



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

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

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

Tema:

**“OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN EL ÁREA DE FABRICACIÓN DE
ARMAS DE FUEGO DE LA EMPRESA SANTA BÁRBARA EP MEDIANTE
HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA”**

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

ÁREA: Industrial y Manufactura

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, Materiales y Producción.

AUTOR: Jorge Nicolás Jaramillo Zambrano

TUTOR: Ing. Franklin Geovanny Tigre Ortega Mg.

Ambato – Ecuador

Octubre – 2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: “OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN EL ÁREA DE FABRICACIÓN DE ARMAS DE FUEGO DE LA EMPRESA SANTA BÁRBARA EP MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA”, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Jorge Nicolás Jaramillo Zambrano, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, octubre 2020.




Firmado electrónicamente por:
**FRANKLIN
GEOVANNY TIGRE
ORTEGA**

Ing. Franklin Geovanny Tigre Ortega Mg.
TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: “OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN EL ÁREA DE FABRICACIÓN DE ARMAS DE FUEGO DE LA EMPRESA SANTA BÁRBARA EP MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA”, es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, octubre 2020.



Jorge Nicolás Jaramillo Zambrano
C.C. 1600474900
AUTOR

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Jorge Nicolás Jaramillo Zambrano, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado “OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN EL ÁREA DE FABRICACIÓN DE ARMAS DE FUEGO DE LA EMPRESA SANTA BÁRBARA EP MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA”, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidenta del Tribunal.

Ambato, octubre 2020.



Firmado electrónicamente por:

**ELSA PILAR
URRUTIA**

Ing. Pilar Urrutia, Mg.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:

**CHRISTIAN
JOSE MARINO
RIVERA**

Ing. Christian José Mariño Rivera
PROFESOR CALIFICADOR

**JOHN PAUL
REYES
VASQUEZ**

Digitally signed by JOHN PAUL REYES
VASQUEZ
DN: cn=EC, o=BANCO CENTRAL DEL
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE INFORMACION-
ECIBCE, h=QUITO,
serialNumber=0000438738,
c=JOHN PAUL REYES VASQUEZ
Date: 2020.10.13 08:44:29 -05'00'


Ing. John Paúl Reyes Vásquez
PROFESOR CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, octubre 2020.



Jorge Nicolás Jaramillo Zambrano
C.C. 1600474900
AUTOR

DEDICATORIA

*A mis padres, por mostrarme el camino
hacia la superación.*

Todo lo que soy es gracias a ustedes.

Jorge Nicolás Jaramillo Zambrano

AGRADECIMIENTO

A mis padres, que con su cariño y ejemplo me han formado como una persona de bien.

A mis amigos, por acompañarme en este viaje.

A mis maestros, por hacer de mí un profesional.

A la empresa Santa Bárbara EP, por la apertura, apoyo y total colaboración en la realización del proyecto.

Jorge Nicolás Jaramillo Zambrano

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN EJECUTIVO	xxii
ABSTRACT	xxiii
INTRODUCCIÓN	xxiv
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Tema de investigación	1
1.2 Antecedentes Investigativos.....	1
1.2.1 Contextualización del problema	1
1.2.2 Estado del arte.....	2
1.2.3 Fundamentación teórica	7
Lean Manufacturing	7
Desperdicios.....	7
Hoshin.....	9
Shojinka	9
Herramientas y filosofía del sistema Lean.....	10
VSM	10
Estandarización.....	12
KAIZEN	13
SMED.....	15
KANBAN	16
Tecnología de grupos TG	18
Familias	18
Método PFA.....	18
Medición del trabajo.....	19
Estudio de tiempos	19
Distribución de las instalaciones.....	23

Taller de trabajo (Job shop)	24
Entornos de fabricación en centros de trabajo	24
Análisis del flujo de materiales	26
Diagrama de recorrido	26
Diagrama de operaciones de proceso	27
Diagrama de Gozinto.....	27
Diagrama Hombre – Máquina	27
Programas de producción esbelta.....	28
Optimización combinatoria.....	28
Programación de tareas - Scheduling.....	28
Programación de tareas en un taller de trabajo	28
Teoría NP.....	32
Algoritmos	34
Algoritmos exactos y heurísticos	34
Reglas de prioridad para secuenciación de trabajos.....	35
Medidas de desempeño de las secuencias de mecanizado	36
Toma de decisiones	37
Método del proceso analítico jerárquico (AHP)	37
Balanceo de la carga de trabajo.....	39
LEKIN	41
EXPERT CHOICE	41
POM-QM.....	42
1.3 Objetivos.....	42
1.3.1 Objetivo General:.....	42
1.3.2 Objetivos Específicos:.....	42
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA	43
2.1 Materiales	43
2.2 Métodos	44
2.2.1 Modalidad de la investigación.....	44
2.2.2 Población y muestra.....	44
2.2.3 Recolección de información.....	45
2.2.4 Procesamiento y análisis de datos.....	46
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47

3.1	Análisis y discusión de los resultados.....	47
	Levantamiento de la información del proceso.....	47
	División de armas de fuego y mecanizados.....	49
	Proceso general para fabricación de armas de fuego.....	50
	Productos de la división de armas y mecanizados.....	53
	Análisis de alternativas.....	54
	Características del Revólver Calibre .38 ATI.....	57
	Proceso general de fabricación del Revólver Calibre .38 ATI.....	62
	Descripción de las áreas de fabricación.....	63
	Análisis del flujo de materiales.....	76
	Aplicación de la tecnología de grupos.....	76
	Diagrama de despiece del revólver.....	80
	Diagrama de Gozinto del revólver.....	80
	Diagrama de flujo funcional del proceso de fabricación del revólver.....	83
	Diagrama de precedencia de las operaciones de fabricación del revólver.....	83
	Diagrama de operaciones del proceso de fabricación del revólver.....	83
	Cursogramas analítico del proceso.....	97
	Diagrama de recorrido de los componentes del ensamble.....	106
	Estudio de tiempos.....	109
	Clasificación de las actividades del proceso.....	114
	Análisis de la situación actual.....	115
	Estudio de los tiempos de SET-UP.....	116
	Resumen del estudio de tiempos.....	136
	Mapa de la cadena de valor (VSM).....	145
	Análisis del mapa de la cadena de valor.....	149
	Identificación de las oportunidades de mejora.....	152
	Diseño de la propuesta de solución para las áreas de oportunidad detectadas.....	156
	Optimización del cuello de botella.....	156
	Reducción de actividades que no agregan valor y mejora del método.....	156
	Aplicación de la metodología SMED.....	165
	Trabajo en paralelo.....	168
	Resumen de la optimización del cuello de botella.....	174
	Estandarización de la secuencia de maquinado.....	176

Análisis del problema JSSP en la etapa de Fabricación de piezas.....	176
Ingreso de datos en el programa Legin	179
Secuenciación de la etapa de Fabricación de piezas	182
Selección multicriterio de la mejor secuencia de mecanizado.....	187
Ingreso de datos en el programa Expert Choice	188
Análisis de sensibilidad	194
Balanceo de carga de trabajo en área de montaje	198
Estado actual del área de montaje	200
Propuesta del balance de cargas.....	201
Resumen de la optimización del área de montaje.....	206
VSM del estado futuro.....	207
Supermercado Kanban	207
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	216
4.1 Conclusiones.....	216
4.2 Recomendaciones.....	218
BIBLIOGRAFÍA	220
ANEXOS.....	224
Anexo 1: Tabla de suplementos	224
Anexo 2: Estudio de tiempos y movimientos	225
Etapas de preparación de tochos y fabricación de piezas.....	225
Proceso de Ajustaje y ensamble.....	291
Operaciones de Montaje y Control de calidad.....	305

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de proceso de manufactura.	24
Tabla 2: Escala de comparación de Thomas Saaty.....	38
Tabla 3: Listado de materiales empleados en la investigación.	43
Tabla 4: Personal de la División de armas y mecanizados	45
Tabla 5: Características - Revólver Calibre .38 ATI	53
Tabla 6: Características - Subametralladora PAME-SB Calibre 9mm.....	53
Tabla 7: Características - Lanzadora de gases 37mm.....	54
Tabla 8: Ponderación de los criterios de decisión	55
Tabla 9: Escala de calificación.....	56
Tabla 10: Calificación de alternativas	56
Tabla 11: Análisis de alternativas.....	57
Tabla 12: Lista de piezas del Revólver Calibre .38 ATI	61
Tabla 13: Codificación de Máquinas-Herramienta	77
Tabla 14: Matriz Pieza-Máquina	78
Tabla 15: Matriz de agrupación.....	79
Tabla 16: Cursograma analítico del ensamble principal.....	98
Tabla 17: Continuación - Cursograma analítico del ensamble principal.....	99
Tabla 18: Continuación - Cursograma analítico del ensamble principal.....	100
Tabla 19: Continuación - Cursograma analítico del ensamble principal.....	101
Tabla 20: Continuación - Cursograma analítico del ensamble principal.....	102
Tabla 21: Continuación - Cursograma analítico del ensamble principal.....	103
Tabla 22: Continuación - Cursograma analítico del ensamble principal.....	104
Tabla 23: Continuación - Cursograma analítico del ensamble principal.....	105
Tabla 24: Actividades de ensamble del mecanismo de extracción	110
Tabla 25: Tiempo observado del ensamble del mecanismo de extracción.....	111
Tabla 26: Número recomendado de observaciones para el proceso de ensamble...	111
Tabla 27: Factor de desempeño del trabajador en el proceso de ensamble	112
Tabla 28: Calculo de suplementos para la operación de ensamble	112
Tabla 29: Hoja de Operaciones y Tiempos – Ajustaje mecanismo de extracción ..	113
Tabla 30: Tiempos de preparación del torno / Preparación de tochos.....	117
Tabla 31: Tiempos de preparación de fresadora / Preparación de tochos.....	118

Tabla 32: Tiempos de preparación de taladro CN / Preparación de tochos.....	118
Tabla 33: Tiempos de preparación de taladro radial / Preparación de tochos	119
Tabla 34: Tiempos de preparación de troqueladora / Preparación de tochos	119
Tabla 35: Tiempos de preparación de centro CNC / Preparación de tochos	120
Tabla 36: Tiempos de preparación del torno / Fabricación de piezas	121
Tabla 37: Tiempos de preparación de fresadora / Fabricación de piezas	126
Tabla 38: Tiempos de preparación de troqueladora / Fabricación de piezas	129
Tabla 39: Tiempos de preparación de Electroerosionadora /Fabricación de piezas	129
Tabla 40: Tiempos de preparación de centro mecanizado / Fabricación de piezas.	130
Tabla 41: Uso de herramientas del centro de mecanizado CNC	133
Tabla 42: Cambios de herramienta para la fabricación de armazones	133
Tabla 43: Tiempos de preparación del torno CN / Ajustaje y ensamble	134
Tabla 44: Tiempos de preparación del taladro CN / Ajustaje y ensamble.....	135
Tabla 45: Tiempos de preparación de fresadora / Ajustaje y ensamble	135
Tabla 46: Resumen del estudio de tiempos / Preparación de tochos.....	137
Tabla 47: Resumen del estudio de tiempos / Fabricación de piezas	138
Tabla 48: Resumen del estudio de tiempos / Ajustaje y ensamble.....	140
Tabla 49: Resumen del estudio de tiempos / Montaje y Control de calidad.....	141
Tabla 50: Análisis del tiempo de ciclo / Preparación de tochos.....	142
Tabla 51: Análisis del tiempo de ciclo / Fabricación de piezas	143
Tabla 52: Análisis del tiempo de ciclo / Ajustaje y Ensamble.....	144
Tabla 53: Datos del mapa de la cadena de valor	145
Tabla 54: Demanda IV trimestre año 2019	147
Tabla 55: Optimización de la operación de mecanizado (Extractor - Paso 5)	156
Tabla 56: Diagrama Hombre - Máquina / (Extractor - Paso 5).....	157
Tabla 57: Optimización de la operación de mecanizado (Tambor - Paso 3)	158
Tabla 58: Diagrama Hombre - Máquina / (Tambor - Paso 3).....	159
Tabla 59: Optimización de la operación de mecanizado (Brazo - Paso 6)	160
Tabla 60: Diagrama Hombre - Máquina / (Brazo - Paso 6).....	160
Tabla 61: Optimización de la operación de mecanizado (Armazón - Paso 7)	161
Tabla 62: Diagrama Hombre - Máquina / (Armazón - Paso 7).....	162
Tabla 63: Optimización de la operación de mecanizado (Cachas - Paso 2)	163
Tabla 64: Diagrama Hombre - Máquina / (Cachas - Paso 2).....	164

Tabla 65: Optimización de las actividades de preparación.....	166
Tabla 66: Diagrama de trabajo en paralelo / Preparación Brazo del tambor	169
Tabla 67: Diagrama de trabajo en paralelo / Cachas	170
Tabla 68: Diagrama de trabajo en paralelo / Armazón.....	171
Tabla 69: Diagrama de trabajo en paralelo / Extractor.....	172
Tabla 70: Diagrama de trabajo en paralelo / Tambor	173
Tabla 71: Resumen de Optimización del cuello de botella.....	174
Tabla 72: Precedencia de las operación de mecanizado / Fabricación de piezas....	177
Tabla 73: Máquinas / Etapa de fabricación de piezas.....	182
Tabla 74: Trabajos y operaciones / Etapa de fabricación de piezas	182
Tabla 75: Estadística de programas (Schedule) / Etapa de fabricación de piezas...	183
Tabla 76: Medidas desempeño programaciones / Etapa de fabricación de piezas..	186
Tabla 77: Secuencia de mecanizado de piezas según la regla SPT	196
Tabla 78: Actividades para el ensamble del revólver ATI.....	198
Tabla 79: Asignación de tareas a estaciones en POM-QM.....	204
Tabla 80: Resumen de optimización del área de montaje.....	206
Tabla 81: Cálculo del número de tarjetas Kanban por referencia	211
Tabla 82: Continuación - Cálculo del número de tarjetas Kanban por referencia ..	212
Tabla 83: Hoja de Operaciones y Tiempos / P. del tocho / Extractor - Paso 1	225
Tabla 84: Hoja de Operaciones y Tiempos / P. del tocho / Extractor - Paso 2	226
Tabla 85: Hoja de Operaciones y Tiempos / P. del tocho / Extractor - Paso 3	227
Tabla 86: Hoja de Operaciones y Tiempos / Extractor - Paso 4	228
Tabla 87: Hoja de Operaciones y Tiempos / Extractor - Paso 5	229
Tabla 88: Hoja de Operaciones y Tiempos / P. del tocho / Tambor - Paso 1	230
Tabla 89: Hoja de Operaciones y Tiempos / Tambor - Paso 2.....	231
Tabla 90: Hoja de Operaciones y Tiempos / Tambor - Paso 3.....	232
Tabla 91: Hoja de Operaciones y Tiempos / P. del tocho / Brazo - Paso 1	233
Tabla 92: Hoja de Operaciones y Tiempos / P. del tocho / Brazo - Paso 2	234
Tabla 93: Hoja de Operaciones y Tiempos / P. del tocho / Brazo - Paso 3	235
Tabla 94: Hoja de Operaciones y Tiempos / P. del tocho / Brazo - Paso 4	236
Tabla 95: Hoja de Operaciones y Tiempos / Brazo de tambor - Paso 5	237
Tabla 96: Hoja de Operaciones y Tiempos / Brazo de tambor - Paso 6	238
Tabla 97: Hoja de Operaciones y Tiempos / Brazo de tambor - Paso 7	239

Tabla 98: Hoja de Operaciones y Tiempos / P. del tocho / Armazón - Paso 1	240
Tabla 99: Hoja de Operaciones y Tiempos / P. del tocho / Armazón - Paso 2	241
Tabla 100: Hoja de Operaciones y Tiempos / P. del tocho / Armazón - Paso 3	242
Tabla 101: Hoja de Operaciones y Tiempos / P. del tocho / Armazón - Paso 4	243
Tabla 102: Hoja de Operaciones y Tiempos / P. del tocho / Armazón - Paso 5	244
Tabla 103: Hoja de Operaciones y Tiempos / P. del tocho / Armazón - Paso 6	245
Tabla 104: Hoja de Operaciones y Tiempos / Armazón - Paso 7.....	246
Tabla 105: Hoja de Operaciones y Tiempos / P. del tocho / Cachas - Paso 1.....	247
Tabla 106: Hoja de Operaciones y Tiempos / Cachas - Paso 2.....	248
Tabla 107: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación de platinas - Paso 1	249
Tabla 108: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación de tochos - Paso 2.....	250
Tabla 109: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación de tochos - Paso 3.....	251
Tabla 110: Hoja de Operaciones y Tiempos / Seguro del tambor - Paso 1	252
Tabla 111: Hoja de Operaciones y Tiempos / Seguro del tambor - Paso 2	253
Tabla 112: Hoja de Operaciones y Tiempos / Bloque de retroceso - Paso 1	254
Tabla 113: Hoja de Operaciones y Tiempos / Bloque de retroceso - Paso 2	255
Tabla 114: Hoja de Operaciones y Tiempos / Bloque de retroceso - Paso 3	256
Tabla 115: Hoja de Operaciones y Tiempos / Elevador ATI - Paso 1.....	257
Tabla 116: Hoja de Operaciones y Tiempos / Elevador ATI - Paso 2.....	258
Tabla 117: Hoja de Operaciones y Tiempos / Gatillo - Paso 1	259
Tabla 118: Hoja de Operaciones y Tiempos / Gatillo - Paso 2	260
Tabla 119: Hoja de Operaciones y Tiempos / Martillo - Paso 1	261
Tabla 120: Hoja de Operaciones y Tiempos / Martillo - Paso 2	262
Tabla 121: Hoja de Operaciones y Tiempos / Cerrojo frontal – Paso 1	263
Tabla 122: Hoja de Operaciones y Tiempos / Cerrojo frontal - Paso 2.....	264
Tabla 123: Hoja de Operaciones y Tiempos / Percutor - Paso 1	265
Tabla 124: Hoja de Operaciones y Tiempos / Percutor - Paso 2.....	266
Tabla 125: Hoja de Operaciones y Tiempos / Cilindro de retención - Paso 1	267
Tabla 126: Hoja de Operaciones y Tiempos / Cilindro de retención - Paso 2	268
Tabla 127: Hoja de Operaciones y Tiempos / Cilindro de retención - Paso 3	269
Tabla 128: Hoja de Operaciones y Tiempos / Placa principal del muelle	270
Tabla 129: Hoja de Operaciones y Tiempos / Tapa lateral - Paso 1.....	271
Tabla 130: Hoja de Operaciones y Tiempos / Tapa lateral - Paso 2.....	272

Tabla 131: Hoja de Operaciones y Tiempos / Pin central Principal del martillo	273
Tabla 132: Hoja de Operaciones y Tiempos / Seguro del pulgar - Paso 1.....	274
Tabla 133: Hoja de Operaciones y Tiempos / Seguro del pulgar - Paso 2.....	275
Tabla 134: Hoja de Operaciones y Tiempos / Mira.....	276
Tabla 135: Hoja de Operaciones y Tiempos / Fiador	277
Tabla 136: Hoja de Operaciones y Tiempos / Liberador del eje central	278
Tabla 137: Hoja de Operaciones y Tiempos / Anillo separador del extractor	279
Tabla 138: Hoja de Operaciones y Tiempos / Eje del brazo del Tambor	280
Tabla 139: Hoja de Operaciones y Tiempos / P. del tocho / Cañón - Paso 1.....	281
Tabla 140: Hoja de Operaciones y Tiempos / P. del tocho / Cañón - Paso 2.....	282
Tabla 141: Hoja de Operaciones y Tiempos / Cañón - Paso 3	283
Tabla 142: Hoja de Operaciones y Tiempos / Cañón - Paso 4.....	284
Tabla 143: Hoja de Operaciones y Tiempos / Cilindro de parada del brazo	285
Tabla 144: Hoja de Operaciones y Tiempos / Eje principal del tambor - Paso 1....	286
Tabla 145: Hoja de Operaciones y Tiempos / Eje principal del tambor - Paso 2....	287
Tabla 146: Hoja de Operaciones y Tiempos / Pin central de la estrella	288
Tabla 147: Hoja de Operaciones y Tiempos / Pin de retención del tambor.....	289
Tabla 148: Hoja de Operaciones y Tiempos / Pin del tambor.....	290
Tabla 149: Hoja de Operaciones y Tiempos / Modelado del almacén.....	291
Tabla 150: Hoja de Operaciones y Tiempos / Ajustaje del marco del arma.....	292
Tabla 151: Hoja de Operaciones y Tiempos / Ajustaje y ensamble del gatillo.....	293
Tabla 152: Hoja de Operaciones y Tiempos / Ajustaje y ensamble del martillo	294
Tabla 153: Hoja de Operaciones y Tiempos / Ajustaje y ensamble del liberador...	295
Tabla 154: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación de piezas.....	296
Tabla 155: Hoja de Operaciones y Tiempos / Ajustaje y ensamble del mecanismo de carga y alimentación	297
Tabla 156: Hoja de Operaciones y Tiempos / Modelado del par de cachas	298
Tabla 157: Hoja de Operaciones y Tiempos / Ajustaje y ensamble de tapa lateral	299
Tabla 158: Hoja de Operaciones y Tiempos / Perforado del brazo del tambor	300
Tabla 159: Hoja de Operaciones y Tiempos / Perforado del almacén	301
Tabla 160: Hoja de Operaciones y Tiempos / Paso 1- Ensamble marco del arma..	302
Tabla 161: Hoja de Operaciones y Tiempos / Fresado detalles y mira del arma	303
Tabla 162: Hoja de Operaciones y Tiempos - Paso 2 - Ensamble marco del arma	304

