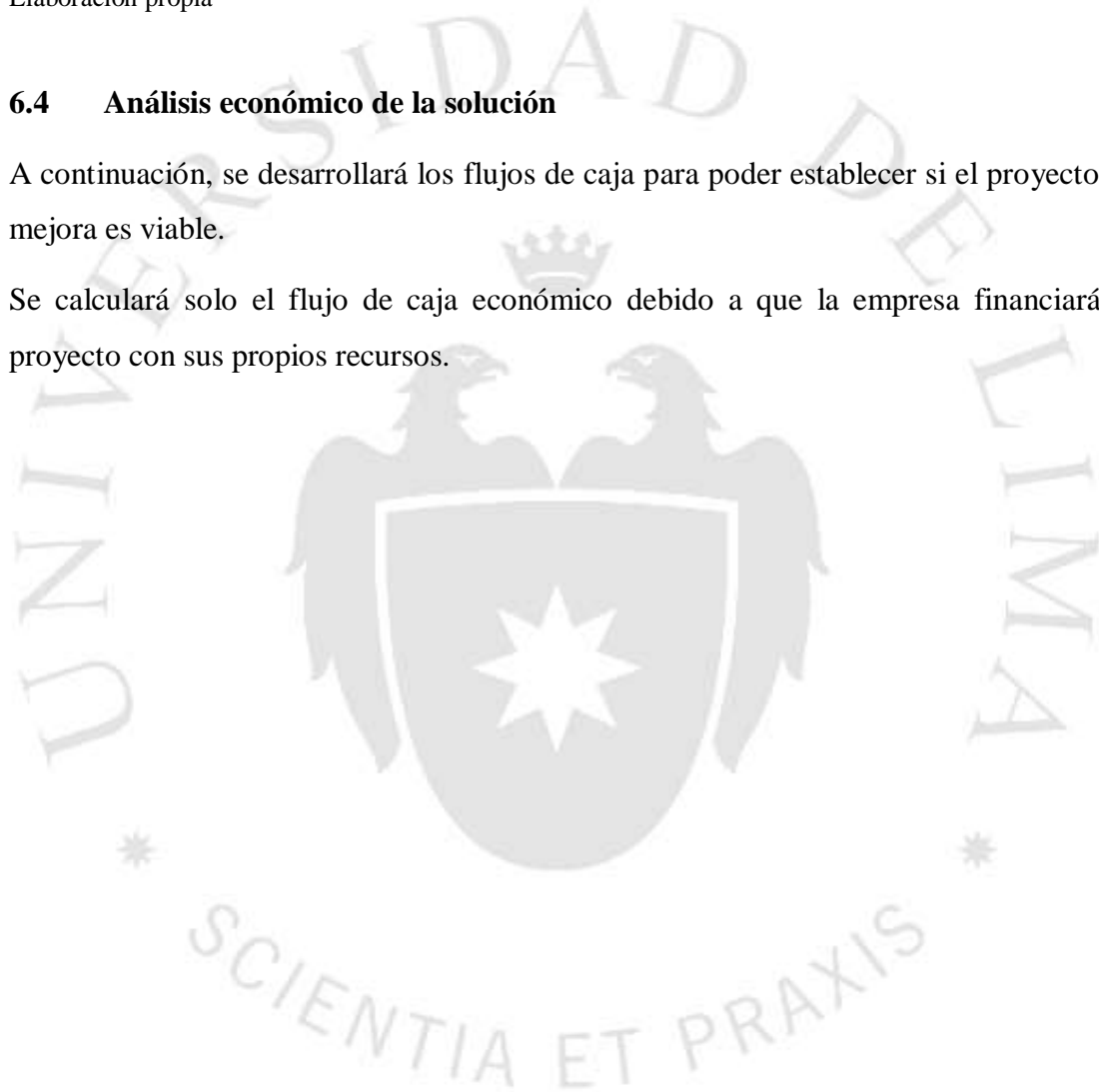


Tabla 6.6

Flujo económico del escenario pesimista

Año	2018	2019	2020	2021	2022
Inversión	S/ 113,194.35				
Ahorros:		S/ 27,861.15	S/ 35,986.00	S/ 37,708.31	S/ 37,516.27
Ahorros por H-H para hacer utillajes adicionales		S/ 20,588.34	S/ 23,330.85	S/ 23,295.68	S/ 22,460.01
Ahorros por MP para hacer utillajes adicionales		S/ 897.24	S/ 5,258.26	S/ 5,994.41	S/ 6,204.74
Ahorros por H-H por paradas por utillajes defectuosos		S/ 6,375.57	S/ 7,396.90	S/ 8,418.22	S/ 8,851.52
Flujo:	-S/ 113,194.35	S/ 27,861.15	S/ 35,986.00	S/ 37,708.31	S/ 37,516.27
Flujos descontados	-S/. 113,194.35	S/. 22,459.86	S/. 24,915.91	S/. 22,424.12	S/. 19,161.66
Flujos descontados acumulados	-S/. 113,194.35	-S/. 90,734.49	-S/. 65,818.58	-S/. 43,394.46	-S/. 24,232.81

Tir: 8.36%

Van: -S/. 24,232.806

Elaboración propia

Tabla 6.7

Flujo económico del escenario conservador

Año	2018	2019	2020	2021	2022
Inversión	S/ 113,194.35				
Ahorros:		S/ 47,183.93	S/ 54,893.05	S/ 56,007.60	S/ 56,801.03
Ahorros por H-H para hacer utillajes adicionales		S/ 34,880.24	S/ 40,316.48	S/ 39,654.04	S/ 39,187.23
Ahorros por MP para hacer utillajes adicionales		S/ 1,502.36	S/ 1,794.48	S/ 2,024.01	S/ 2,170.07
Ahorros por H-H por paradas por utillajes defectuosos		S/ 10,801.32	S/ 12,782.08	S/ 14,329.55	S/ 15,443.73
Flujo:	-S/ 113,194.35	S/ 47,183.93	S/ 54,893.05	S/ 56,007.60	S/ 56,801.03

Tir: 30.49%

Beneficio / Costo : 0.222

Van: S/. 25,166.69