Tabla 163: Hoja de Operaciones y Tiempos – Sincronización de los mecanismos	305
Tabla 164: Hoja de Operaciones y Tiempos – Pruebas de funcionamiento	306
Tabla 165: Hoja de Operaciones y Tiempos – Terminados.....	307
Tabla 166: Hoja de Operaciones y Tiempos – Pavonado	308
Tabla 167: Hoja de Operaciones y Tiempos – Armado y Lubricación	309
Tabla 168: Hoja de Operaciones y Tiempos – Control de calidad.....	310
Tabla 169: Hoja de Operaciones y Tiempos – Almacenamiento	311

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Casa del sistema de producción Toyota	10
Figura N° 2: Símbolos del esquema de la cadena de valor.....	11
Figura N° 3: Ciclo Deming de la mejora continua.....	14
Figura N° 4: Kanban en un taller de trabajo	16
Figura N° 5: Tablero Kanban reposición y supermercado	17
Figura N° 6: Matriz Pieza-Máquina.	18
Figura N° 7: Ejemplo de matriz de agrupación.....	19
Figura N° 8: Número recomendado de ciclos de observación.....	20
Figura N° 9: Sistema Westinghouse para valoración del ritmo de trabajo.....	21
Figura N° 10: Modelo básico para el cálculo de suplementos.....	22
Figura N° 11: Marco para describir estrategias de distribución.....	23
Figura N° 12: Distribución de un centro de trabajo	24
Figura N° 13: Resumen de los entornos de fabricación en centros de trabajo	26
Figura N° 14: Secuencia de elaboración del diagrama de operaciones.....	27
Figura N° 15: Ejemplo esquema de representación de un problema Job shop	30
Figura N° 16: Consideración de las operaciones de inicio (s) y final (t).....	31
Figura N° 17: Diagrama de precedencia de las operaciones sin (s) y (t).....	31
Figura N° 18: Diagrama de precedencia con pesos de operaciones y ruta crítica	32
Figura N° 19: Diagrama de Euler de las familias de problemas	33
Figura N° 20: Árbol de Jerarquías.....	37
Figura N° 21: Software LEKIN	41
Figura N° 22: Software Expert Choice.....	41
Figura N° 23: Software POM-QM	42
Figura N° 24: Logotipo de Santa Bárbara EP.....	47
Figura N° 25: Estructura Organizacional de Santa Bárbara EP	48
Figura N° 26: Líneas de negocio de Santa Bárbara EP	49
Figura N° 27: Proceso general fabricación de armas de fuego en Santa Bárbara.....	51
Figura N° 28: Instalaciones de la empresa Santa Bárbara EP	52
Figura N° 29: Cañón del revólver calibre .38	58
Figura N° 30: Sub ensamble mecanismo de extracción	58
Figura N° 31: Sub ensamble brazo del arma	59

Figura N° 32: Marco del arma	59
Figura N° 33: Caja de mecanismos del revólver calibre .38 ATI	60
Figura N° 34: Etapas para la fabricación del revólver calibre .38 ATI.....	62
Figura N° 35: Lote de transferencia en el área de mecanizado convencional	63
Figura N° 36: Sierra de vaivén.....	64
Figura N° 37: Limadora.....	64
Figura N° 38: Rectificadora	65
Figura N° 39: Taladro Radial.....	65
Figura N° 40: Fresadora.....	66
Figura N° 41: Torno	66
Figura N° 42: Carro oxicorte	67
Figura N° 43: Armazón mecanizado en CNC.....	68
Figura N° 44: Electroerosionadora de corte por hilo	68
Figura N° 45: Taladro de pedestal CN	69
Figura N° 46: Torno CN	69
Figura N° 47: Centro de mecanizado CNC	70
Figura N° 48: Herramientas del centro de mecanizado CNC	70
Figura N° 49: Ajustaje del armazón	71
Figura N° 50: Sub-ensambles en crudo del revólver.....	72
Figura N° 51: Sincronización de los mecanismos.....	72
Figura N° 52: Prueba de funcionamiento	73
Figura N° 53: Terminados del marco del arma.....	73
Figura N° 54: Pavonado.....	74
Figura N° 55: Pieza en crudo vs piezas pavonadas.....	74
Figura N° 56: Armado y Lubricación.....	74
Figura N° 57: Control de calidad	75
Figura N° 58: Empaquetado del Revólver Calibre .38 ATI	75
Figura N° 59: Diagrama de despiece del revólver calibre .38 ATI.....	80
Figura N° 60: Diagrama de Gozinto.....	81
Figura N° 61: Niveles de ensamble.....	82
Figura N° 62: Diagrama de flujo funcional para fabricación del Revólver ATI	84
Figura N° 63: Diagrama de precedencia operaciones de fabricación	85
Figura N° 64: Diagrama de operaciones del proceso - Revólver ATI	94

Figura N° 65: Diagrama de operaciones del proceso - (continuación)	95
Figura N° 66: Diagrama de operaciones del proceso - (continuación)	96
Figura N° 67: Diagrama de operaciones del proceso - (continuación)	97
Figura N° 68: Layout actual de la planta de fabricación en Santa Bárbara EP	107
Figura N° 69: Diagrama de recorrido del ensamble principal	107
Figura N° 70: Diagrama de recorrido para familias de piezas del Revólver ATI...108	
Figura N° 71: Diagrama de recorrido del buffer de piezas.....108	
Figura N° 72: Clasificación de las actividades de las actividades del proceso.....114	
Figura N° 73: Tiempo de preparación	116
Figura N° 74: Resumen de las actividades de SET-UP / Preparación de tochos....120	
Figura N° 75: Resumen de las actividades de SET-UP / Fabricación de piezas132	
Figura N° 76: Resumen de las actividades de SET-UP / Ajustaje y ensamble.....136	
Figura N° 77: Análisis del Tiempo de operación / Etapa preparación de tochos ...142	
Figura N° 78: Análisis del Tiempo de ciclo / Etapa de fabricación de piezas.....143	
Figura N° 79: Análisis del Tiempo de ciclo / Etapa de ajustaje y ensamble	144
Figura N° 80: VSM ACTUAL de SANTA BARBARA EP – Revólver ATI	148
Figura N° 81: Tiempos de ciclo vs Takt time	149
Figura N° 82: Capacidad de producción.....150	
Figura N° 83: Análisis del VSM ACTUAL – Revólver ATI	151
Figura N° 84: VSM de la identificación de oportunidades de mejora	155
Figura N° 85: Optimización del cuello de botella del proceso	174
Figura N° 86: Menú principal de Lekin.....179	
Figura N° 87: Numero de máquinas y trabajos.....179	
Figura N° 88: Ingreso de trabajos y máquinas.....180	
Figura N° 89: Ingreso de datos de la máquina	180
Figura N° 90: Ingreso de los datos del trabajo.....181	
Figura N° 91: Ingreso de los datos de precedencia	181
Figura N° 92: Estadística de programas / Etapa de fabricación de piezas.....184	
Figura N° 93: Árbol jerárquico de decisión multicriterio.....187	
Figura N° 94: Descripción del objetivo en Expert Choice.188	
Figura N° 95: Ingreso de los criterios de decisión en Expert Choice.....189	
Figura N° 96: Matriz de comparación de los criterios	189
Figura N° 97: Prioridad de los criterios de decisión	190

Figura N° 98: Ingreso de las alternativas en Expert Choice	191
Figura N° 99: Matriz de comparación de las alternativas respecto al Makespan ...	191
Figura N° 100: Prioridad de las alternativas respecto al Makespan.....	192
Figura N° 101: Prioridad de las alternativas respecto al Tiempo promedio.....	192
Figura N° 102: Prioridad de las alternativas respecto a la Tasa de utilización	192
Figura N° 103: Prioridad de las alternativas respecto a al WIP.....	193
Figura N° 104: Prioridad de las alternativas respecto al retraso promedio	193
Figura N° 105: Solución del problema de decisión multicriterio	193
Figura N° 106: Síntesis de resultados.....	194
Figura N° 107: Grafica de sensibilidad	194
Figura N° 108: Parámetros de sensibilidad.....	195
Figura N° 109: Comparación de las mejores alternativas	195
Figura N° 110: Gráfico de Gantt de la orden de producción según la regla SPT ...	197
Figura N° 111: Diagrama de precedencia para el ensamble del revólver ATI	199
Figura N° 112: Distribución actual de carga de trabajo en el Área de montaje.....	201
Figura N° 113: Menú de inicio en POM-QM	202
Figura N° 114: Parámetros generales del problema de balanceo.....	203
Figura N° 115: Ingreso de datos al programa POM-QM	203
Figura N° 116: Comparación del número de estaciones entre heurísticas	204
Figura N° 117: Distribución propuesta de carga de trabajo en el Área de montaje	205
Figura N° 118: Propuesta de optimización del área de montaje	206
Figura N° 119: Sistema de reposición del supermercado de tochos	208
Figura N° 120: Sistema de reposición del supermercado de piezas.....	209
Figura N° 121: Kanban de producción.....	210
Figura N° 122: Kanban de retiro	210
Figura N° 123: VSM del estado futuro.....	213

RESUMEN EJECUTIVO

El estudio presenta una propuesta para optimizar el proceso de fabricación de armas mediante herramientas de manufactura esbelta en la empresa Santa Bárbara EP. Inicia con el análisis de alternativas y se estructura en tres fases: levantamiento de información del proceso, diagnóstico de la situación actual y diseño de la propuesta.

El producto estudiado es el revólver calibre 38. Se analiza en flujo de materiales en el taller de trabajo mediante: un estudio de tiempos, diagramas del proceso y el método PFA. El VSM de la situación actual identifica los desperdicios y el cuello de botella del proceso en función del Takt time.

La propuesta de optimización ataca cuatro áreas de oportunidad detectadas: restricción del sistema, secuencia de cambios, balance de cargas y reducción del Lead Time.

Respecto a la restricción del sistema (Centro de mecanizado CNC), se optimiza el tiempo de ciclo en un 12 por ciento reduciendo las actividades de no valor agregado; y el tiempo de preparación en un 55.4 por ciento aplicando la metodología SMED.

La secuencia óptima para la fabricación de una orden de piezas se obtuvo resolviendo el problema JSSP en el software Legin. Se aplica un análisis multicriterio AHP con la ayuda del software Expert Choice para la selección del mejor algoritmo.

El balanceo de cargas de trabajo en el área de montaje permite reducir en un 75.4 por ciento el tiempo de ocio, logrando un aumento del 32 por ciento en la eficiencia. Las reglas de balanceo se evalúan en el software POM-QM.

Por último, se diseña un VSM del estado futuro que permita el flujo continuo de materiales mejorando el sistema actual de supermercados y Kanban. La propuesta logra una reducción del 46.5 por ciento en el Lead Time del proceso y un incremento del 55 por ciento en la productividad de la mano de obra.

Palabras clave: Manufactura Esbelta, VSM, SMED, JSSP, AHP, Kanban

ABSTRACT

The study presents a proposal to optimize the manufacturing process of weapons by means of lean manufacturing tools at the Santa Barbara EP company. It begins with the analysis of alternatives and is structured in three phases: information gathering on the process, diagnosis of the current situation and design of the proposal.

The product studied is the .38 caliber revolver. It is analyzed in material flow in the Job shop by means of a time study, process diagrams and the PFA method. The VSM of the current situation identifies the waste and the bottleneck according to the Takt Time.

The optimization proposal attacks four detected opportunity areas: system restriction, change sequence, workload balancing and lead time reduction.

Regarding the system restriction (CNC machining center), the cycle time is optimized by 12 percent reducing non-value added activities, and the set up time by 55.4 percent applying the SMED methodology.

The optimal sequence for the manufacturing of the parts was obtained by solving the JSSP problem in the Lekin software. A multi-criteria AHP analysis is applied with the help of the Expert Choice software for the selection of the best algorithm.

The workload balancing in the assembly area achieves a reduction of 75.4 percent in the idle time, achieving a 32 percent increase in efficiency. The balancing rules in the POM-QM software are compared.

Finally, a VSM of the future state is designed to allow the continuous flow of materials by improving the current system of supermarkets and Kanban. The proposal achieves a 46.5 percent reduction in process lead time and a 55 percent increase in labor productivity.

Keywords: Lean Manufacturing, VSM, SMED, JSSP, AHP, Kanban

INTRODUCCIÓN

El cambio continuo de los mercados obliga a las organizaciones de todo el mundo a estar en una constante búsqueda de herramientas que brinden nuevas ventajas competitivas para afrontar los retos y mantenerse en el tiempo. El objetivo es encontrar soluciones que generen una mayor productividad y eficiencia [1].

La manufactura esbelta es un conjunto de “herramientas” que ayudan a identificar y eliminar desperdicios. Desde sus orígenes hasta la actualidad ha generado excelentes resultados para las organizaciones comprometidas con la mejora continua, permitiendo reducir costos de producción, inventarios, tiempos de entrega y mejorar la calidad [2].

La aplicación de las herramientas de manufactura esbelta es diferente en cada empresa y depende de las necesidades del proceso, por lo que no existe una “receta” para adaptar la metodología [1]. Si bien a nivel nacional se han desarrollado diversos trabajos de investigación respecto a implementar manufactura esbelta en entornos repetitivos, con grandes volúmenes de producción y un flujo lineal (Flow-Shop), existen muy pocos dirigidos a la producción tipo taller de trabajo (Job-Shop). Esta corresponde a ambientes fabriles compuestos por máquinas de propósito general agrupadas por función que procesan una amplia variedad de productos o piezas de un ensamble; cada una con secuencias de fabricación diferentes a través de las estaciones.

La división de armas de fuego y mecanizados de la empresa Santa Bárbara EP es un taller de trabajo que produce bajo pedido varias familias de productos (granadas, elementos de campaña, blindajes y armas de fuego). Actualmente la división enfrenta varios problemas relacionados a los 7 desperdicios que no le permiten alcanzar la eficiencia y producción deseada por la empresa.

El estudio presenta una propuesta para optimizar el proceso de fabricación de armas de fuego considerando la aplicación de herramientas de manufactura esbelta. La propuesta obedece a cuatro principios de la mejora continua: optimización de los recursos actuales, facilidad de implementación, mínima inversión y participación activa del personal.

A su vez, el estudio busca aportar un marco de referencia para la aplicación de herramientas de manufactura esbelta en los entornos de taller de trabajo.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN EL ÁREA DE FABRICACIÓN DE ARMAS DE FUEGO DE LA EMPRESA SANTA BÁRBARA EP MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA

1.2 Antecedentes Investigativos

1.2.1 Contextualización del problema

El sector industrial de la defensa es un área estratégica que contribuye con sus productos y servicios, a la capacidad defensiva de una nación contra amenazas, externas o internas, que comprometan la seguridad e impidan el desarrollo pacífico del país [3].

Santa Bárbara EP tiene como objetivo ser reconocido como único fabricante y proveedor de: armamento, munición y servicios logísticos en Ecuador [4]. No obstante, desde el fin del conflicto del Alto Cenepa en 1995, el impuesto a los consumos especiales ICE, en un 300% para productos de defensa en 2008 y su cambio de administración a empresa pública en 2012, ha hecho que la empresa se enfrente a varios inconvenientes económicos que la han mantenido en un déficit continuo y bajo constante evaluación del estado [5].

Actualmente, la empresa tiene el desafío de mejorar la eficiencia de sus procesos y alcanzar un superávit que le permita afrontar las pérdidas generadas en estos últimos años. Si bien Santa Bárbara ha entrado en un plan del gobierno para optimizar el gasto público y reducir el déficit fiscal, la empresa no recibe la ayuda necesaria por parte del estado, por lo que se autosustenta a través de sus distintas líneas de negocio que son: Armamento, Municiones y Metalmecánica [5].

Santa Bárbara EP hoy más que nunca se encuentra interesada en la búsqueda de métodos y herramientas de Manufactura Esbelta que le permitan optimizar los procesos, reducir sus desperdicios y aumentar su productividad en general. Si bien todas las divisiones de Santa Bárbara tienen distintas necesidades, es preocupación de gerencia actuar sobre el área más conflictiva respecto a la presencia de desperdicios.

La división de armas de fuego y mecanizados es un taller de trabajo que presenta varios problemas relacionados con los 7 desperdicios como son: retrasos en el tiempo de entrega a clientes internos y externos, demoras entre procesos, elevado porcentaje de mano de obra ociosa, exceso de transportes, ineficiente distribución de la carga de trabajo, materiales en proceso (WIP), elevado tiempo en la preparación de las máquinas (SET-UP) y secuencias de trabajo no estandarizadas lo que dificulta el proceso de mejora continua. Es por esto que Santa Bárbara EP considera necesario un estudio que proponga la aplicación de herramientas de manufactura esbelta enfocadas a optimizar los procesos de fabricación de armas de fuego.

1.2.2 Estado del arte

Las investigaciones iniciales desarrolladas en el IMVP (International Motor Vehicle Program) del MIT determinaron los fundamentos de la manufactura esbelta cuando, a finales de los setenta, lograron descubrir las diferencias entre la producción en masa de los Estados Unidos y el sistema de producción Toyota (Toyota Production System, TPSJ) del Japón [6]. Se determinó que la producción en masa se caracterizaba por sus altos volúmenes de producción, poca variedad, poca participación de los trabajadores y cero polivalencia, a diferencia del sistema de producción Toyota que está basado en el mejoramiento continuo de sus actividades, los sistemas a prueba de errores, los sistemas SMED, altos niveles de estandarización, participación de los trabajadores, pocos inventarios y controles de calidad en la fuente [6], [7]. Como resultado del estudio se especificaron las bases de lo que más tarde se denominaría Lean Manufacturing para el mundo occidental, y cuya filosofía ya era bastante clara en el mundo oriental [8].

La definición del término Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta) se ha usado como tal desde la década del noventa cuando Womack lo expuso en su libro “The

Machine that Changed the World” [9], [10]; sin embargo, según Womack existen antecedentes del concepto desde hace más de un siglo atrás.

En 1801 Samuel Colt (fabricante de revólveres) y Eli Whitney implementaron métodos de trabajo en base a piezas intercambiables para la producción de sus armas de fuego [10]. Estos métodos se basaban en la fabricación de los componentes conforme a tolerancias, calibres y plantillas. En consecuencia se logró eliminar los laboriosos ajustes manuales que hasta esa fecha eran imprescindibles para ensamblar un arma. A partir de ese momento, los escasos artesanos expertos en el montaje de armas serían sustituidos por trabajadores no cualificados que, con un mínimo entrenamiento, montarían las armas en serie [11].

A finales de los noventa se estableció una potente metodología, también desarrollada por Toyota, denominada VSM, Value Stream Mapping, que busca ampliar la perspectiva del Lean Manufacturing convencional y facilita su implantación en las organizaciones. El VSM se centra principalmente en la reducción del Lead time, la identificación de actividades que no agregan valor y en construir una visión industrial de la fábrica [11].

En 1930, después del planteamiento del “problema del viajante” TSP, inicia el estudio de los problemas de optimización combinatoria en el taller de trabajo, que a grandes rasgos busca la optimización de un proceso minimizando el makespan, tiempos de espera, atrasos y material en proceso (WIP). Las técnicas de solución para los JSSP (Job Shop Scheduling Problem) se han estado investigando hace más de 50 años, entre las cuales destacan múltiples algoritmos y heurísticas en el campo de la inteligencia artificial y la programación matemática, sentando las bases para lo que hoy conoce como Lean Scheduling [12].

El sistema de producción desarrollado por Taiichi Ohno se centra en lograr que quienes administran la producción trabajen de una manera sistémica, organizada e integra, aplicando técnicas de mejora continua en los procesos para disminuir y eliminar el desperdicio [7], [13].

Las organizaciones que han tenido éxito al aplicar sistemas de Lean Manufacturing tienen tres cosas en común: a) Una cuidadosa y bien diseñada red de cooperación entre

los integrantes de la organización; b) Continua capacitación de los trabajadores en aspectos técnicos y teóricos de mejoramiento; c) Aplicar la mejora continua en todos los procesos de la organización [13].

En lo que respecta a artículos científicos se han realizado diversas investigaciones acerca de la integración de Lean Manufacturing en los talleres de trabajo (Job shop).

En [14] se presenta la aplicación del algoritmo basado en teoría de redes PERT, que bajo un enfoque Lean, permitió programar la secuencia de tareas de un taller de trabajo encargado de la construcción de Tanques de Combate. Se expone que el área enfrentaba problemas relacionados a retrasos entre procesos, inventarios de trabajo en proceso, incertidumbre en los tiempos de entrega y elevados costos de producción. Las programaciones propuestas se simularon en el software Arena 10.0 y fueron comparadas con los métodos anteriores. El trabajo tuvo éxito en la reducción del tiempo de fabricación, el inventario en proceso (WIP), la utilización de espacios y la disminución de costos.

En [15] se expone que, si bien la teoría indica que la manufactura esbelta funciona mejor en configuraciones con un alto volumen de producción como líneas de ensamble de productos de consumo masivo, sería una equivocación pensar que por medio de una correcta adaptación, estrategia y planificación no puedan ser aplicadas en cualquier entorno de fabricación; incluyendo talleres de trabajo (Job Shop) como el de la planta de Douglas Electrical Components donde se tienen una mezcla de piezas muy alta y volúmenes de producción relativamente bajos.

En [16] se presenta el caso de estudio de un taller de trabajo donde se logra mejora de la productividad usando una combinación de herramientas Lean, la tecnología de grupos, un sistema mixto de programación (Scheduling Push-Pull), y un kanban genérico tomando en cuenta las limitaciones de la empresa; la cual enfrentó problemas en los plazos de entrega a clientes y costos elevados de material en proceso. Además, el artículo menciona que antes de diseñar un modelo óptimo es necesario eliminar los problemas raíz que limiten la eficiencia en general.

En [17] se estudia la aplicación de un sistema Kanban para controlar el flujo de materiales, la velocidad y el volumen de la producción en la fabricación de un

ensamble dentro de un taller de trabajo, en función de la demanda. Esta adaptación fue probada mediante simulación y una posterior implementación en el taller de trabajo, demostrando un aumento real de rendimiento y una mejora de la productividad.

En [18] se habla de como si bien la manufactura esbelta es tradicionalmente enfocada a generar un flujo por pieza esta se puede aplicar desde la perspectiva de producción por lotes en un taller de trabajo. Se muestra el caso de Spancrete, un fabricante de productos de hormigón prefabricado del medio oeste de Estados Unidos, que ha logrado la implantación eficiente de herramientas Lean, específicamente la aplicación del Mapa de flujo de valor (VSM) el cual ha permitido alcanzar mejora sustancial del rendimiento del taller de trabajo.

Si bien existe muy poca información en estudios de pregrado acerca de empresas relacionadas al sector industrial de defensa o talleres de trabajo (Job-Shop) que hayan implementado Lean Manufacturing, se ha tomado como marco de referencia, a los proyectos de investigación donde empresas que operan bajo pedido y por lotes han conseguido una optimización de sus procesos mediante herramientas Lean.

En [19] el VSM de la situación inicial aplicado en una línea de producción de municiones 9x19MM de una fábrica de armas y municiones permitió calcular los indicadores de eficiencia general de los equipos (OEE), facilitando un análisis crítico de los problemas identificados, y de esta forma seleccionando las herramientas de Lean Manufacturing adecuadas para abordar los problemas y llegar a una propuesta de solución óptima. La empresa logro incrementar el indicador de eficiencia general de los equipos (OEE) de 64.54% a 74.68%.

Según [20] Lean Manufacturing posee diversas herramientas de ayuda especializadas para el mejoramiento y optimización de procesos en diferentes ámbitos, de forma que no se puede aplicar todas las herramientas a la totalidad de los procesos pues cada uno necesita de una propuesta de solución específica. Para los focos de mejora detectados en los procesos en una empresa de fabricación de motocicletas se han aplicado las herramientas 5S, Kanban, Kaizen, Capacitaciones y SMED obteniendo como resultados una reducción del 40% del costo de mantenimiento, crecimiento del 10% de la fiabilidad del equipo, reducción de tiempos de montaje, disminución de piezas

defectuosas, aumento de ventas y en consecuencia un incremento general de la competitividad.

Según [21] el retraso excesivo en los tiempos es consecuencia del desorden en los puestos de trabajo y objetos innecesarios en el área de producción los cuales afectan a la fabricación del producto, la implementación de Lean Manufacturing en una empresa productora de calzado disminuyó considerablemente los productos defectuosos, pérdida de tiempos y reproceso logrando un aumento considerable en la calidad del producto del 44% respecto al cumplimiento de sus especificaciones técnicas.

En [22] se realiza un estudio en la planta de sanitarios de Franz Viegner Ecuador que determina el beneficio de aplicar las herramientas de manufactura esbelta en los procesos productivos y el plan de mejora continua. Una vez identificada la cadena de valor y los problemas existentes, se procedió a encontrar la causa raíz por medio de diagramas de causa efecto. Se generó un plan de acción para cada uno seleccionando la herramienta de Lean Manufacturing más adecuada. Entre las principales herramientas que se aplicaron se encuentran Kaizen, 5's y DMAIC. Se usaron indicadores específicos para medir el impacto de los planes de mejora obteniendo tendencias crecientes en lo que respecta a calidad y eficiencia. El periodo para realizar el análisis de resultados fue de un año. Seis meses después de la implantación de las mejoras los indicadores de calidad mejoraron en 15 puntos porcentuales, alcanzando un 70% de mejora en los indicadores de calidad, la eficiencia mejoro en 30 puntos, llegando a un 74% de mejora en eficiencia. Con esto queda claro que la implantación de herramientas de manufactura esbelta realmente ayudo a la disminución de desperdicios y por ende a la mejora de la productividad.

En [23] se presenta el uso de un algoritmo genérico para la secuenciación de trabajos de mecanizado de partes, en la empresa de equipos agrícolas TECNOMEC S.A. El estudio se enfoca en la disminución de los tiempos muertos, y actividades que no agregan valor en un taller con (n) trabajos y (m) máquinas permitiendo una reducción del tiempo de completamiento de todas las tareas (Makespan) y generando un impacto directo en la disminución de horas extra, evitando la adquisición de nuevos equipos para cumplir con la demanda, y reduciendo el consumo de herramientas entre cambios de referencia.

Cabe vez son más las empresas que buscan obtener beneficios por medio de optimización de sus procesos. La aplicación de las herramientas Lean en las empresas conduce a un ambiente de trabajo donde el desafío de los nuevos retos es bien recibido, y por lo tanto, a una organización que aprende a afrontar los problemas en lugar de esconderlos, que cada día es más eficaz en satisfacer a los clientes y más eficiente en realizar sus actividades minimizando los desperdicios [24].

1.2.3 Fundamentación teórica

Lean Manufacturing

La manufactura esbelta es una filosofía de trabajo que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios, definidos como toda actividad que usa más recursos de los que deberían. Lean identifica lo que no se debería estar haciendo puesto que no entrega valor al cliente y tiende a eliminarlo o disminuirlo. Para ello, emplea sistemáticamente un conjunto de técnicas que cubren gran parte de las áreas operativas de fabricación, organización de puestos, control de calidad, flujo de producción, mantenimiento y gestión de la cadena de suministro [25].

Desperdicios

Los despilfarros, desperdicios o mudas son todo aquello que no añade valor al producto o que no es esencial para fabricarlo. No se debe confundir desperdicio con lo necesario, es decir, cuando identificamos una operación o proceso como desperdicio, por no añadir valor, esto no implica su total eliminación. Cabe señalar que existen actividades necesarias para el sistema o proceso aunque no tengan un valor añadido. En este caso estos despilfarros deberán ser asumidos o reducidos lo máximo posible [25].

Existe 7+1 tipos de desperdicios:

- **Inventario**

Es considerado como la “raíz de todos los males” ya que esconde ineficiencias y problemas crónicos en el sistema de producción. Existen inventario de producto terminado he inventario en proceso (WIP). El hecho de que se acumule materiales, antes y después del proceso, indica que el flujo de producción no es óptimo [25].

- **Sobreproducción**

Consiste en fabricar más unidades o componentes de los estrictamente necesarios para cumplir la demanda o diseñar sistemas con más capacidad de la necesaria. Es un desperdicio crítico pues no incita a la mejora, pues da la impresión de que todo está funcionando correctamente, pero en realidad se está generando un consumo inútil de recursos materiales, transportes y espacio de almacenamiento [25].

- **Tiempo de espera**

Es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o un proceso ineficientes. Los procesos mal diseñados pueden provocar que unos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo, por lo cual es necesario encontrar métodos que permitan reducir o eliminar el tiempo perdido durante el proceso de fabricación [25].

- **Transportes**

Es el resultado del traslado innecesario de las personas y los materiales de un lado a otro, incluso cuando son distancias cortas. Las máquinas deben estar lo más cerca posible y dispuestas de forma que el material pueda fluir directamente desde una estación de trabajo a otra sin esperar colas de inventario [25].

- **Defectos**

Es el más común en la industria pese a que significa una gran pérdida de productividad ya que significa trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez. Un proceso debería estar diseñados a prueba de errores, para alcanzar la calidad exigida, eliminando la necesidad del repetir un trabajo o de inspecciones adicionales [25].

- **Movimientos Innecesarios**

Es cualquier acción que el operario realice que no agregue valor al producto como búsqueda de herramientas, resolución de documentos, preparación de materiales, etc. Son el producto de un método o flujo de trabajo poco eficiente, su presencia indica una disminución del tiempo productivo en una operación [25].

- **Sobre-procesamiento**

Consiste en realizar pasos innecesarios en el proceso de fabricación, es decir que prescindiendo de ellos es posible cumplir con los niveles de calidad requeridos por el cliente. La optimización del proceso y una revisión constante del mismo son necesario para identificar las partes que pueden ser eliminadas, necesario identificar el porqué del producto y evaluar si el proceso va acorde a esta necesidad [25].

- **Talento no utilizado**

Es el desaprovechamiento de la creatividad de los colaboradores de una organización para la resolución de problemas, entre más involucrado se encuentre un operario en su proceso más valiosas son sus ideas para lograr mejoras [25].

En un entorno Lean se busca la eliminación sistemática del desperdicios y todo aquello que resulte improductivo, esto se realiza atreves de los siguientes pasos que reciben el nombre de Hoshin (brújula) [25].

- Reconocer el desperdicio y el valor añadido dentro del proceso.
- Actuar para eliminar el desperdicio aplicando la técnica más adecuada.
- Estandarizar el trabajo con mayor carga de valor añadido.
- Volver a inicial el ciclo de mejora.

Hoshin

La idea del Hoshin “la brújula” es buscar, por tarde de todo el personal; soluciones de aplicación inmediata tanto en la mejora y organización de los puestos de trabajo, como en las instalaciones y flujo de los materiales. La idea clave del éxito del sistema Lean es el involucramiento de todo el personal desde la dirección y terminando con los operarios [25].

Shojinka

Este término hace referencia al proceso de producción según la demanda real aumentando o disminuyendo el número de operarios. La idea busca que el personal tenga la capacidad de realizar diferentes actividades, pero sólo realice la que corresponda en el momento y circunstancia adecuados, en función de la demanda.

Herramientas y filosofía del sistema Lean

Lean es un sistema con muchas dimensiones que inciden especialmente en la eliminación de desperdicios. Tradicionalmente se han usado el esquema de la “Casa del Sistema de Producción Toyota” para ejemplificar la filosofía y herramientas de las que dispone Lean para su aplicación [25].

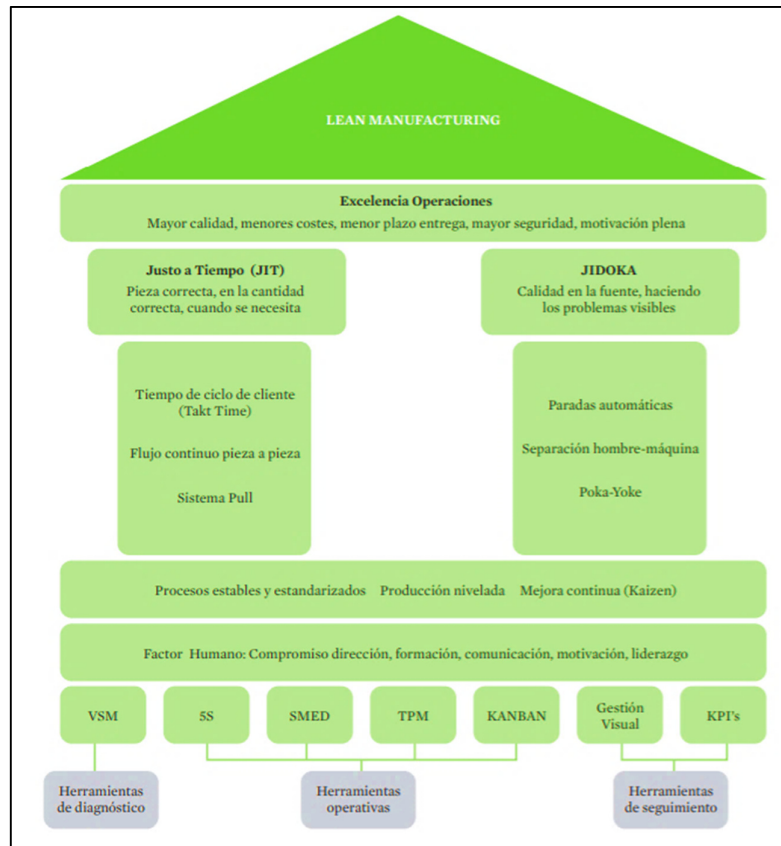


Figura N° 1: Casa del sistema de producción Toyota [25].

VSM

El mapa de la cadena de valor es un modelo gráfico que representa tanto el flujo de materiales como el de información desde el proveedor hasta el cliente. Consiste en plasmar, de manera sencilla, todas las actividades productivas para identificar la cadena de valor y detectar de manera general donde se producen los mayores desperdicios del proceso [25].

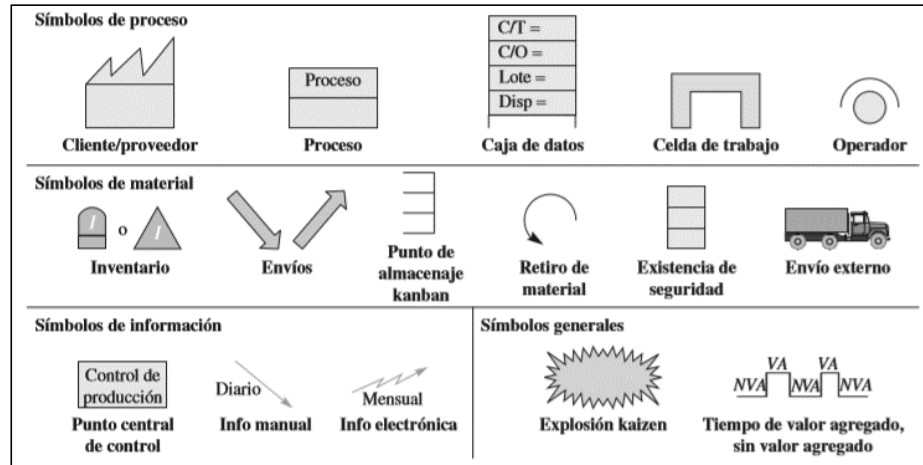


Figura N° 2: Símbolos del esquema de la cadena de valor [26].

El VSM se elabora para cada familia de productos, los datos deben ser tomados sobre el terreno reflejando la realidad del proceso y desconfiando de datos los provenientes del sistema de información. Un aspecto clave del VSM es recoger una línea de tiempos donde se determine las actividades con “VA” valor añadido y el resto de tiempos “NVA” de no valor añadido [25], [26].

Un VSM requiere de los siguientes indicadores del proceso:

- **Tiempo de Ciclo (C/T):** Es el tiempo que pasa entre la fabricación de una pieza a la siguiente.
- **Tiempo de preparación o cambio de modelo (C/O):** Es el tiempo que toma para cambiar un tipo de proceso a otro debido a las diferentes características del producto, también se lo conoce como Set-Up.
- **Número de personas (NP):** requeridas para realizar un proceso.
- **Tiempo disponible (Disp):** Es el tiempo con el que cuenta el personal para completar una tarea restando descansos y suplementos.
- **Plazo de entrega – Lead Time (LT):** Es el tiempo que se necesita para que una pieza o producto recorra toda la cadena de valor.
- **% del tiempo Funcionando (Up-Time):** Porcentaje de tiempo de utilización o funcionamiento de máquinas.
- **Cada pieza cada (CPC):** Es una medida del lote de producción, cada cuanto cambia el modelo [25].

Takt time

El tiempo Takt, “compás” por su traducción del alemán, permite sincronizar la producción con la demanda del cliente dando una referencia del ritmo al que debe adaptarse el sistema para cumplir con las expectativas [25]. Representa el tiempo en el cual debe producirse una unidad y se calcula según la formula (1).

$$\mathbf{Takt\ time} = \frac{\mathit{Tiempo\ disponible}}{\mathit{Demanda\ del\ cliente}} \quad (1)$$

Pitch

Muy rara vez los clientes solicitan un solo artículo y menos en un ambiente industrial donde se manejan cantidades que tienden a ser estandarizadas. Por lo cual el Takt time debe convertirse en una unidad que represente al lote de producción, esta unidad es el Pitch [25]. Se calcula según la formula (2).

$$\mathbf{Pitch} = \mathit{Takt\ time} \times \mathit{Piezas\ por\ lote} \quad (2)$$

Estandarización

La estandarización de los procesos es parte de los cimientos principales de la manufactura esbelta, sobre la cual deben fundamentarse el resto de técnicas. Una definición propuesta es la siguiente: “Los estándares son descripciones escritas y gráficas que nos ayudan a comprender las técnicas más eficaces y fiables de fabricación” [25]. La estandarización permite conocer de forma precisa la relación entre personas máquinas, materiales, métodos, mediciones e información, con el objetivo de obtener productos de calidad más rápido y barato.

Estandarizar es el punto de partida y la culminación de la mejora continua, además de probablemente ser la principal herramienta de éxito en un sistema Lean. Es un procesos de mejora continua que parte de una situación inicial y a partir de esta busca su mejora y optimización para, posteriormente, implantar el método que ha demostrado mayor eficacia. Este procesos se repite una y otra vez, y esto precisamente es el pensamiento Lean, “Un estándar se crea para mejorarlo” [25].

KAIZEN

Por su traducción del japonés “cambio para mejorar”, lo que se ha aceptado como “Proceso de Mejora Continua”. Consiste en la implementación de pequeñas mejoras con el potencial de mejorar la eficiencia de una operación, fomentando la participación activa del personal en la resolución de problemas [27], [28].

El método abarca tres componentes esenciales que son:

- **Percepción:** es el descubrimiento de los problemas.
- **Desarrollo de ideas:** consiste en hallar soluciones creativas al problema.
- **Tomar decisiones:** se implantan las soluciones y comprueba su efecto [27].

Si bien la búsqueda de mejoras requiere de una inversión de recursos, en muchas ocasiones no es imprescindible y basta con aprovechar y optimizar al máximo los recursos infravalorados como es el talento del recurso humano. Kaizen ofrece la posibilidad de aprovechar estos recursos y lograr la mejora continua con un mínimo de inversión [28].

Para la implementación de un proceso de mejora continua deben ser considerados cuatro principios fundamentales:

- **Optimización de los recursos actuales:** el primer paso para aplicar Kaizen consiste en un análisis profundo del grado de utilización de los recursos actuales a la par que se analiza si es posible optimizar su uso y funcionamiento.
- **Rapidez de implementación:** si las soluciones tienen un largo plazo de ejecución, no se está aplicando correctamente Kaizen. Una condición básica de esta herramienta es la minimización de los procesos de análisis y autorización de soluciones; en caso de tratarse de un problema sumamente complejo, este se divide en partes más sencillas.
- **Bajo costo:** se busca la mínima inversión, dejando de lado el uso intensivo de capital. Se centra en la creación de mecanismos de estímulo y participación.
- **Participación activa del personal:** es esencial que el personal se vincule a cada etapa de la mejora, incluyendo la planificación, análisis, ejecución y seguimiento [28].

Metodología Kaizen – Ciclo PDCA

La metodología necesita de compromiso de toda la organización y la asignación de un líder responsable que fomente la filosofía Lean [28]. Una vez logradas las bases es posible aplicar el ciclo Deming.

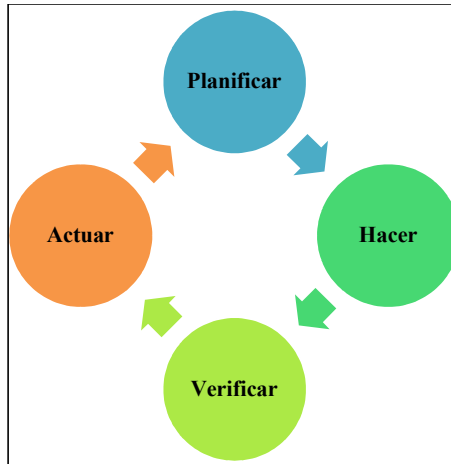


Figura N° 3: Ciclo Deming de la mejora continua [28]

- **Planificar**

En esta etapa se identifica la situación actual del proceso donde a partir de un análisis se determina el objeto de mejora, se explica el porqué de ésta y se definen los objetivos que se pretenden alcanzar.

- **Hacer**

Es el trabajo de campo, donde se desarrolla la propuesta de solución y se implementa rápidamente donde exista mayor prioridad.

- **Verificar**

Se compara los resultados obtenidos frente a la situación inicial, y comprobar si se han alcanzado los resultados previstos, caso contrario se regresa al trabajo de campo.