Periodo de recuperó : 3.55

Elaboración propia

Tabla 6.8

Flujo económico del escenario optimista

Año	2018	2019	2020	2021	2022
Inversión	S/ 113,194.35				
Ahorros:		S/ 64,894.26	S/ 73,626.25	S/ 76,421.64	S/ 77,519.46
Ahorros por H-H para hacer utillajes adicionales		S/ 47,972.83	S/ 54,080.70	S/ 54,128.19	S/ 53,479.96
Ahorros por MP para hacer utillajes adicionales		S/ 2,065.74	S/ 2,399.60	S/ 2,733.46	S/ 2,962.99
Ahorros por H-H por paradas por utillajes defectuosos		S/ 14,855.69	S/ 17,145.94	S/ 19,559.99	S/ 21,076.51
Flujo:	-S/ 113,194.35	S/ 64,894.26	S/ 73,626.25	S/ 76,421.64	S/ 77,519.46

Tir: 50.47%

Beneficio / Costo : 0.664

Van: S/. 75,135.81

Periodo de recuperó : 2.63

Elaboración propia

Tabla 6.9

Flujo económico consolidado

Año	2018	2019	2020	2021	2022
Inversión	S/ 113,194.35				
Ahorros:		S/ 47,022.68	S/ 54,875.66	S/ 56,219.07	S/ 56,944.39
Ahorros por H-H para hacer utillajes adicionales		S/ 34,760.31	S/ 39,994.34	S/ 39,465.62	S/ 38,943.78
Ahorros por MP para hacer utillajes adicionales		S/ 1,498.19	S/ 2,201.37	S/ 2,492.00	S/ 2,652.83
Ahorros por H-H por paradas por utillajes defectuosos		S/ 10,764.19	S/ 12,679.95	S/ 14,261.46	S/ 15,347.78
Flujo:	-S/ 113,194.35	S/ 47,022.68	S/ 54,875.66	S/ 56,219.07	S/ 56,944.39

Tir: 30.50%

Beneficio / Costo : 0.223

Van: S/. 25,223.65

Periodo de recuperó : 3.55

Nota 1: Se asignó una probabilidad de ocurrencia de 80% al escenario base, 10% al escenario pesimista y 10% al escenario optimista