- **Actuar**

Una vez alcanzado los resultados esperados es necesario estandarizar las medidas correctivas, considerando que siempre existe la posibilidad de seguir mejorando, por lo tanto el ciclo puede iniciar nuevamente [28].

SMED

El SMED (Single Minute Exchange of Dies) es una metodología que buscan reducir el tiempo de preparación de la máquina entre cambios de referencia. Los tiempos de preparación no agregan ningún valor al producto por lo que es necesario minimizarlos. Para aplicar la metodología SMED es necesario un estudio detallado del proceso de preparación de forma que se puedan aplicar cambios específicos en la maquinaria, utillaje, herramientas e incluso un rediseño del propio producto [25][29].

La metodología es clara, fácil de aplicar y consigue resultados rápidos; generalmente sin una gran inversión de capital [25]. La aplicación del SMED tiene ventajas como:

- **Flexibilidad:** La empresa tiene la capacidad de satisfacer una demanda cambiante sin la necesidad de tener grandes Stocks, lo que reduce el capital inmovilizado.
- **Entregas a tiempo:** Los cambios rápidos permiten la fabricación de lotes pequeños lo que significa plazos de fabricación más cortos y un menor tiempo de espera para los clientes.
- **Mayor productividad:** Los tiempos de preparación más cortos reducen el tiempo de parada de los equipos, lo que aumenta las tasas de producción [29].

La aplicación de la metodología SMED consta de las siguientes fases:

- **Fase 0 - Observar:** Se estudia y comprende los procesos de cambio entre lotes de componentes, desde la última pieza del modelo A hasta la producción de la primera pieza buena del modelo B.
- **Fase 1 - Identificar:** Se separan las actividades internas, es decir aquellas que se realizan con la máquina detenida, de las externas que pueden realizarse con la máquina en marcha.
- **Fase 2 - Convertir:** Se reevalúan las actividades internas y de ser factible se transforman a externas.
- **Fase 3 - Optimizar:** Se mejoran las actividades internas de forma que se reduca el máximo el tiempo empleado, para ello se llevan a cabo operaciones en paralelo, aplicación de sistemas de fijación rápida, y anclajes funcionales.
- **Fase 4 - Estandarizar:** Se documenta el plan de acción y se inicia el proceso de la mejora continua [30].

KANBAN

Para sistemas de producción tipo taller (Job shop) con comportamiento no lineal en los procesos, se recomienda aplicar kanban exclusivamente en los niveles inferiores de producción (materias primas, piezas y en algunos subensamble y ensambles) en los cuáles exista similitud [31].

Kanban es un sistema que controla el flujo de los materiales a través de procesos con un flujo de trabajo por varias etapas. Normalmente se usa para controlar la producción en serie, sin embargo, algunos beneficios de Kanban se pueden lograr en entornos de taller de trabajo donde predominan los bajos volúmenes de producción [32].

Se aplica entre dos centros de trabajo un proveedor aguas arriba y un cliente aguas abajo. Cuando una única estación de trabajo alimenta a múltiples estaciones de trabajo aguas abajo existe oportunidad de aplicar el control Kanban [32].

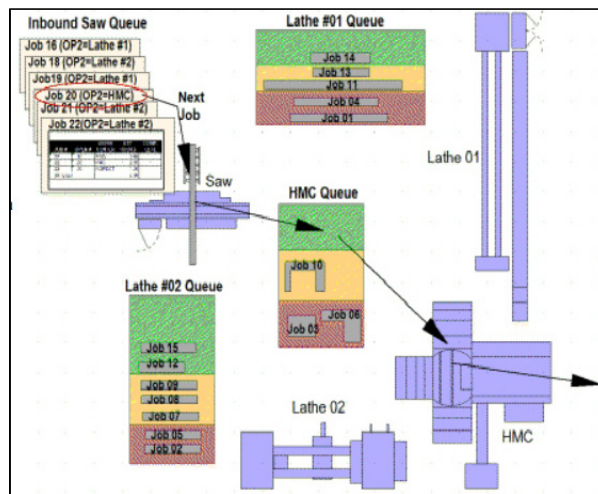


Figura N° 4: Kanban en un taller de trabajo [32].

Donde las Zonas coloreadas significan:

- **Zona Roja:** Producir esta parte ahora.
- **Zona Amarilla:** Prepárate para producir esta parte pronto.
- **Zona verde:** Producir esta parte si es conveniente “solo lo permitido” [32].

Cuando no es posible crear un flujo continuo de los materiales entre dos etapas, como es el caso de un taller de trabajo, una solución puede ser conectar ambos procesos mediante un sistema de supermercado y kanban [11].

Supermercado Kanban

Un supermercado se encarga de proveer material constantemente a un proceso aguas abajo y es alimentado por un proceso proveedor. El ciclo de consumo y fabricación se administra por medio de un sistema kanban [11].

En un supermercado debe haber en todo momento existencias de todas las piezas que consume el proceso cliente. Una vez que se retire los componentes se genera una señal de reabasteciendo que autorice la producción del nuevo lote en reposición de lo que se a consumido. El kanban de producción circula entre el supermercado de partes y el proceso proveedor [11].

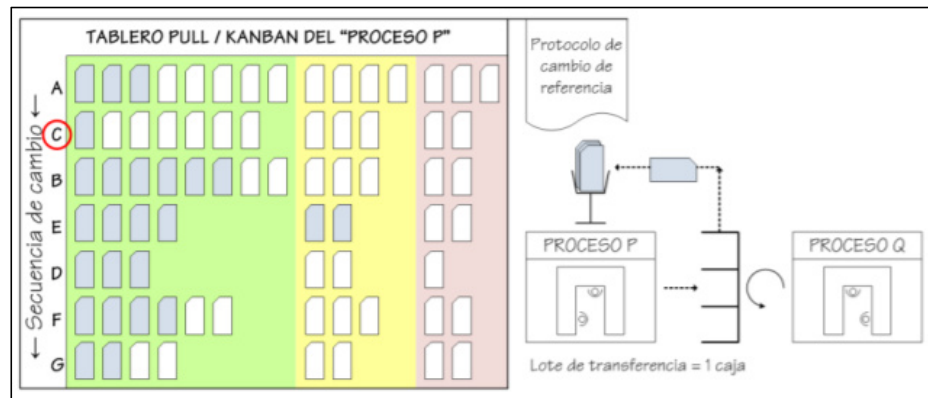


Figura N° 5: Tablero Kanban reposición y supermercado [11].

El tablero kanban en cada máquina consta de n filas de tarjetas, una para cada pieza, ordenadas según un protocolo de cambios de referencia. El número de posiciones en una fila es igual al número de tarjetas para cada pieza [11].

Un tablero funciona de la siguiente manera:

- Cada que el proceso cliente Q retire los componentes del supermercado, depositara una tarjeta Kanban de producción en el buzón del proceso P que fabrica las partes.
- Cada que se cumple un ciclo de producción de las referencias, el proceso P vacía el buzón y coloca los kanban en el tablero, en la fila que corresponde de izquierda a derecha.
- Se cambia la configuración del equipo según la secuencia de fabricación y se inicia la reposición del supermercado [11].

Tecnología de grupos TG

Es el proceso de reunir piezas con atributos similares para formar familias y procesarlos posteriormente. Es aplicable en procesos productivos que involucran una gran variedad de componentes que deben ser fabricados y ensamblados para formar un producto [33].

- **Familias**

Es un conjunto de piezas fabricadas por una empresa que pese a ser diferentes tienen similitudes o atributos en común. Las piezas que pertenecen a una misma familia pueden compartir atributos de fabricación o diseño como pueden ser: materiales, tipos, secuencias de operaciones, máquinas, tolerancias o series de fabricación [34].

- **Método PFA**

El análisis de flujo de producción (Production Flow Analysis), es un método de identificación de las familias de piezas y la creación de grupos de trabajo basado en el análisis de la secuencia de operaciones y la ruta de las piezas [34].

El método usa una matriz de doble entrada donde las columnas representan las máquinas, y las filas representan las piezas. La matriz indica que Máquinas herramientas requiere cada una de las piezas para ser fabricadas.

Machines (<i>j</i>)	Parts (<i>i</i>)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	1			1				1	
2					1				1
3			1		1				1
4		1				1			
5	1							1	
6			1						1
7		1				1	1		

Figura N° 6: Matriz Pieza-Máquina [35].

Para encontrar las familias es necesario ordenar las filas y columnas en orden decreciente, es decir, de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha hasta formar una diagonal.

Machines (j)	Parts (i)								
	C	E	I	A	D	H	F	G	B
3	1	1	1						
2		1	1						
6	1		1						
1				1	1	1			
5				1		1			
7							1	1	1
4							1		1

Figura N° 7: Ejemplo de matriz de agrupación [35].

Medición del trabajo

La razón principal de realizar la medición del trabajo es la de establecer tiempos que sirvan de modelo para el cumplimiento de una labor [26]. Estos estándares son necesarios por cuatro motivos:

- **Programar el trabajo y asignar una capacidad:** Todos los enfoques de programación de actividades requieren que se estime la cantidad de tiempo necesario para terminar el trabajo.
- **Ofrecer una base objetiva para medir el desempeño:** Los estándares permiten fijar incentivos en base a la calidad de los procesos y productos.
- **Presentar cotizaciones de contratos y evaluar los existentes:** Permite responder al “¿Podemos hacerlo?” y “¿Cómo vamos a hacerlo?”.
- **Proporcionar puntos de referencia para la mejora continua:** La tener una idea real de la mejora es necesario conocer la situación actual del proceso [26].

Estudio de tiempos

Un estudio de tiempos por lo general se realiza a través de un cronómetro o un video de la tarea. El trabajo debe ser dividido en acciones o elementos medibles, y se toma el tiempo de cada uno en forma individual [26]. Algunas reglas generales para la clasificación en elementos son:

- Definir cada elemento del trabajo de forma que dure poco tiempo, pero lo bastante para cronometrarlo y anotarlo.
- Si el operario trabaja con maquinaria que funciona por separado (es decir, si el operario desempeña una actividad y el equipo funciona de forma

independiente), dividir las acciones del operario y las del equipo en elementos diferentes.

- Definir las demoras del operario o del equipo en elementos separados [26].

Tamaño de la muestra

En un estudio de tiempos siempre existirá una cierta variación de lectura para cualquier elemento, aun cuando el trabajador no varié su trabajo. En un estudio es indispensable tomar en cuenta el número de ciclos u observaciones que se deben realizar antes de poder determinar el tiempo estándar de una operación, de esto depende el nivel de confianza del estudio [36].

Uno de los principales métodos para determinar el número de ciclos se basa en los criterios del *General Electric Company*, que establece una guía aproximada para determinar el número de ciclos de observación [37].

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Figura N° 8: Número recomendado de ciclos de observación [37].

Factor de desempeño

Permite determinar de manera clara y real el tiempo requerido para que un operario “normal” realice una determinada tarea después de registrar los valores del tiempo observado. El investigador califica la actuación del operario bajo sus propios conceptos, es decir, no hay forma de establecer un tiempo normal sin que entre en el proceso el juicio del analista de tiempos [36].

Uno de los sistemas de calificación más completos y utilizados por la mayor parte de los analistas es el *Sistema Westinghouse* (ver Figura N° 9). El sistema toma cuatro factores para calificar al operario, estos son:

- **Habilidad:** representa la destreza que demuestre el operario en un determinado trabajo, ya sea manual o mental.
- **Esfuerzo:** representa la voluntad para trabajar de manera eficiente.
- **Condiciones:** representa los factores que afectan al operario y no a la operación (luz, Temperatura, ruido, etc.)
- **Consistencia:** representa la forma repetitiva de acción del operario en un determinado trabajo [36].

Habilidad			Esfuerzo		
+ 0.15	A1	Superhábil	+0.13	A1	Excesivo
+ 0.13	A2	Superhábil	+0.12	A1	Excesivo
+0.11	B1	Excelente	+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente	+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Bueno	+0.05	C1	Bueno
+0.03	C2	Bueno	+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio	0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Regular	-0.04	E1	Regular
-0.10	E2	Regular	-0.08	E2	Regular
-0.16	F1	Pobre	-0.12	F1	Pobre
-0.22	F2	Pobre	-0.17	F2	Pobre
Condiciones			Consistencia		
+0.06	A	Ideal	+0.04	A	Perfecta
+0.04	B	Excelente	+0.03	B	Excelente
+0.02	C	Buena	+0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio	0.00	D	Promedio
-0.03	E	Regular	-0.02	E	Regular
-0.07	F	Pobre	-0.04	F	Pobre

Figura N° 9: Sistema Westinghouse para valoración del ritmo de trabajo [36]

Suplementos

Incluso cuando se haya diseñado el método más eficiente para completar una tarea, está siempre va a exigir un esfuerzo por parte del operario, por lo que se debe compensar añadiendo un tiempo por fatiga, así como otro tiempo para ocuparse de sus necesidades personales y, de ser necesario, deben ser considerados tiempo especiales [38].

Existe un modelo básico para representar el cálculo de los suplementos, donde los suplementos por descanso son parte esencial del tiempo añadido al tiempo normal de una operación, mientras que los suplementos variables solo se aplican bajo ciertas condiciones [38]. Los valores de los suplementos constantes y variables se encuentran especificados en el **Anexo 1**.

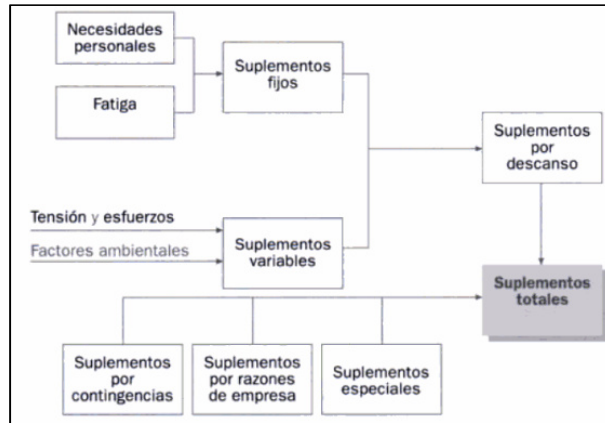


Figura N° 10: Modelo básico para el cálculo de suplementos [38].

Tiempo Normal

Una vez determinados el número de ciclos a ser medidos para la tarea se promedian los tiempos registrados por cada actividad. Se suman los promedios de cada elemento y de esta forma se obtiene el Tiempo Observado (T.O). Para que este tiempo sea aplicable a todos los trabajadores se debe considerar un Factor de desempeño (F.D), que será lo “normal” para el trabajo [26]. El (T.N) se calcula con la formula (3).

$$T.N = \text{Tiempo Observador} \times \text{Factor de desempeño} \quad (3)$$

Cuando se realiza el estudio de tiempos en un lote de productos el Tiempo normal para una unidad trabajada [26]. Se calcula mediante la fórmula (4).

$$T.N = \frac{\text{Tiempo trabajado}}{\text{Cantidad de unidades producidas}} \times \text{Factor de desempeño} \quad (4)$$

Tiempo Estándar

El tiempo estándar (T.E) se obtiene mediante la suma del tiempo normal más un tiempo de permisibilidad. Este se calcula en base a suplementos para las necesidades personales, demoras inevitables y fatiga del trabajador [26]. Se obtiene mediante la ecuación (5) ó la ecuación (6).

$$T.E = \text{Tiempo normal} + (\text{tolerancias} * \text{tiempo normal}) \quad (5)$$

ó

$$T.E = TN * (1 + \text{suplementos}) \quad (6)$$

Tiempo Total de operación

Es el tiempo completo de fabricación por unidad tomando en consideración el periodo de preparación de la máquina y el tamaño del lote a ser fabricado [39].

$$\text{Tiempo total de operación} = \frac{\text{Tiempo de preparación}}{\text{Tamaño lote}} + T.E \quad (7)$$

Distribución de las instalaciones

El patrón general del flujo del trabajo define un marco para describir las estrategias de distribución [26]. La relación entre estrategias se describe con una matriz de procesos y productos.

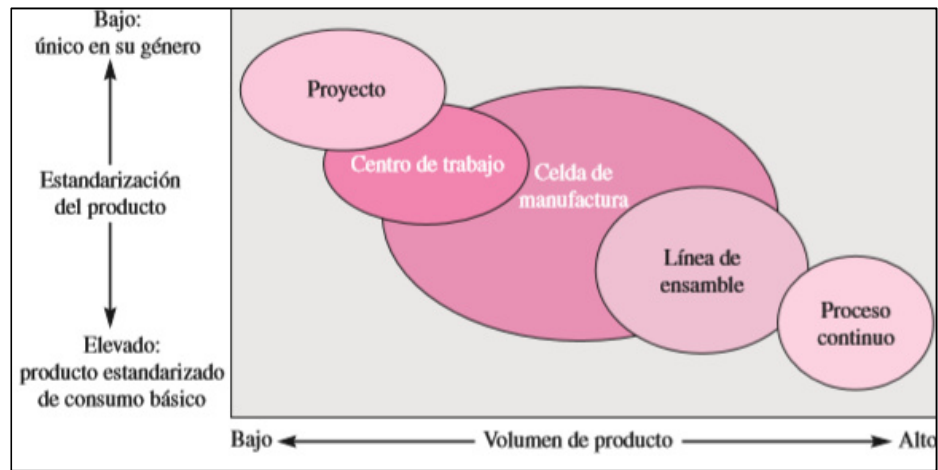


Figura N° 11: Marco para describir estrategias de distribución [26].

Se relacionan dos dimensiones, en el eje horizontal se presenta el volumen de productos fabricados en función de la demanda, es decir, la cantidad de productos que son producidos en un lapso de tiempo; en el eje vertical se presenta a la estandarización y se refiere a la variación entre referencias tomando en cuenta los atributos de fabricación o de diseño. Los productos estandarizados tienen muchas similitudes en los procesos de manufactura, mientras que los productos poco estandarizados requieren de varios procesos distintos.

Existen algunas estrategias de distribución para los procesos de producción (ver Tabla 1), que pueden ser: por procesos, por productos y por posición fija. Existen dos tipos de distribución híbrida, las celdas de manufactura y las distribuciones mixtas [26].

Tabla 1: Tipos de proceso de manufactura [26].

Tipo	Producto	Características
Proceso continuo	Compuestos químicos, alambre y cables, líquidos (cerveza, refrescos), alimentos enlatados	Automatización completa, poco contenido de mano de obra en costos de producción, instalaciones dedicadas a un producto
Manufactura de gran volumen	Automóviles, teléfonos, cierres, textiles, motores, electrodomésticos	Equipo automatizado, manejo automatizado parcial, movimiento por líneas de montaje, casi todo el equipo alineado, orientada al producto
Manufactura de volumen medio	Piezas industriales, productos de consumo	Células TG, mini fábricas dedicadas
Taller de trabajo volumen bajo	Equipo a la medida o bajo pedido, prototipos, instrumentos especializados, productos industriales de bajo volumen, productos controlados	Centros de maquinado organizados por proceso, mucho contenido de mano de obra en el costo del producto, maquinaria de propósito general con significativo tiempo de cambio de SET-UP, poca automatización del manejo de material, gran variedad de productos o piezas de un ensamble.

Taller de trabajo (Job shop)

También conocido como distribución por procesos o centro de trabajo. Agrupa funciones o equipamientos similares, por donde la pieza o familia de piezas avanzan en una secuencia preestablecida, sin necesariamente ser la misma secuencia para todas las piezas [26]. Se opta por esta estrategia de distribución cuando la producción se organiza por lotes, como se indica en la Figura N°11.

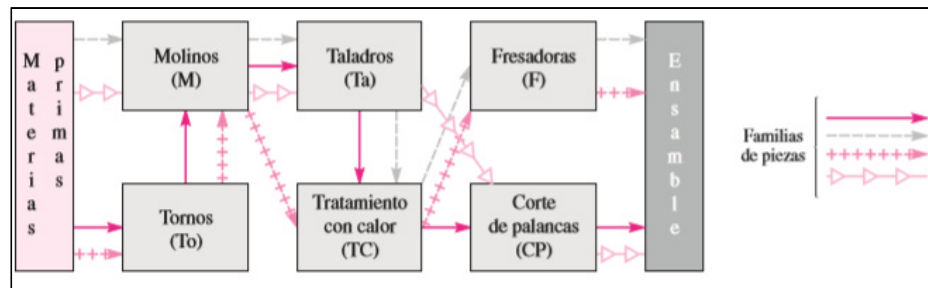


Figura N° 12: Distribución de un centro de trabajo [26].

- **Entornos de fabricación en centros de trabajo**

El entorno de fabricación describe el tipo de ruta que siguen los trabajos a lo largo de un taller, así como las etapas de la que está compuesto dicho taller [40].

Se distinguen las siguientes rutas:

- Misma ruta de fabricación para todos los trabajos.
- Diferentes rutas de fabricación para todos los trabajos.
- Ruta libre para todos los trabajos [40].

Respecto a etapas se distinguen:

- Etapa con única máquina.
- Etapa con varias máquinas.
- Varias etapas con única máquina.
- Varias etapas con varias máquinas [40].