Elaboración propia

6.5 Impacto de la solución propuesta

6.5.1 Impacto social

En cuanto al impacto social:

- Lograr mejorar el clima laboral consecuencia del orden y limpieza en el trabajo y la disminución de horas de trabajo empleadas innecesariamente producto de los utillajes defectuosos por una mala selección de la materia prima.
- Mejorar la relación laboral entre la Planta de Fabricación y la Planta de Utillajes.
- Abastecer satisfactoriamente a la Policía Nacional del Perú, al Ejército y demás entidades del Estado encargadas de salvaguardar la seguridad en el país.

6.5.2 Impacto ambiental

A pesar de no estar incluido en el alcance de la mejora, como consecuencia de la aplicación de las 5'S se podrá alcanzar lo siguiente:

- Mejora de la salubridad, mitigando y/o reduciendo los puntos de contaminación de cada estación de trabajo.

CONCLUSIONES

- Se ha eliminado la posibilidad de equivocación en la selección del tipo de acero gracias a los nuevos almacenes: “Almacén de materia prima” y “Almacén de tochos y productos terminados”, de tal manera que la producción de utillajes enviada a la Planta de Fabricación obtendrá el rendimiento esperado teniendo como consecuencia la disminución del porcentaje de paradas por utillaje defectuoso, así como la diferencia entre los utillajes históricamente requeridos y los actualmente demandados.
- Se logró incrementar la productividad parcial de mano de obra de la Planta de Utillajes, gracias a que ya no se producirán utillajes adicionales, por lo tanto, se emplearán menos horas hombre para una misma cantidad de utillajes buenos.
- La implementación de las “5’S” que permitió el diseño de los almacenes y el incremento de la productividad parcial de la mano de obra, es una solución económicamente viable para FAME S.A.C. y que, al mantenerse en el tiempo, seguirá generando ahorros para la empresa.
- Los controles que implican la implementación adecuada de las “5’S”, mantendrá sus respectivos indicadores con puntajes altos, garantizando mantener la autodisciplina requerida por los involucrados.
- A su vez, la implementación de las “5’S” ha reducido el esfuerzo realizado por los operarios, mejorando el flujo de trabajo gracias al plano propuesto.
- El acondicionamiento de la línea de punzones mediante la implementación de las “5’S”, tiene como consecuencia inminente la mejora de la línea dedicada a los otros tipos de piezas.

RECOMENDACIONES

- Delimitar claramente el alcance del proyecto desde un inicio, ya que esta marca la ruta a seguir para alcanzar el objetivo trazado.
- Se deberá tomar especial importancia en cuanto a la capacitación del personal respecto a las “5’S”, ya que depende de ellos que se mantenga la planta limpia, segura y ordenada. Para el éxito del proyecto será necesario que los empleados sientan el proyecto como propio.
- Es importante establecer una línea de sucesión en la Planta de Utillajes, ya que el personal es de edad cercana a la jubilación en los próximos 5 años y se debe asegurar que su conocimiento sea compartido con los operarios más jóvenes.
- Se propone rediseñar la visión y misión de FAME S.A.C., de manera que todo el personal sea capaz de comprenderlas y dirigir sus objetivos hacia el cumplimiento de las mismas.

Visión propuesta: “Ser una fábrica productora de material bélico y de seguridad, de acuerdo a los más altos estándares de calidad y tecnología, con participación en el mercado nacional y latinoamericano.”

Misión propuesta: “Comercializar, fabricar, modernizar y dar mantenimiento a armas y municiones de guerra y uso civil para el sector estatal y privado, con el fin de contribuir a la defensa y desarrollo socio-económico y tecnológico del país.”