De forma que el cruce entre ruta y etapa describe los distintos entornos de fabricación (ver Figura N°13) entre los que tenemos:

- **Single machine:** Una etapa con una máquina. Una ruta no aplica en este entorno.
- **Parallel machines:** Una etapa con varias máquinas que pueden realizar la misma operación. Una ruta no aplica en este entorno.
- **Flow Shop:** Varias etapas con una máquina en cada una, y la misma ruta de fabricación para todos los trabajos.
- **Hybrid Flow Shop:** Varias etapas con varias máquinas en cada una, y la misma ruta de fabricación para todos los trabajos.
- **Job Shop:** Varias etapas con una máquina en cada una, y diferente ruta de fabricación para todos los trabajos.
- **Flexible Job Shop:** Varias etapas con varias máquinas en cada una, y diferente ruta de fabricación para todos los trabajos.
- **Open Shop:** Varias etapas con una máquina en cada una, y ruta libre de fabricación.
- **Flexible Open Shop:** Varias etapas con varias máquinas en cada una, y ruta libre de fabricación [40].

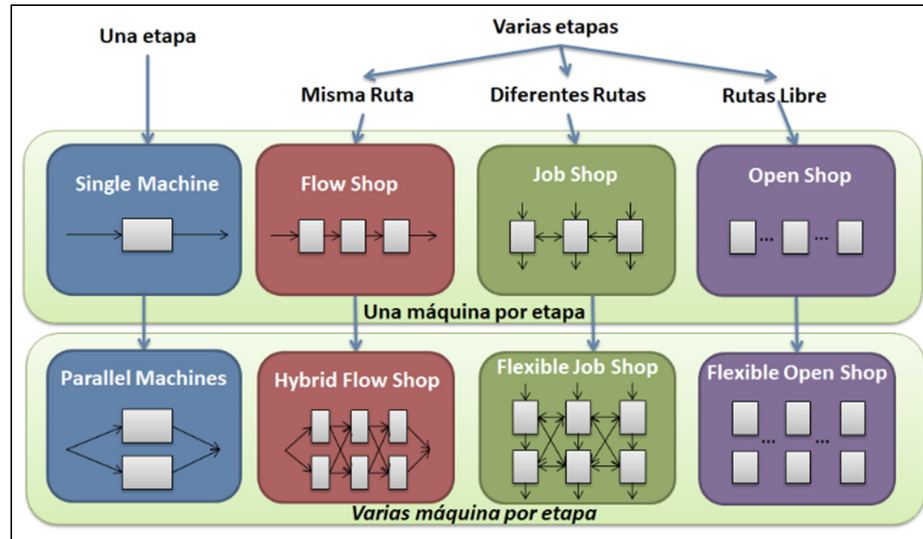


Figura N° 13: Resumen de los entornos de fabricación en centros de trabajo [40].

Análisis del flujo de materiales

El flujo de materiales representa los elementos que se van a mover dentro de la fábrica, ya sea materia prima, hombres, equipos o productos. Su análisis ayuda a plantear un panorama claro de los procesos productivos y facilita la implantación de metodologías LEAN que permitan la reducción del tiempo de ciclo; es decir, el tiempo total para la fabricación de los pedidos y la distribución del producto; estos métodos se enfocan en la reducción de los desperdicios a lo largo de la cadena de valor [41].

Los desperdicios, son cualquier operación que no añade valor durante el proceso de producción, como los almacenamientos, transportes, inspecciones, entre otros. Solamente añade valor el tiempo real de procesamiento en máquinas o en forma manual que dan forma al material. Por lo cual es importante describir el flujo de los materiales a detalle [41].

- **Diagrama de recorrido**

Permite representar los pasos y el flujo que sigue el proceso directamente sobre el Layout del plantel desde inicio del proceso hasta que este finaliza, este diagrama brinda una visión clara de todo lo que está sucediendo en una determinada área y, además, el método que se está utilizando [36].

- **Diagrama de operaciones de proceso**

Representa gráficamente un cuadro general de cómo están distribuidas las etapas o procesos de cada elemento de un ensamble (ver Figura N° 14), considerando únicamente lo que respecta a operaciones e inspecciones. Se prioriza la pieza principal del ensamble sobre la cual se montan la mayoría de componentes [36].

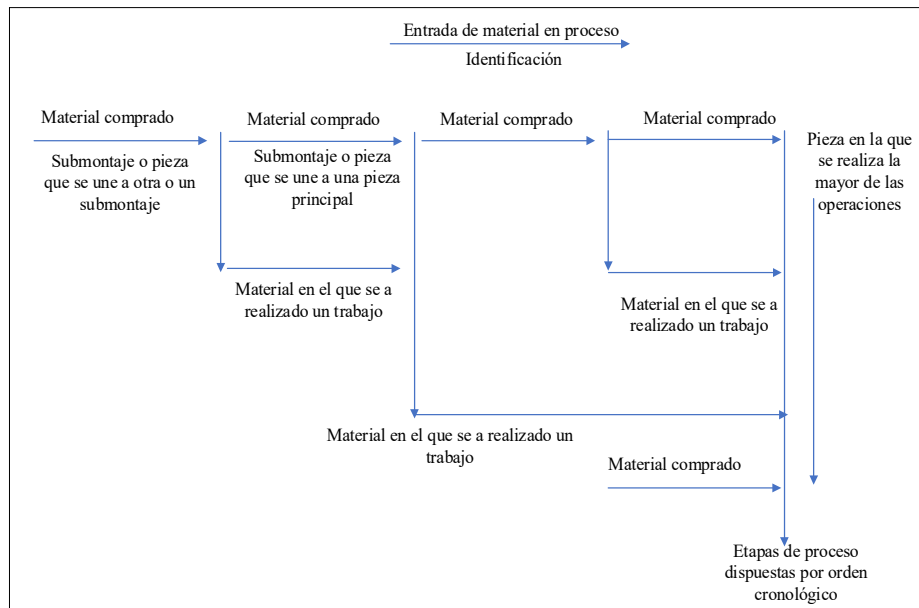


Figura N° 14: Secuencia de elaboración del diagrama de operaciones [37].

- **Diagrama de Gozinto**

Una gráfica de ensamble o de Gozinto utiliza la información del plano del producto y define, entre otras cosas, cómo debe armarse, los sub-ensambles que posee y en general un listado de los componentes [26], [41].

- **Diagrama Hombre – Máquina**

Este diagrama se utiliza para representar el trabajo coordinado y tiempo de espera de uno o más hombres o una combinación entre máquinas y hombres. Se muestra separadamente el tiempo de operación de la máquina y el tiempo del operario así como su relación con las operaciones. Este diagrama permite describir dos o más secuencias simultáneas en una misma escala de tiempos. El propósito del diagrama es el de disponer la secuencia de operaciones de los recursos para obtener un tiempo óptimo en cada proceso productivo [36].

Programas de producción esbelta

Una producción esbelta requiere un programa estable y estandarizado. Un programa eficiente entrega materiales a una línea de ensamble de manera uniforme para que los diversos elementos de un producto respondan a las señales de demanda. La congelación de ventana es el periodo de tiempo en el cual se fija el programa de producción de los componentes y no es posible realizar más cambios. Aquí entra el concepto de contraflujo donde las piezas que entran en cada unidad del producto se retiran periódicamente del inventario y se les considera según el número de unidades producidas en cada lote [26].

Optimización combinatoria

Es una rama de la matemática discreta orientada a la resolución de problemas de la vida real que involucren hallar el óptimo de una función objetivo en un conjunto discreto. Se centra en hallar métodos que permitan una resolución efectiva [42].

- **Programación de tareas - Scheduling**

Se entiende por programación de tareas a una gran variedad de problemas de optimización combinatoria, distintos entre sí en complejidad y estructura [42]. El problema de la programación de tareas consiste en determinar el orden o la secuencia en que las máquinas procesarán los trabajos para optimizar el rendimiento [43].

- **Programación de tareas en un taller de trabajo**

En los problemas JSSP (Job Shop Scheduling Problem), sea (M) un conjunto de máquinas, (J) un conjunto de trabajos (piezas de un ensamble) y (O) un conjunto de operaciones. Para cada operación (O) se tiene ligados un trabajo (J) y una máquina (M) en la que debe realizarse consumiendo un tiempo (T) ininterrumpido y positivo. Además, es dada una relación de precedencia binaria (P) que descompone (O) en cadenas; una para cada trabajo [42]. Encontrar un tiempo de comienzo t_i para cada operación $i \in O$ tal que se minimiza el Makespan, sujeto a las siguientes restricciones:

- Ninguna máquina está disponible antes del instante 0 (Inicio del proceso).
- Las operaciones de un trabajo obedecen a una precedencia (P). Esta relación refleja el hecho de que un trabajo se compone de operaciones que tienen que

efectuarse en un orden preciso y no en otro. Tal que, si i antecede a j entonces j no puede comenzar antes que i finalice.

- Ninguna máquina puede procesar dos operaciones al mismo tiempo [42].

El hecho de que ninguna máquina pueda realizar más de una operación a la vez, precisa fijar una secuencia para procesar las operaciones correspondientes a una misma máquina. Es decir, el programa debe imponer un orden entre las operaciones que se efectúen en la misma máquina, quedando determinadas una secuencia de operaciones para cada una de las (M) máquinas [42].

Elementos de problemas de programación JSSP

La aplicación de técnicas de Scheduling, indica la presencia de elementos particulares que se agregan al problema. Estos elementos reflejan distintas necesidades o circunstancias específicas que detallan el problema a resolver [42].

- **Programa (schedule):** Es una asignación que fija a cada operación un intervalo de tiempo para ser efectuada.
- **Intervalo operativo (makespan):** Es el período de tiempo que abarca la completar la totalidad las operaciones en todas las tareas.
- **Relación de precedencia:** Indica el orden en que deben ser efectuadas las operaciones correspondientes a un mismo trabajo. Este orden queda determinado por el problema o, para él caso, la pieza a maquinar.
- **Fecha de disparo (release date) r_j :** Indica el instante de tiempo, a partir de un instante inicial 0, antes del cual no es posible comenzar el trabajo j . Por ejemplo, cuando la materia prima necesaria para realizar el trabajo j arriba dentro de tres días, el trabajo j no puede comenzarse hasta entonces.
- **Fecha de entrega (due date) d_j :** Indica el instante de tiempo, a partir de un instante inicial 0, antes del cual la ejecución del trabajo j debería estar terminada. El incumplimiento de la fecha de entrega genera retraso en la línea de producción, esperas, pérdida de confianza por parte del cliente, etc.).
- **Peso (weight) w_j :** Representa la importancia relativa de un trabajo j respecto del resto de trabajos.
- **Tiempo de procesamiento P_{ij} :** Es el tiempo de operación requerido por un trabajo j en una máquina m .

- **Tiempo de configuración (set-up) s_{ij} :** Esta característica indica que si se quiere pasar del trabajo i al trabajo j , entonces, entre estos dos trabajos, es necesario reconfigurar la máquina, lo cual requiere un tiempo de preparación.
- **Tiempo de completamiento C_j :** Es el instante en el cual la última operación de un trabajo j termina.
- **Tiempo de llegada (lateness o arrival) L_j :** Es la diferencia entre el tiempo de completamiento y la fecha de entrega. Si es positiva indica un retraso en la entrega del trabajo mientras que si es negativa un adelanto.
- **Tiempo de demora (tardiness) T_j :** Es el mismo que el tiempo de llegada cuando este es positivo, caso contrario es igual a 0 [42].

Objetivos de los problemas de programación

En cuanto a objetivos, la programación de tareas busca optimizar ciertos indicadores de los procesos de fabricación como son:

- Máximo tiempo de completamiento o Makespan (C_{max})
- Máximo tiempo de llegada (L_{max})
- Máximo tiempo de demora (T_{max})
- Tiempo de flujo total o Flow time (ΣC_j)
- Tiempo total de demora (ΣT_j)
- Número total de trabajos atrasados (ΣU_j)
- Tiempo de flujo ponderado total *Flow time* ($\Sigma w_j T_j$) [42].

Análisis y representación de un problema JSSP

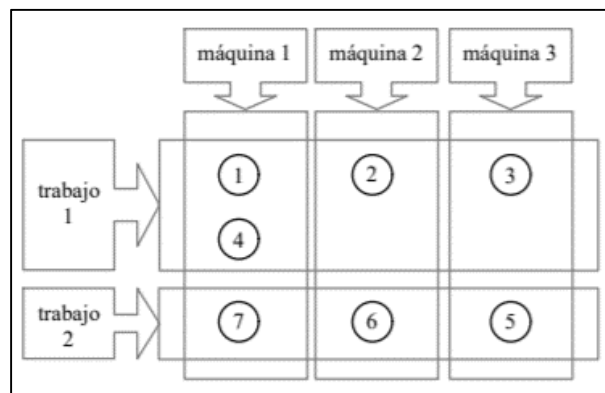


Figura N° 15: Ejemplo de un esquema de representación de un problema Job shop [42].

Los problemas de progresión se representan mediante grafos que indican la precedencia de las operaciones pertenecientes a un trabajo, es decir, un diagrama de precedencia. Este diagrama está formado por un N conjunto de nodos que vendría a ser cada operación y R conjunto de arcos, ramas o cadenas que representa la secuencia de un trabajo J . Además, cada rama tiene asociado un peso y una dirección [42].

- **Primer paso:** Para la representación se introducen dos operaciones ficticias (s) que será el inicio y (t) el final, bajo la consideración que no pertenecen a ninguna máquina y tienen un tiempo de ejecución asociado nulo [42].

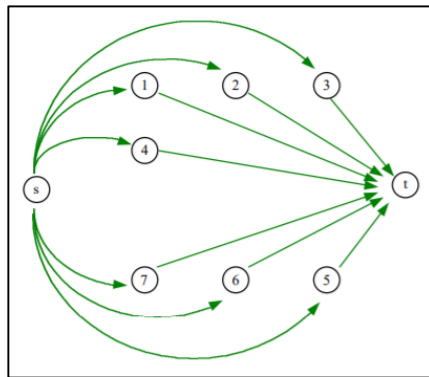


Figura N° 16: Consideración de las operaciones de inicio (s) y final (t) [42].

- **Segundo paso:** Se determinan el orden de elementos de cada operación dado por el trabajo. Entre cada par de operaciones de un trabajo en las que i preceda a j se incorpora una rama (i,j). Además como (s) es anterior a toda operación se incorpora una rama de forma que (s,i) y análogamente al nodo (t) [42].

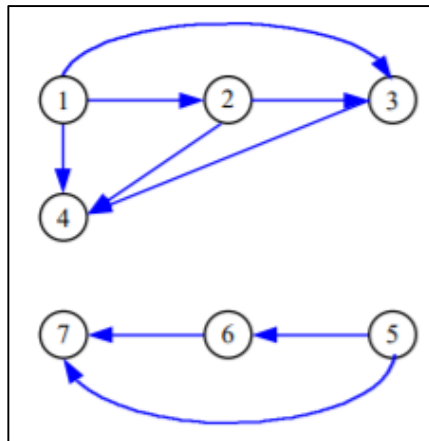


Figura N° 17: Diagrama de precedencia de las operaciones sin tomar en cuenta (s) y (t) [42].

- **Tercer paso:** Cada máquina precisa de un orden para efectuar las operaciones que puede realizar, asumiendo que la máquina no puede ejecutar operaciones de forma simultánea. Esta secuencia o permutaciones pueden ser elegidas entre muchas posibilidades, sin embargo no todas representan un resultado óptimo respecto a los objetivos de producción [42].

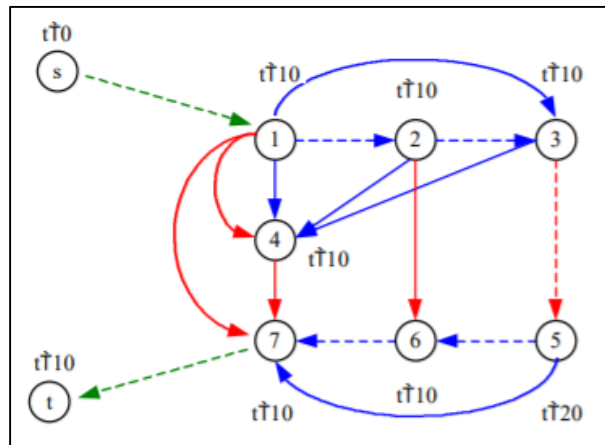


Figura N° 18: Diagrama de precedencia con pesos de operaciones y ruta crítica [42].

Dado un programa que ofrezca una solución factible, existe un lapso de tiempo para completar toda la producción, el makespan. Si tomamos como peso de cada rama (i,j) el valor de (p) entonces el makespan es igual a la longitud del camino más largo, es decir la ruta crítica (critical path). Existen muchos algoritmos que encuentran la ruta crítica de un grafo, ofreciendo múltiples opciones para encontrar un makespan, asociado a una secuencia factible arbitraria [42].

Se denomina camino entre (s) y (t) al conjunto ordenado de vértices que forma la secuencia de operaciones para completar un trabajo. Cabe destacar que el valor del peso (weight) o costo de este camino es igual a la suma de los pesos de cada rama siendo estos el tiempo necesario para completar una operación i. Además los pesos introducen la noción de prioridad de una tarea [42].

Teoría NP

Los problemas de optimización generalmente son clasificados desde un punto de vista de la complejidad. Un problema se cataloga como "inherentemente difícil" si su solución requiere de una cantidad significativa de recursos computacionales, sin importar el algoritmo utilizado [44].

- **La clase P**

Es el conjunto de aquellos problemas de decisión que pueden ser resueltos en una máquina determinista secuencial en un período de tiempo polinómico razonable en proporción a los datos de entrada. P suele ser la clase de problemas computacionales que son “eficientemente solucionables” o “tratables” [45].

- **La clase NP "tiempo polinomial no determinista"**

Es el conjunto de problemas que pueden ser resueltos en tiempo polinómico por una máquina de Turing no determinista. Un problema es NP si no es posible responder de forma precisa si una posible solución es realmente el óptimo o no. Por lo cual sus soluciones son llamadas cuasi-óptimas [45].

- **La clase NP-HARD**

Es una clase de problemas que son, "al menos tan complejos como los problemas más difíciles en NP". Un problema es NP-HARD cuando no admite soluciones exactas eficientes, es decir que no existen algoritmos polinomiales capaces de resolver esta clase de problemas [44], [45].

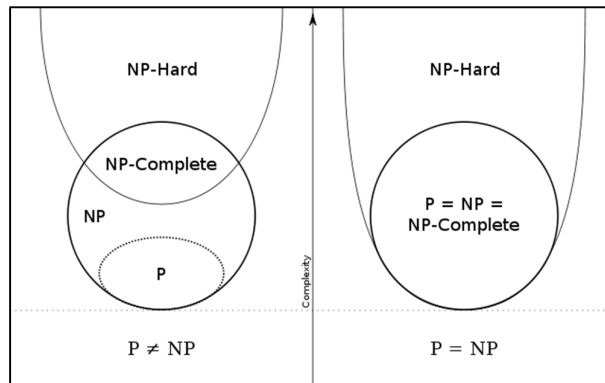


Figura N° 19: Diagrama de Euler de las familias de problemas [45].

Los JSSP resultan en problemas NP-HARD para escenarios con:

$$(M) \text{ Máquinas} \geq 3 \quad \text{ó} \quad (N) \text{ Trabajos} \geq 3$$

Algoritmos

En general, para poder resolver problemas no triviales de optimización combinatoria con un cierto grado de complejidad se debe recurrir a metodologías acordes que pueda computar la solución ha dicho problema. Para ello se aplica, con la ayuda de un ordenador, lo que se conoce como algoritmo [44].

Un algoritmo es un conjunto ordenado de operaciones sistemáticas, que permite efectuar un cálculo y hallar la solución de un problema. Dados un estado inicial y unos datos de entrada, siguiendo un serie de pasos sucesivos se llega a un estado final, que dependiendo la complejidad del problema puede ser o acercarse al óptimo [44].

Dado el caso de que en un problema, exista más de un algoritmo que le dé solución. La mejor elección será el algoritmo más eficiente, es decir, aquel que más se acerque al óptimo respecto al objetivo que se quiere alcanzar, además de los recursos de tiempo y espacio (memoria) que consuma [44].

- **Algoritmos exactos y heurísticos**

Para los problemas JSSP complejos, la eficiencia del algoritmo resulta más importante que su validez, por lo que se prioriza el tiempo de ejecución por sobre la obtención de la solución óptima. Normalmente de plantean algoritmos que intenten encontrar una solución factible lo más cercana posible al óptimo [44].

Algoritmos exactos:

Son aquellos para los cuales se tiene la certeza de que la solución devuelta es la solución óptima del problema. No tienen restricciones sobre su complejidad y generalmente son llamados de búsqueda exhaustiva o fuerza bruta [44].

Algoritmos heurísticos:

Son aquellos que encuentran una buena solución, es decir, una solución que puede ser aceptable según parámetros establecidos y cuya complejidad es polinomial, por lo que son considerados eficientes. No obstante, puede no ser realmente el óptimo. Los algoritmos heurísticos definen su comportamiento en base al conocimiento del problema y a la experiencia previa, son atajos a problemas complejos donde los métodos exactos son poco eficientes [44].

- **Reglas de prioridad para secuenciación de trabajos**

Debido a la dificultad para hallar una solución exacta, los primeros intentos de soluciones sobre los JSSP fueron lo que se conocen como heurísticas miope. Tienen la ventaja de que resultan muy rápidas y casi no consumen recursos. No obstante, estas reglas de prioridad suelen estar más alejadas del óptimo. Por lo tanto, se utilizan para obtener soluciones factibles rápidamente, que luego podrán usarse en algoritmos más elaborados para acercarse más a una solución óptima [44].

En los JSSP una heurística miope considera, algún objetivo a optimizar que permita establecer una jerarquía entre las operaciones de varios trabajos [44].

Las reglas de prioridad más conocidas y mayormente usadas son:

- **CR (Relación crítica):** el siguiente trabajo que se producirá, de entre los que están esperando, es aquel que tenga la relación crítica menor (tiempo de fecha de entrega dividido entre tiempo total de producción faltante).
- **EDD (Fecha de entrega más cercana):** el siguiente trabajo que se producirá, de entre los que están esperando, es el que tiene la fecha de entrega más próxima, ya sea al cliente o a otra área de la fábrica.
- **MS (Menor holgura):** el siguiente trabajo que se producirá, de entre los que están esperando, es el que tenga la menor holgura (tiempo de fecha de entrega menos tiempo total de producción faltante).
- **FCFS (Primeras llegadas, primeros servicios):** el siguiente trabajo que se producirá, de entre los que están esperando, es el que llego primero, es decir, primero en entrar, primero en salir.
- **LPT (Tiempo de procesamiento más largo):** el siguiente trabajo que se producirá, de entre los que están esperando, es aquel con el tiempo de procesamiento más largo.
- **SPT (Tiempo de procesamiento más breve):** el siguiente trabajo que se producirá, de entre los que están esperando, es aquel con el tiempo de procesamiento más corto.
- **ATCS (Costo de cambio menor):** en vista de que algunos trabajos siguen lógicamente a otros se busca la facilidad en los cambios (familias de piezas),

la secuencia de los trabajos a la espera se determina al analizar el costo total de hacer todos los cambios de máquina entre tareas.

- **WSPT (Tiempo de procesamiento ponderado más breve):** es una versión ponderada de SPT. Optimiza el tiempo de flujo ponderado total.
- **RND (Random o por capricho):** seleccionar una operación en forma aleatoria. Los operadores o supervisores escogen el trabajo que quieran ejecutar [46].

Cuello de botella móvil - SB

El CBM o Shifting Bottleneck, desarrollado por Adams, Balas y Zawack en 1989, es una de las heurísticas para programación de talleres más exitosa. Se basa en secuenciar una a una las máquinas del taller según su grado de criticidad respecto a la función objetivo. El algoritmo inicia con la determinación del cuello de botella inicial y establece una secuencia de trabajos óptima para esa máquina, se imponen nuevas restricciones que afectan la secuenciación de las máquinas restantes. Se determina la nueva máquina cuello de botella entre aquellas no secuenciadas y el proceso se repite hasta que no haya máquinas sin secuenciar [47].

- **Medidas de desempeño de las secuencias de mecanizado**

Para la selección del algoritmo, se consideran algunas medidas de desempeño que son de interés para el Jefe de producción de producción [12], [48]. Entre los cuales están:

- **Tiempo promedio en el sistema**

$$tps = \frac{\sum C_j}{n} \quad (8)$$

- **Tasa de utilización del equipo**

$$t.u = \frac{\bar{\sum} P_{ij}}{tps} \quad (9)$$

- **Inventario en proceso promedio – (Ley de Little)**

$$WIP = n \times \frac{tps}{C_{max}} \quad (10)$$

- **Retraso promedio**

$$r.p = \frac{\sum T_j}{n} \quad (11)$$

Donde:

C_{max} = Tiempo completamiento de todas las tareas

$\bar{\Sigma}P_{ij}$ = Tiempo promedio de procesamiento

ΣC_j = Tiempo de flujo total

ΣT_j = Tiempo total de demora

n = Número de trabajos

Toma de decisiones

Cuando se inicia un proceso de toma de decisiones o selección de alternativas, generalmente se tienen múltiples objetivos de interés, que se contraponen entre sí, complicando el proceso de selección y generando la necesidad de un método que permita comparar esos criterios frente a las alternativas a fin de alcanzar de manera óptima un objetivo global [49]. Una de estas herramientas, es el método AHP.

- **Método del proceso analítico jerárquico (AHP)**

Es un método de toma de decisiones multicriterio desarrollado en 1960 por Thomas Saaty, quien en base a su experiencia en el campo militar formuló el método AHP como herramienta para ayudar a la toma de decisiones [49].

Árbol de Jerarquías

Permite organizar del problema de forma gráfica descomponiendo la información y analizándola por partes. El árbol está compuesto por tres niveles: la meta global, los criterios de decisión y las alternativas. El método AHP consiste en segmentar el problema y luego unir cada solución en una conclusión general [50].

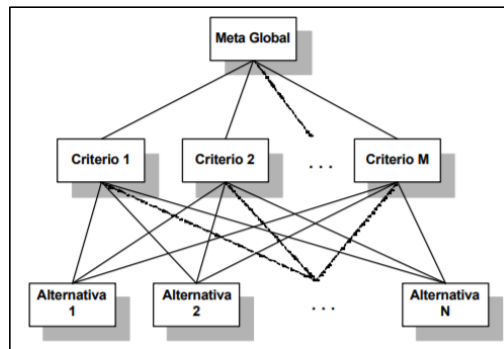


Figura N° 20: Árbol de Jerarquías [50].

Comparaciones pareadas

Son la base fundamental del método. El AHP utiliza comparaciones entre pares de elementos, para construir matrices a partir de estas comparaciones, y por medio de elementos del álgebra matricial, establecer prioridades entre los elementos de un nivel, respecto a un elemento del nivel superior como se indica en el árbol de jerarquías [50].

Para realizar la comparación entre elementos se utiliza la escala de comparación de Saaty (ver Tabla 2) que contiene valores de 1 a 9 para calificar la preferencia relativa.

Tabla 2: Escala de comparación de Thomas Saaty [50].

Preferencia	Calificación
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuertemente y extremadamente preferible	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible	4
Moderadamente preferible	3
Entre igualmente y moderadamente preferible	2
Igualmente, preferible	1

Las matrices pareadas contiene la comparación entre alternativas o criterios donde “ a_{ij} ” es el calificación de preferencia entre dos alternativas, dando como resultado una matriz recíproca. Cabe destacar que para que una matriz sea válida su índice de inconsistencia debe ser $\leq 10\%$ [50].

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \vdots & 1 \end{bmatrix}$$

Aplicación del método AHP

Se da una prioridad a cada criterio respecto a la meta global siguiendo el método de comparación pareada [50].

$$\begin{matrix} & \text{Meta} \\ & \text{global} \\ \text{Criterio 1} & \left[P'_1 \right] \\ \text{Criterio 2} & \left[P'_2 \right] \\ \dots & \dots \\ \text{Criterio m} & \left[P'_m \right] \end{matrix}$$

A continuación se determina la matriz de prioridades que indica la prioridad de cada alternativa respecto a los criterios de selección.

$$\begin{array}{l}
 \text{Alternativa 1} \\
 \text{Alternativa 2} \\
 \dots \\
 \text{Alternativa } m
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \overbrace{\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{bmatrix}}^{\text{Criterios}}
 \end{array}$$

La prioridad global de cada alternativa se resume en el vector columna producto de la matriz de prioridades con el vector de prioridades de cada criterio. Donde “ Pg_n ” es la prioridad de cada alternativa respecto al objetivo global [50].

$$\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix} P'_1 \\ P'_2 \\ \dots \\ P'_m \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix} Pg_1 \\ Pg_2 \\ \dots \\ Pg_n \end{bmatrix}$$

Balanceo de la carga de trabajo

El problema del balanceo de cargas o líneas de ensamble consiste en asignar todas las tareas a una serie de estaciones de forma que cada una de ellas reciba una carga uniforme de trabajo respecto a su tiempo de ciclo, procurando que su tiempo de ocio o tiempo no asignado sea el mínimo. Generalmente las tareas tienen una relación de precedencia es decir un orden de ejecución para realizar las tareas de ensamble [26].

Los pasos para el balanceo de cargas son:

- Especificar la secuencia de operación mediante un diagrama de precedencia
- Determinar el (TC) “tiempo de ciclo” de cada estación de trabajo.
- Determinar la cantidad mínima de estaciones de trabajo (K) que se requieren para cumplir el límite del tiempo de ciclo de las estaciones de trabajo (TC).
- Seleccionar una regla de prioridad para asignar tareas a las estaciones.
- Asignar las tareas de una en una en cada estación respetando la secuencia y las restricciones del tiempo de ciclo.
- Evaluar la eficiencia de balanceo.
- En caso de no resultar dentro del resultado previsto, se selecciona otra regla de asignación y se repite el proceso [26].

Las reglas heurísticas para el balanceo son:

- **Tiempo más largo para una tarea (Longest operation time):** de las tareas disponibles, elegir la que tenga el tiempo más largo.
- **Más tareas subsecuentes (Most followings tasks):** de las tareas disponibles, elegir la que más tareas tenga pendientes.
- **Ponderación de la posición (Ranked positional weight):** se suman los tiempos de las tareas subsecuentes y se selecciona el mayor o ruta crítica.
- **Tiempo más cortó para una tarea (Shortest operation time):** de las tareas disponibles, elegir la que posea el tiempo más corto.
- **Menor número de tareas subsecuentes (Fewest following tasks):** de las tareas disponibles, elegir la que menos tareas tenga pendientes [26].

Las fórmulas para el balanceo de cargas son:

- **Tiempo de ciclo**

$$TC = \frac{\text{Tiempo de disponible}}{\text{Unidades requeridas}} \quad (12)$$

- **Número de estaciones de trabajo**

$$K = \frac{\sum_{t=1}^n ti}{TC} \quad (13)$$

- **Tiempo Muerto – Ocio**

$$TM = K * TC - \sum_{t=1}^n ti \quad (14)$$

- **Eficiencia**

$$E = \frac{\sum_{t=1}^n ti}{K * TC} \times 100\% \quad (15)$$

- **Retraso del balance**

$$RB = 100\% - \text{Eficiencia} \quad (16)$$

- **Numero de operarios**

$$NO = \frac{\sum_{t=1}^n ti \times IP}{\text{Eficacia}} \quad (17)$$

Donde:

Eficacia = Capacidad de alcanzar las metas establacidas por la empresa

Eficiencia = Capacidad de lograr metas con la menor cantidad de recursos

IP = Capacidad requerida para cumplir con la demanda

$\sum ti$ = Suma de los tiempos de cada tarea por unidad.

LEKIN

Es un software de uso libre para la programación de tareas, desarrollado por la Universidad de Nueva York en 2001 y actualizado a su última versión en 2010. Lekin permite la simulación de talleres de trabajo Flow Shop y Job Shop, aplicando varios algoritmos de secuenciación de forma que sea posible comparar su efectividad respecto a diferentes objetivos [51].



Figura N° 21: Software LEKIN

EXPERT CHOICE

Es un software para el análisis, síntesis y justificación de toma de decisiones multicriterio. Expert Choice es una herramienta fácil de usar a la hora de aplicar el método del proceso analítico jerárquico AHP, incorpora interfaces gráficas de usuario intuitivas, cálculo automático de prioridades e inconsistencias y varias formas de procesar un análisis de sensibilidad [52].



Figura N° 22: Software Expert Choice

POM-QM

El software POM-QM (Production and Operations Management, Quantitative Methods) es una herramienta para la resolución de problemas de la gestión de la producción, métodos cuantitativos e investigación de operaciones [53].

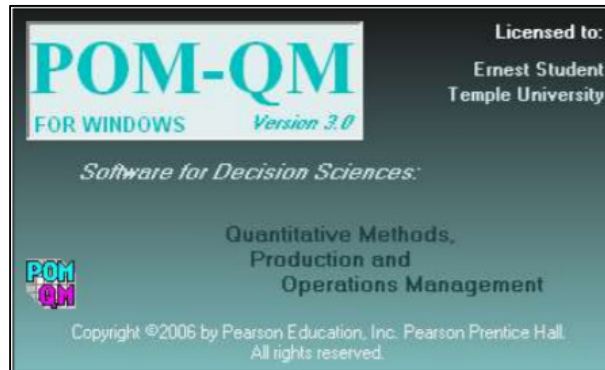


Figura N° 23: Software POM-QM

Módulo de balaceo de Líneas de ensamble

Este módulo del software POM-QM permite distribuir eficientemente el trabajo usando distintas reglas heurísticas para efectuar el balance en las estaciones, minimizando el tiempo no asignado y respetando la secuencia de ensamble [53].

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General:

Optimizar los procesos de fabricación de armas de fuego de la empresa Santa Bárbara EP mediante herramientas de Manufactura Esbelta.

1.3.2 Objetivos Específicos:


- Realizar un estudio de tiempos y movimientos en el proceso de fabricación de armas de fuego.
- Identificar los despilfarros mediante la técnica del Mapa del flujo de valor (VSM) de la situación actual en el área de fabricación de armas de fuego.
- Diseñar una propuesta de solución para las áreas de oportunidad detectadas considerando la aplicación de herramientas de Manufactura Esbelta.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Los materiales a utilizar para el desarrollo del proyecto de investigación y su función en cada etapa se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Listado de materiales empleados en la investigación.

Material	Figura	Utilidad
Cámara		Registro fotográfico y de video de las actividades, equipos y personal que permite identificar y describir los procesos de fabricación de armas de fuego.
Cronometro		Equipo para la toma del tiempo, con la capacidad de guardar las vueltas de un ciclo o los elementos de una actividad. De forma que facilite el método de cronometraje vuelta a cero.
AutoCAD 2015		Software usado para la elaboración del Layout de la planta y representación de los diagramas de recorrido para cada una de las familias de piezas.
Visio 2019		Software usado para la elaboración de diagramas del análisis del flujo de los materiales como: Diagramas de ensamble, Gozinto, Diagramas de precedencia y Diagramas de flujo del proceso.
LEKIN		Software usado para la secuenciación de tareas, donde se comparan los algoritmos heurísticos respecto a objetivos del proceso de fabricación de piezas.
Expert Choice V11		Software usado para la selección del algoritmo de secuenciación con mayor eficiencia respecto a múltiples criterios aplicando el método AHP.
POM-QM		Software para la resolución de problemas de investigación de operaciones. Mediante su módulo de balanceo de líneas se distribuye la carga de trabajo en el área de montaje de armas de fuego.

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de la investigación.

El presente estudio corresponde a la modalidad de investigación y desarrollo, puesto que busca emplear los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, en la creación de una estrategia que permita la optimización de procesos y reducción de desperdicios del área de fabricación de armas de fuego en la empresa Santa Bárbara EP. Sin dejar de lado las siguientes modalidades de investigación:

Investigación bibliográfica – documental.

Esta investigación es de carácter bibliográfica - documental; es decir, que tiene el objetivo de conocer, profundizar y comparar los conceptos y fundamentos teóricos encontrados en libros, páginas de la web, folletos, manuales, leyes y estudios previamente realizadas sobre el tema; estos medios sirven de sustento y permiten contextualizar varios criterios que serán puntos de referencia para la realización del presente proyecto de investigación.

Investigación de campo.

El presente estudio recolecta los datos dentro de las instalaciones de Santa Bárbara EP, esta modalidad de investigación permite efectuar un proceso de observación y análisis directo de los problemas. La investigación de campo es la manera más eficiente de familiarizarse con la realidad de la empresa, lo que permite plantear estrategias de optimización con un impacto real y que den cumplimiento a los objetivos planteados.

2.2.2 Población y muestra

Población

El proyecto se desarrolla dentro de la División de Armas y Mecanizados de la empresa Santa Bárbara EP, esta división cuenta con un total de 12 trabajadores como se indica en la Tabla 4. Dado que no supera el límite de 100 personas no es necesario obtener una muestra representativa, por lo tanto, el total de la población será considerada para esta investigación.

Tabla 4: Personal de la División de armas y mecanizados

Población	Elementos	Porcentaje
Jefe de producción	1	8%
Asistente técnico	1	8%
Supervisor área de mecanizado	1	8%
Supervisor área de montaje	1	8%
Operarios del área de mecanizado	3	25%
Operarios del área de montaje	5	42%
TOTAL	12	100%

2.2.3 Recolección de información

El levantamiento de los datos se realiza por medio de las técnicas de observación directa y entrevista.

Observación directa

Permite determinar que se hace, cuando se hace, como se hace, donde se hace, quien lo hace, porque se hace y cuánto tiempo toma. Se emplean las matrices de recolección de datos y las fichas de toma de tiempos como forma de tabular la información, facilitando la identificación de mudas y actividades improductivas.

Entrevista

Está dirigida al Jefe de producción y los Supervisores, mediante la cual se puede obtener datos de productividad, demanda, plazos de entrega, flujo de materiales y desperdicios. La entrevista permite recolectar información relevante de alguien que conoce de primera mano la situación actual de la empresa, de forma que se pueda contextualizar los problemas que enfrenta el área de fabricación de armas de fuego.

Los instrumentos usados para recolectar la información fueron:

- Guía de entrevista
- Matrices de Recolección de datos
- Cronómetro Digital
- Ficha de toma de tiempos

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de la información se realiza mediante la siguiente estrategia:

- Analizar la situación actual de la empresa respecto al proceso de fabricación de armas de fuego.
- Identificar las estaciones de trabajo, la distribución de la planta y el entorno de fabricación.
- Analizar el flujo de materiales.
- Realizar el levantamiento de los tiempos y movimientos.
- Filtrar los datos incompletos, poco relevantes o contradictorios.
- Tabular los datos con la ayuda de las herramientas de registro.
- Estudiar estadísticamente la información y destilar los resultados respecto a las variables de interés para el estudio
- Determinar las técnicas y herramientas de manufactura esbelta a emplear bajo el sustento del marco teórico.
- Proponer una estrategia de solución para las áreas de oportunidades detectadas.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

Levantamiento de la información del proceso.



Figura N° 24: Logotipo de Santa Bárbara EP.

Santa Bárbara EP es una empresa estratégica del sector industrial de la defensa en Ecuador, encargada de la fabricación y comercialización de: armamento, municiones, blindajes, protección antimotines y todo tipo de equipamiento para las fuerzas de seguridad pública. La empresa brinda, servicio de manteniendo y repotenciación en armamento, municiones y vehículos tácticos. En lo que respecta a su división Metalmecánica se encarga de la fabricación, instalación, manteniendo y comercialización de estructuras metálicas para uso militar, policial y civil.

Información general

- **Nombre de la empresa:** Santa Bárbara EP
- **Dirección:** Avenida General Rumiñahui 3976 y calle Ambato.
- **Ciudad:** Sangolquí – Ecuador
- **Teléfono:** (593-2) 2334148 – 2334149
- **Mail:** informativo@santabarbara.gob.ec

Misión.

Santa Bárbara EP es una empresa estratégica que fabrica armamento, municiones, estructuras metálicas y servicios logísticos para uso militar, policial, civil. Alineada al Ministerio de Defensa Nacional en coordinación con EMCO EP, para contribuir al desarrollo, defensa y seguridad nacional [4].

Visión.

Ser una empresa estratégica, reconocida como único fabricante, proveedor de armamento, munición y servicios logísticos en Ecuador. Apoyado en una División Metalmecánica para aportar al desarrollo de la Defensa y Seguridad Nacional [4].

- **Estructura Organizacional**

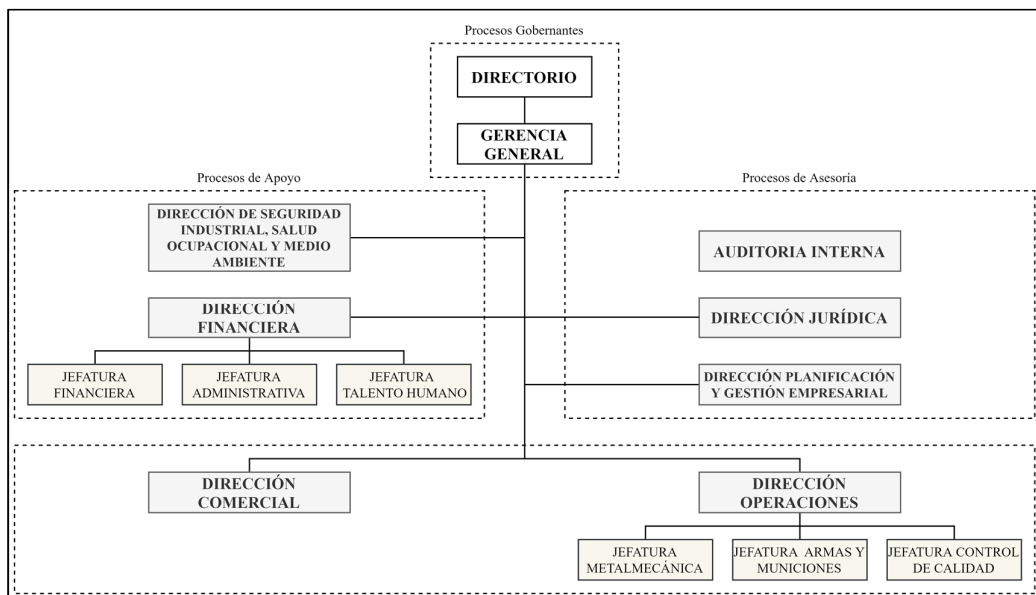


Figura N° 25: Estructura Organizacional de Santa Bárbara EP [4].