REFERENCIAS

- Almacenes VIDRI S.A. (20 de Febrero de 2018). *Vidri*. Recuperado de <https://www.vidri.com.sv/producto/90632/MONTACARGA-MANUAL-3-TONELADAS.html>
- Brico Industrial. (15 de Enero de 2018). *Carro de herramientas*. Recuperado de <https://www.bricoindustrial.com/spa/p/product/product/productos/32/457.htm>
- Díaz, B., Jarufe, B., y Noriega, M. (2007). *Disposición de Planta*. Lima: Universidad de Lima.
- Disset Odiseo. (2017). *Disset Odiseo*. Recuperado de www.dissetodiseo.com/producto/carros-de-transporte-con-base-de-madera-combi-cf/
- Dreams Time. (12 de Febrero de 2018). *Parihuela*. Recuperado de www.dreamstime.com
- Ebay. (2017). *Parts Hardware Tool Storage Rack with 15 Removable Bins*. Recuperado de www.ebay.com/itm/Parts-Hardware-Tool-Storage-Rack-with-15-Removable-Bins-/221609790121?hash=item3398f90aa9%3Ag%3AtpAAAOSw7NNT9Pab
- Ebay. (n.d.). *Edsal 5-shelf Heavy Duty estanterías de acero Negro comerciales*. Recuperado de http://www.ebay.com/itm/EDSAL-5-SHELF-HEAVY-DUTY-STEEL-SHELVING-BLACK-COMMERCIAL-INDUSTRIAL-48X24X72-NEW/261283591862?_trksid=p2047675.c100005.m1851&_trkparms=aid%3D222007%26algo%3DSIC.MBE%26ao%3D1%26asc%3D34314%26meid%3Da467221c273d483aa97e6c859d5f22b0%2
- Gedauto Desarrollo, S.L. (2018). *Equipo taller*. Recuperado de <https://www.equipotaller.es/es/p/Mesa-de-trabajo/127/>
- Goñi, J. C. (2011). *Máquinas, instrumentos y procesos de manufactura*. Lima: Universidad de Lima.
- Google Maps. (2018). *FAME S.A.C.* Recuperado de <https://www.google.com/maps/place/FAME+S.A.C.,+Cercado+de+Lima/@-11.9924474,-76.9008879,16z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x9105c39f9fe79e6f:0xfc6dd523a6366056!8m2!3d-11.9910875!4d-76.8965961>
- Maestro. (2017). *Maestro*. Recuperado de <http://www.maestro.com.pe/productos/muebles/librero-cuatro-repisas>
- Rapid racking. (12 de Febrero de 2018). *Collar Pallet*. Recuperado de www.rapidracking.com

Sodimac. (2017). *Cascos y Caretas*. Recuperado de <http://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/category/cat10448/Cascos-y-Caretas>

Sodimac. (2017). *Guante soldador*. Recuperado de <http://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/1054023/Guante-soldador-18>

Sodimac. (2017). *Lente Steelpro*. Recuperado de <http://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/1112996/Lente-Steelpro-nitro-claro?navAction=push>

Thomson Reuters. (16 de Junio de 2017). *Gasto militar en América*. Recuperado de <https://eikon.thomsonreuters.com/index.html>



BIBLIOGRAFÍA

- Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., y Noriega, M. T. (2010). *Mejora continua de los procesos : herramientas y técnicas*. Lima: Universidad de Lima.
- Choy, M., y Chang, G. (2014). *Medidas macroprudenciales aplicadas en el Perú*. Lima: Banco Central de Reserva del Perú. Recuperado de <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2014/documento-de-trabajo-07-2014.pdf>
- Congreso de la República. (26 de Setiembre de 2009). Ley N° 29314. *Ley de la fábrica de armas y municiones del ejército FAME S.A.C.* Perú.
- Cruelles, J. A. (2013). *Ingeniería industrial : métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua*. México D. F.: Alfaomega.
- Cuvero, M. A. (Enero de 2014). *Expansión de nuevos horizontes*. Quito, Ecuador.
- FAME SAC. (2017). *Acerca de FAME SAC*. Recuperado de Reseña histórica: <http://www.famesac.com/acerca-de/resena-historica>
- Galindo, O. T. (Noviembre de 2010). *Manual de procesos para la fabricación de cartuchos calibre 5.56mm en la Fábrica de Municiones del Ejército de Guatemala*. Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0652_M.pdf
- Hernández, J. C., y Vizán, A. (1 de mayo de 2013). *EOI*. Recuperado de www.eoi.es
- Krar, S. F., Gill, A. R., y Smid, P. (2009). *Tecnología de las máquinas herramienta*. México, D. F.: Alfaomega.