Valores.

- Honestidad
- Trabajo en equipo
- Transparencia
- Puntualidad
- Mejora continua

Líneas de Negocio de Santa Bárbara EP



Figura N° 26: Líneas de negocio de Santa Bárbara EP [4].

La empresa Santa Bárbara EP cuenta con dos líneas de negocios:

Unidad de negocios de Armas, Municiones, Blindajes

Se orienta a satisfacer las necesidades de productos para la seguridad y defensa de las Fuerzas Armadas, Policía Nacional, agencias de seguridad privada y clubes de tiro.

Unidad de negocios Industrial Metalmecánica

Se encarga de fabricar estructuras metálicas de puentes, estructuras modulares edificios, hangares, galpones y requerimientos de la industria petrolera, mediante una permanente vinculación con el sistema de compras públicas.

- **División de armas de fuego y mecanizados**

Se encarga de la fabricación, mantenimiento y repotenciación de armas de fuego de bajo, medio y alto calibre. Además, se encarga de producir componentes y piezas mecánicas bajo pedido. El área está compuesta por tres módulos que son:

Área de mecanizado convencional: se encarga de fabricar las piezas móviles del arma y preparar los tochos para maquinar piezas más complejas.

Área de mecanizado CNC: se encarga de maquinar las piezas complejas que exigen un alto grado de precisión.

Área de montaje: se encarga de ensamblar el producto, realizar las pruebas de calidad y darle los acabados.

- **Entorno del proceso de fabricación de armas de fuego y mecanizados**

La división funciona bajo una configuración de taller de trabajo tipo Job Shop agrupando los procesos y maquinarias por su función. Cada familia de productos, pasa por distintos procesos y rutas de fabricación. Se produce únicamente bajo pedido, por lo que no existe un stock de producto terminado, pero si un elevado inventario en proceso (WIP).

Cabe destacar que cada módulo del área está en la capacidad de recibir encargos ajenos a la fabricación de armas de fuego, por ejemplo, los módulos de maquinado pueden producir componentes mecánicos bajo pedido, elementos de campaña, repuestos para armamento, piñones, hélices o ejes para proyectos de la división metalmecánica. Por su parte el área de montaje puede recibir encargos de mantenimiento, reparación y repotenciación de todo tipo de armas, e incluso, brindar servicios de capacitación para armeros de las Fuerzas Armadas, Policía Nacional y Seguridad privada.

- **Proceso general para fabricación de armas de fuego**

Cada producto de la familia de armas de fuego tiene una ruta diferente a través de los módulos de producción; sin embargo, el proceso general es muy similar, como se representa en la Figura N°27. Se especifica los documentos asociados a cada uno de los procesos que van desde la recepción del pedido hasta el almacenamiento del producto terminado tomando en cuenta la estructura de la Figura N°25.

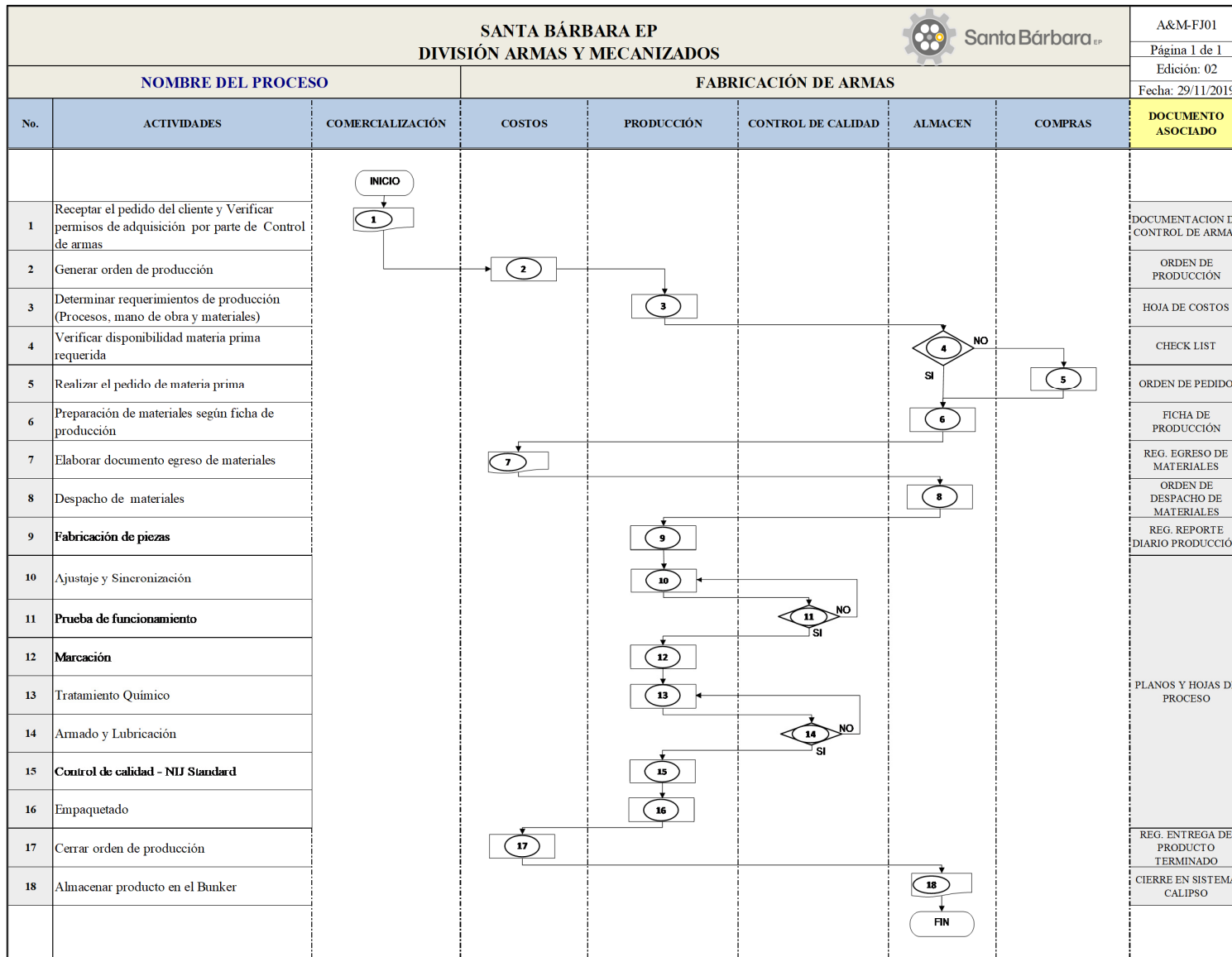


Figura N° 27: Proceso general de la fabricación de armas de fuego en Santa Bárbara EP



Figura N° 28: Instalaciones de la empresa Santa Bárbara EP

- **Productos de la división de armas y mecanizados**

La familia de armas de fuego de Santa Bárbara está compuesta por tres productos de fabricación propia. La Subametralladora PAME-SB Calibre 9mm y la Lanzadora de gases 37mm están diseñadas para el uso exclusivo de las Fuerzas Armadas y Policía Nacional. Solo el Revólver Calibre .38 ATI es comercializado a las empresas de Seguridad privada y es el producto más vendido actualmente.

Tabla 5: Características - Revólver Calibre .38 ATI


REVÓLVER CALIBRE .38 ATI	
	
CARACTERÍSTICAS	
Munición	.38 Especial
Capacidad del tambor	6 municiones
Modos de disparo	Simple acción / Doble acción
Acabados	Pavonado
Largo de cañón	4 pulg.
Longitud total	9.25 pulg.
Peso descargado	1.03 kg.
Peso cargado	1.113 kg.

Tabla 6: Características - Subametralladora PAME-SB Calibre 9mm.

SUBAMETRALLADORA PAME-SB CALIBRE 9mm.	
	
CARACTERÍSTICAS	
Munición	9mm. PARABELLUM

Capacidad del cargador	20 municiones
Cadencia de tiro	800 – 850 disp./min
Modos de disparo	Automático / Semiautomático
Largo de cañón	180 mm.
Longitud total	375 mm.
Peso descargado	2.0 kg.
Peso con cargador lleno	2.45 kg.

Tabla 7: Características - Lanzadora de gases 37mm

LANZADORA DE GASES 37mm.	
	
CARACTERÍSTICAS	
Munición	Cartucho 37/38mm.
Capacidad	1 cartucho
Modos de disparo	Simple acción
Alcance	Regulable de 100 a 200 metros
Largo de cañón	330 mm.
Longitud total	650 mm.
Peso descargado	3.30 kg.
Peso cargado	3.50 kg.

- **Análisis de alternativas**

Se realiza un análisis cuali-cuantitativo de los productos a fin de seleccionar la alternativa que ofrezca mayores oportunidades de mejora, y por ende, que genere un mayor beneficio a la empresa. El proceso de valoración se realiza en apoyo de un especialista que conozca a fondo las características de los productos y la realidad del proceso, en este caso, el Jefe de producción junto al armero supervisor del área de montaje.

Identificación de los criterios de decisión.

Se identifican 6 criterios para la selección del producto a ser estudiado:

- **PERIODO DE FABRICACIÓN:** Hace referencia al tiempo necesario para terminar un arma de fuego desde que se recibe la orden de producción hasta cuando es despachada al cliente. Este criterio busca identificar el producto que ocupa mayor tiempo en la línea de producción.
- **DEMANDA DEL PRODUCTO:** Es la media de productos que los clientes solicitan trimestralmente. Este criterio busca evidenciar la rentabilidad de cada producto de la familia de armas de fuego.
- **PROCESOS DE FABRICACIÓN:** Se refiere a lo amplio y complejo de los procesos que intervienen en la fabricación de una determina arma de fuego. Este criterio busca encontrar el producto con mayor número de oportunidades de mejora.
- **REPROCESO Y DEFECTUOSOS:** Se refiere a la cantidad de productos que presentan fallas en las pruebas de funcionamiento y calidad, ya sean fallas en la fabricación de las piezas o sincronización de los mecanismos, por lo que son reprocesados.
- **COSTO DE PRODUCCIÓN:** Es el valor invertido en recursos, materiales y mano de obra necesarios para la fabricación de un arma de fuego.
- **MARGEN DE UTILIDAD:** Es el valor resultante del precio de venta menos los costos de producción.

Ponderación de los criterios de decisión.

En la Tabla 8 se asigna un nivel de importancia a cada criterio, el valor más alto corresponde al criterio de mayor importancia y donde se considera que existen mayores oportunidades de mejora. Estos criterios fueron considerados y valorados por el Jefe de producción del área en asesoría del investigador.

Tabla 8: Ponderación de los criterios de decisión

CRITERIO	NIVEL DE IMPORTANCIA
PERIODO DE FABRICACIÓN	10
DEMANDA DEL PRODUCTO	9
COSTO DE PRODUCCIÓN	8
MARGEN DE UTILIDAD	7
PROCESOS DE FABRICACIÓN	6
CANTIDAD DE REPROCESO Y DEFECTUOSOS	5

Calificación de las alternativas en función de los criterios de decisión.

En la Tabla 9 se expone una la escala cuantitativa de calificación bajo la cual son evaluados los criterios de decisión.

Tabla 9: Escala de calificación

ESCALA DE CALIFICACIÓN	
Muy Alto	5
Alto	4
Promedio	3
Bajo	2
Muy Bajo	1

En la Tabla 10 se asigna una calificación a las alternativas en función de los criterios de decisión, esta valoración fue determinada por el experto en el proceso con la asesoría del investigador.

Tabla 10: Calificación de alternativas

CRITERIOS ALTERNATIVAS	Periodo de fabricación	Demanda	Procesos	Cantidad de reproceso y defectuosos	Costo de producción	Margen de utilidad
Revólver .38 ATI	4	5	4	5	4	3
Lanzadora de gases 37 mm	3	1	3	1	4	3
Sub Ametralladoras 9 mm	5	1	5	1	5	4

Selección de alternativas

En la Tabla 11 se evalúa las alternativas contra los criterios, multiplicando el nivel de importancia de cada criterio por la calificación asignada a cada alternativa (Tabla 10). Se suman las ponderaciones obtenidas por cada alternativa en los distintos criterios y se compara los índices de oportunidad de mejora.

Tabla 11: Análisis de alternativas

CRITERIO ALTERNATIVAS	Periodo de fabricación	Demanda	Procesos	Cantidad de reproceso y defectuosos	Costo de producción	Margen de utilidad	SUMA
Revólver calibre .38	40	45	24	25	32	21	187
Lanzadora de gases 37 mm	30	9	18	5	32	21	115
Sub Ametrallad ora 9 mm	50	9	30	5	40	28	162

De la suma de las ponderaciones en el análisis de alternativas se obtuvo que la mejor opción para aplicar las herramientas de Manufactura Esbelta corresponde al Revólver calibre .38. El análisis indica que posee la mayor cantidad de focos de mejora, por lo tanto, la optimización de sus procesos brindará más beneficios que el resto de productos de la familia.

- **Características del Revólver Calibre .38 ATI**

Es un arma de fuego corta, de repetición, acción manual y manejo individual, usado para la defensa inmediata, posee un sistema de recámaras múltiples giratorias que posicionan la munición, su uso puede ser en doble y en simple acción. El nombre ATI, es en honor a un guerrero nativo.

Tipos de funcionamiento del revólver

El revólver puede dispararse en 2 modos de uso:

- **Doble acción**

Para que se produzca el disparo, es necesario apretar el gatillo el cual hace girar al tambor de forma que se alinean la recámara y el cañón [54].

- **Simple acción**

Para que se produzca el disparo, es necesario llevar el martillo a su posición más atrasada de forma que el mecanismo hace girar al tambor alineando la recámara y el cañón [54].

Estructura del Revólver Calibre .38 ATI

El revólver está dividido en tres partes principales que son:

- **Cañón**

Es una pieza cilíndrica, con dos bocas; una anterior donde está ubicada la bocacha del arma y una boca posterior roscada que permite la sujeción del cañón al marco del arma.

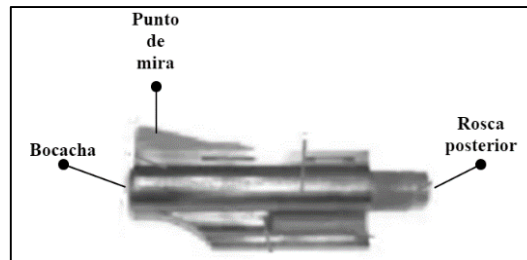


Figura N° 29: Cañón del revólver calibre .38

El interior del cañón de un revólver se encuentra estriado. El ánima es un rayado helicoidal en sentido dextrosum (de derecha a izquierda), cuya función es la de hacer girar al proyectil brindándole mayor estabilidad en el recorrido [54].

- **Dispositivo de carga y alimentación**

Consiste en un cilindro (Tambor) montado sobre el eje de un brazo basculante, que permite su apertura y cierre. Su función es realizar la carga de la munición y la posterior extracción de los casquillos. El tambor tiene una serie de perforaciones longitudinales y una central que viene a ser su eje de giro sobre el brazo, donde además se encuentra armado el mecanismo de extracción; el conjunto perforaciones radiales llamados recamaras cumplen la función de alojar la munición, cada recamara tiene un destaje posterior donde junto a las pestañas del extractor se apoyan los culotes.

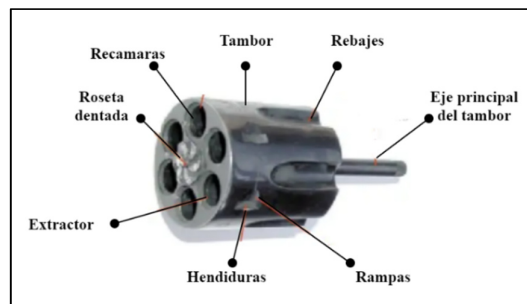


Figura N° 30: Sub ensamble mecanismo de extracción [54].

En su contorno el tambor consta de seis rebajes longitudinales que aligeran el peso y seis hendiduras que junto al seguro del tambor (Candado) permiten el bloqueo de las recamaras al momento de disparar. Al lado de a cada hendidura existe una rampa que facilita la apertura del tambor para su carga y descarga.

El extractor Estrella consta de una roseta dentada que en funcionamiento con el elevador, permite el giro sucesivo de las recámaras hasta su posición de disparo. Al retraer el eje principal del tambor se extraen simultáneamente todos los casquillos.

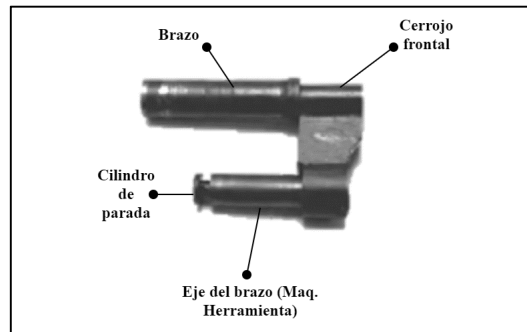


Figura N° 31: Sub ensamble brazo del arma [54].

El brazo tiene forma de “L” lo que permite el giro lateral del cilindro. Sobre el brazo está montado el tambor con su mecanismo de extracción, el mecanismo de apertura y cierre del cerrojo frontal y el cilindro de para del brazo.

- **Armazón**

La función del armazón o marco del arma, es la de ser el soporte de todos los componentes y mecanismos del arma.

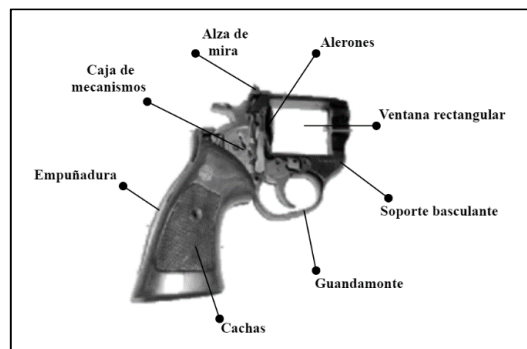


Figura N° 32: Marco del arma [54].

Mecanismos del Revólver Calibre .38 ATI

El revólver calibre .38 funciona mediante la sincronización de los siguientes mecanismos:

- **Mecanismo de carga y alimentación:** Se encarga de almacenar la munición y de ir alineando sucesivamente frente al cañón y percutor, las recamaras alimentadas con munición antes de que se efectúe el disparo.
- **Mecanismo de disparo:** Inicia el funcionamiento del mecanismo de percusión mediante la carga y liberación del muelle principal.
- **Mecanismo de percusión:** Se encarga de martillar la aguja del percutor, la cual activa el fulminante de la munición, dando inicio a la deflagración de la pólvora y consecuencia generando el disparo del proyectil.
- **Mecanismo de liberación:** Este mecanismo desbloquea el dispositivo de carga y alimentación, de forma que permite acceder a las recámaras del tambor mediante el movimiento basculante del brazo. A su vez este mecanismo bloquea el recorrido del martillo, evitando accionamientos involuntarios hasta que el arma sea cargada y el tambor regrese a su posición inicial.
- **Mecanismo de extracción:** Este mecanismo permite retirar de forma simultánea los casquillos de la munición una vez que sea percutida [54].



Figura N° 33: Caja de mecanismos del revólver calibre .38 ATI

Dentro de la caja de mecanismos están los mecanismos de liberación, disparo percusión, y alimentación. Una vez que se ajusta la tapa todos los mecanismos del arma funcionan a la par y de forma sincronizada para lograr disparos de forma consecutiva y sin atascos.

Piezas del Revólver Calibre .38 ATI

Para el estudio se ha tomado el último rediseño del Revólver calibre .38 ATI, cuyos componentes se listan a continuación en la Tabla 12.

Tabla 12: Lista de piezas del Revólver Calibre .38 ATI

Nº	PIEZA	CANTIDAD
1	Anillo separador del extractor	1
2	Armazón	1
3	Balancín del gatillo	1
4	Bloque de retroceso	1
5	Brazo del Tambor	1
6	Brazo del Tambor ensamble (MAQ-HERR)	1
7	Cacha	1
8	Cañón	1
9	Cerrojo frontal	1
10	Cilindro de parada del brazo	1
11	Cilindro de retención del brazo	1
12	Eje principal del tambor	1
13	Elevador ATI	1
14	Extractor (Estrella)	1
15	Fiador	1
16	Gatillo	1
17	Liberador del eje central	1
18	Martillo	1
19	Mira	1
20	Muelle cilíndrico de parada del brazo	1
21	Muelle del cerrojo frontal	1
22	Muelle del extractor	1
23	Muelle del fiador	1
24	Muelle del percutor	1
25	Muelle del pin central	1
26	Muelle del pin del liberador central	1
27	Muelle del recuperador	1
28	Muelle principal	1
29	Pasador principal	3
30	Pasador principal traba del tambor	1
31	Percutor	1
32	Pin central de la estrella	1
33	Pin central principal del martillo	1
34	Pin de retención del Tambor	1
35	Pin del cerrojo frontal	1
36	Pin del liberador central	1
37	Pin del tambor	2
38	Placa principal del muelle principal	1
39	Seguro de retención del percutor	1
40	Seguro del balancín	1
41	Seguro del fiador	1
42	Seguro del Pulgar	1
43	Seguro del tambor (Candado)	1
44	Tambor	1
45	Tapa lateral	1

- **Proceso general de fabricación del Revólver Calibre .38 ATI**

En la Figura N°34 se detalla mediante un diagrama de flujo las etapas para la fabricación del revólver ATI.

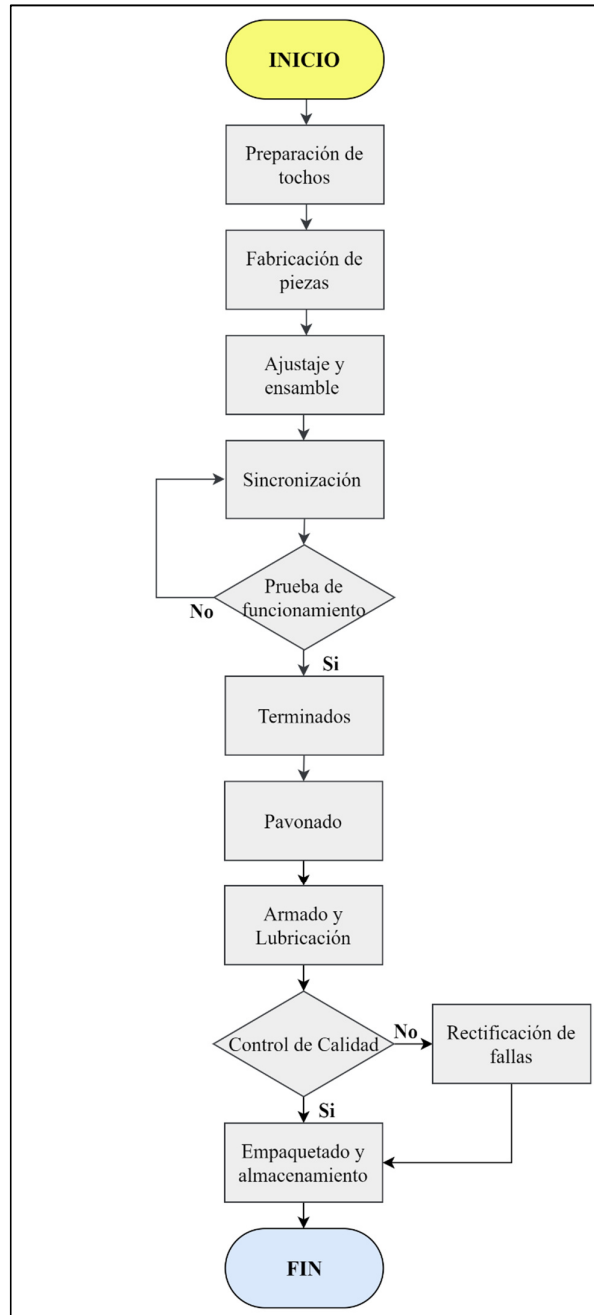


Figura N° 34: Etapas para la fabricación del revólver calibre .38 ATI

- **Descripción de las áreas de fabricación**

La división de armas y mecanizados es un taller de trabajo. Es decir, que su distribución de planta (Layout) se encuentra orientada a los procesos. La división busca obtener la máxima flexibilidad con maquinarias de uso general y trabajadores polivalentes altamente calificados. A continuación se describe cada una de las áreas y etapas para la fabricación del revólver ATI.

Área de mecanizado convencional

En esta área se fabrican todas las piezas que conforman el revólver excepto los muelles, pines y las piezas demasiado complejas que requieren de un mayor grado de precisión, para estas piezas especiales, el área se encarga de preparar los tochos para su posterior maquinado mediante control numérico. El área fabrica 28 de las 45 piezas que conforman el ensamble final.

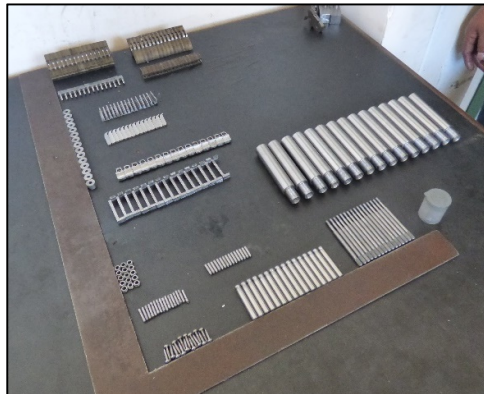


Figura N° 35: Lote de transferencia en el área de mecanizado convencional

El área de mecanizado convencional está distribuida por procesos, por lo tanto los equipos que realizan un mismo trabajo se encuentran agrupados entre sí, sin embargo, las máquinas de mayor uso y que más rutas de fabricación tienen en común (Torno, Fresadora, Limadora, Sierra de vaivén) buscan asemejarse a una célula de manufactura, sin realmente llegar a serlo, por lo que están ubicadas muy cerca unas de otras con el fin de minimizar el transporte de los lotes de piezas. Cada piezas es diferente en dimensiones y procesos de mecanizado, por lo que tienen rutas independientes a lo largo de las estaciones y etapas de maquino. El área funciona bajo un entorno de taller de trabajo (Job Shop), donde se tiene (M) máquinas con (J) trabajos.

El área cuenta con las siguientes máquinas herramientas:

- **Sierra de vaivén**

Es una máquina que reemplaza la acción física del operario por un movimiento de vaivén más regular. En esta se realizan los cortes en las platinas, ejes y tochos, de forma que sus dimensiones sean manejables, su corte no es preciso por lo cual solo realiza trabajos de desbaste.



Figura N° 36: Sierra de vaivén

- **Limadora**

Es una máquina que mediante el movimiento horizontal de la herramienta va arrancando la viruta y generando una superficie plana sobre la pieza. Se usa para planear las caras de los tochos que serán rectificadas o que tiene rebabas después de un corte irregular.



Figura N° 37: Limadora

- **Rectificadora**

Es una máquina que realiza el planeado de superficies mediante una rueda abrasiva, luego de un proceso de arranque de viruta. Se ocupa para rectificar las platinas (tochos) con tolerancias muy pequeñas para su posterior corte por control numérico. Permite alcanzar un acabado más preciso y prolijo en las piezas del mecanismo.



Figura N° 38: Rectificadora

- **Taladro radial**

Es una máquina parecida al taladro de columna, solo que el husillo puede girar alrededor de la columna y la cabeza puede colocarse en diferentes posiciones permitiendo perforar en cualquier posición de la pieza mientras este dentro del alcance, además permite taladrar orificios de gran diámetro. Se usa para preparar el tocho del armazón del arma antes de ser maquinado en el centro de CNC.



Figura N° 39: Taladro Radial

- **Fresadora**

Es una máquina que mediante el movimiento rotativo de una herramienta con múltiples filos permite realizar trabajos de mecanizado por arranque de viruta. Es una de las máquinas principales en el proceso de fabricación de piezas, ya que una buena parte de estas requieren de operaciones de fresado.



Figura N° 40: Fresadora

- **Torno**

Es una máquina que mediante el giro sobre el eje de la pieza, y el ataque de una herramienta, permite mecanizar formas cilíndricas, ranuras y conos. Es el equipo principal en el área de fabricación, ya que la mayor parte de las piezas del ensamble y mecanismos requieren de operaciones de torneado. La mayor parte de piezas que pasan por esta estación deben cumplir con tolerancias muy pequeñas para lograr el correcto funcionamiento del arma de fuego.



Figura N° 41: Torno

- **Carro de corte**

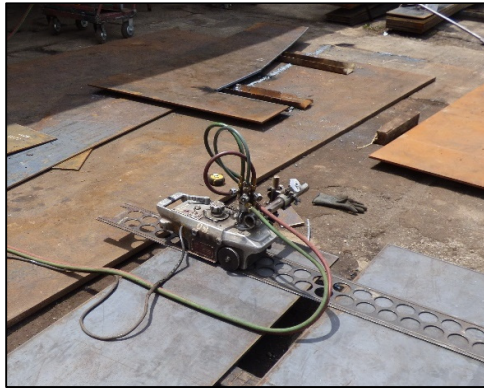


Figura N° 42: Carro oxicorte

Es una máquina semiautomática de corte que se usa para dividir las planchas de acero DF2 en secciones más manejables. Se encuentra fuera del área de fabricación de armas pero trabaja en conjunto con esta, concretamente se encuentra en la división metalmecánica la cual está encargada de almacenar y proveer este material.

- **Prensa troqueladora**

Se encarga de cortar láminas delgadas de acero sometiéndolas a esfuerzos cortantes por medio de un punzón y una matriz. Se usa para cortar las piezas más simples del ensamble y en las que no es necesario la precisión del corte por hilo.

Área de mecanizado CNC

En esta área se mecanizan los tochos que fueron preparados anteriormente en el área de mecanizado convencional. Las piezas que se fabrican en las máquinas CNC son las más importantes y complejas del ensamble, en lo que respecta a diseño y tolerancias de fabricación. En su mayoría son las piezas que conforman el marco del arma y los principales mecanismos; estos últimos requieren de gran exactitud en sus medidas para lograr el correcto funcionamiento del arma de fuego.

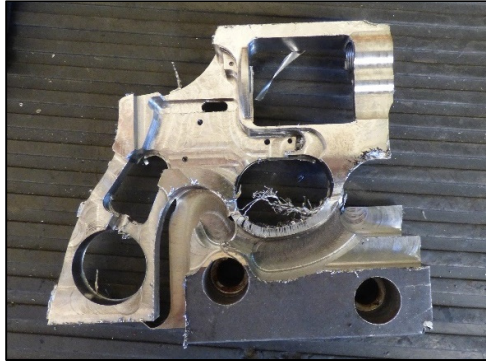


Figura N° 43: Armazón mecanizado en CNC

El área de mecanizado CNC se encuentra distribuido como una célula de manufactura agrupando todos los equipos que funcionan bajo control numérico. De igual manera el Área de mecanizado CNC obedece a un entorno de taller de trabajo (Job Shop) puesto que sus máquinas también forman parte de las distintas rutas de fabricación de las piezas que conforman el revólver.

El área cuenta con los siguientes equipos:

- **Electroerosionadora de corte por hilo**

Es una máquina CNC que genera un arco eléctrico entre el hilo y el material, y este va dándole forma a la pieza a trabajar, el acabado del corte es sumamente preciso y con una escasa formación de escoria. Es usada para cortar las piezas del mecanismo con las formas más irregulares como son el gatillo, martillo, elevador, entre otras piezas geométricamente complejas.



Figura N° 44: Electroerosionadora de corte por hilo

- **Taladro de pedestal CN**

Es una máquina asistida por control numérico que permite realizar trabajos de perforado con gran precisión. Se usa principalmente para perforar las recámaras del armazón y los agujeros del mecanismo del brazo.



Figura N° 45: Taladro de pedestal CN

- **Torno CN**

Es un torno pequeño asistido por control numérico que permite realizar trabajos con acabados muy precisos pero con poca capacidad de desbaste. Se usa para darle el acabado final a algunas piezas, y asistir al torno principal en caso de ser necesario.



Figura N° 46: Torno CN

- **Centro de mecanizado CNC**

Es una máquina automatizada mediante Control Numérico Computarizado que se encarga de realizar múltiples operaciones de mecanizado para la fabricación de piezas con una mínima intervención por parte del operador. El centro de mecanizado de Santa Bárbara EP posee 4 ejes de trabajo y un sistema rotativo de cambio rápido con capacidad para 30 herramientas. Se usa para maquinar las piezas más grandes y complejas del revólver que son: armazón, brazo, tambor, estrella y cachas.



Figura N° 47: Centro de mecanizado CNC

El equipo posee un sistema automático de cambio de herramientas lo que reduce en gran medida los tiempos de preparación.



Figura N° 48: Herramientas del centro de mecanizado CNC

Cabe destacar que todos los lotes de piezas que conforma el ensamble final del revólver deben estar mecanizadas antes de enviar el Buffer al proceso de ensamble; esto dependerá del tiempo de completamiento de todas las tareas (Makespan).

Área de montaje

Se encarga de todos los procesos de ensamblaje de las armas de fuego, desde el ajuste y ensamble de las piezas hasta el empaquetamiento del arma como producto terminado.

El área está dividida en dos secciones:

- **Línea de ensamblaje:** esta sección se encuentra distribuida como una célula de manufactura tipo “U” de forma que se facilita el flujo de los materiales y piezas a través del área; además cuenta con un taladro de pedestal para trabajos pequeños. La sección se encarga del ajuste y ensamble del Revólver ATI.
- **Tratamiento químico:** esta sección se encuentra distribuida por procesos. Cuenta con esmeriles, tanques de enjuague y una hoya de pavonado. La sección se encarga de dar un tratamiento a los componentes del arma de fuego.

El área de montaje realiza las siguientes operaciones:

- **Ajustaje y Ensamble**

Esta operación consiste en modelar y dar el ajuste necesario a las piezas para ser ensambladas. Si bien las piezas son estandarizadas e intercambiables estas deben pasar por un proceso de ajustaje para asegurar el correcto funcionamiento de cada mecanismo.



Figura N° 49: Ajustaje del armazón

En el ajustaje todas las piezas de un revólver son numeradas y colocadas en gavetas de modo que no mezclen en los procesos siguientes. Muchos de los componentes que vienen de las distintas áreas de mecanizado no llegan terminadas sino que es necesario

darles un acabado ergonómico y estético para su ensamble; por ejemplo el armazón cuyas aristas se redondean manualmente hasta alcanzar un agarre cómodo. El proceso de Ajuste y Ensamble genera 6 sub-ensambles (ver figura N°61) que conforman el revólver calibre .38 ATI.

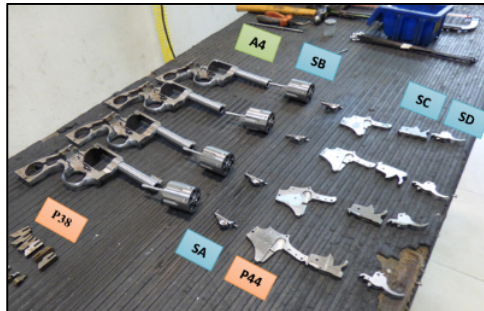


Figura N° 50: Sub-ensambles en crudo del revólver.

- **Sincronización**

Es la calibración de todo el mecanismo del revólver. La operación consiste en montar y ajustar uno a uno los sub-ensambles sobre el marco del arma, de tal manera que los mecanismos de extracción, liberación, disparo, percusión, carga y alimentación funcionen coordinadamente unos con otros.



Figura N° 51: Sincronización de los mecanismos

- **Prueba de funcionamiento**

Una vez terminada la sincronización de todo el lote de armas, los revólveres se llevan al polígono para realizar una prueba rápida de tiro. Esta operación permite identificar las fallas en la alineación, funcionamiento y puntos de roces dejados por el proyectil, a fin de tomar las acciones correctivas sobre el ensamble.



Figura N° 52: Prueba de funcionamiento

- **Terminados**

La operación busca darle un acabado estético a los componentes del revólver, consiste en el pulido y abrillantado de las piezas.



Figura N° 53: Terminados del marco del arma

- **Pavonado**

El pavonado es un proceso de tratamiento químico mediante el cual se aplica una capa de óxido abrillantado en la superficie de las piezas metálicas con la finalidad de darle un mejor aspecto y evitar la corrosión. El pavonado puede ser de color azul o negro dependiendo del tiempo que la pieza sea tratada.



Figura N° 54: Pavonado

El proceso consiste en sumergir las piezas desengrasadas y limpias en una solución de barniz de aceite de gasolina a una temperatura de 100°C durante una hora, en este periodo las piezas deben ser enjugadas y sumeridas periódicamente a fin de controlar la tonalidad del pavonado. Luego de llevar a cabo la inmersión, las piezas son lavadas con jabón, con lo que termina el proceso de pavonado.



Figura N° 55: Pieza en crudo vs piezas pavonadas

- **Armado y Lubricación**

Las piezas pavonadas son llevadas a la línea de montaje donde se realiza el ensamble final y se lubrican todos los mecanismos del arma de fuego.



Figura N° 56: Armado y Lubricación

- **Control de calidad**

Se realiza un control dimensional y de funcionalidad del lote de acuerdo a la norma Estadounidense “*NIJ 0109.00 38/357 Caliber Revolvers*”.



Figura N° 57: Control de calidad

- **Empaquetado y almacenamiento**

Se limpia el contorno del arma y se baqueta el cañón para retirar los residuos de la pólvora, posterior a esto el revólver se coloca en su caja y se almacena en el bunker hasta ser enviado al cliente con las medidas de seguridad correspondientes.



Figura N° 58: Empaquetado del Revólver Calibre .38 ATI

Análisis del flujo de materiales

Para describir del método actualmente empleado en la fabricación del revólver ATI, se realiza un análisis del flujo de materiales que permita representar como se mueven los elementos a través del área. El análisis ayuda a plantear un panorama claro del proceso productivo al momento de estudiar la cadena de valor, razón por lo cual el flujo se describe de la manera más detallada posible.

Mediante el análisis del flujo de materiales se identifica las actividades que no agregan valor al producto, sus causas y posibles soluciones. El análisis facilita la implantación de las herramientas LEAN para la reducción de desperdicios donde sean realmente necesarias.

Para el análisis del flujo se ocupan las siguientes herramientas: tecnología de grupos, diagramas de despiece; gráficas de montaje o Gozinto; diagramas de flujo, diagramas de recorrido, y cursogramas analíticos.

- **Aplicación de la tecnología de grupos**

La última versión del revólver calibre .38 ATI cuenta con un total de 45 piezas y gran variedad de procesos de conformado, por lo que para realizar el estudio, es necesario un análisis ordenado y eficiente de los componentes.

La técnica de tecnología de grupos permite identificar los componentes del ensamble del revólver con características similares y agruparlas en familias de piezas junto a las máquinas usadas para su fabricación.

Puesto que los procesos de fabricación de piezas manejan una gran cantidad de operaciones y máquinas herramientas, la técnica de agrupación aplicada es el Análisis de flujo de producción (PFA). El método toma en cuenta la ruta de fabricación de cada pieza; se basa en una agrupación matricial hasta obtener bloques diagonales que identifiquen la asociación entre pieza-máquina.

En la Tabla 13 se asigna una codificación a todas las máquinas-herramientas necesarias para la fabricación de las piezas del revólver ATI.

Tabla 13: Codificación de Máquinas-Herramienta

Código	Máquina-Herramienta
O	Carro de oxicorte
V	Sierra de vaivén
J	Limadora
R	Rectificadora
D	Taladro radial
H	Cortadora por hilo CNC
K	Prensa troqueladora
F	Fresadora
A	Torno
M	Centro de Mecanizado CNC
S	Sierra de arco
T	Taladro de pedestal
E	Esmeril
P	Pulidora

De acuerdo al método del flujo de producción (PFA), se parte asignando un código a las máquinas herramientas que intervienen en los procesos de fabricación. En la Tabla 14 se indica la secuencia de fabricación de cada pieza del revólver a través de las distintas estaciones del área de mecanizado convencional y CNC siguiendo la distribución del proceso de izquierda a derecha. Por medio de la matriz pieza-maquina se identifica la receta de materiales y el total de trabajos que debe ejecutar cada equipo para entregar todos los componentes necesarios para ensamblar el revólver.

En la Tabla 15 se ordenan las filas y columnas de la matriz pieza maquina en orden decreciente hasta lograr agrupaciones en diagonal de los trabajos. Cada pieza del ensamble se reordena en la matriz según la secuencia de mecanizado que debe seguir a través de los equipos, tomando como referencia un patrón de arriba hacia abajo según la cantidad de trabajos, para esto se toma cuáles son los equipos que intervienen en la fabricación de cada componente. Las maquinas se ordenan de izquierda a derecha en función de cada grupo hasta formar una diagonal. Como resultado las piezas agrupadas se denominan familias y se les asigna una codificación para diferenciarlas. En una familia las piezas se relacionan entre sí por sus características de diseño, área de fabricación y procesos de mecanizado.

Tabla 14: Matriz Pieza-Máquina

		MÁQUINA- HERRAMIENTA													
		O	V	J	R	D	H	K	F	A	M	S	T	E	P
PIEZAS	Anillo separador del extractor									•					
	Armazón	•	•	•		•			•		•		•	•	•
	Balancín del gatillo											•	•		
	Bloque de retroceso		•	•	•		•		•				•		
	Brazo del Tambor	•	•	•					•	•	•		•	•	•
	Eje del brazo del Tambor									•					
	Cacha										•		•	•	
	Cañón									•					
	Cerrojo frontal								•	•					
	Cilindro de parada del brazo									•					
	Cilindro de retención del brazo						•			•					
	Eje principal del tambor									•					
	Elevador ATI		•	•	•		•		•				•		
	Extractor (Estrella)		•							•	•		•		
	Fiador								•				•		
	Gatillo		•	•	•		•		•				•	•	•
	Liberador del eje central								•			•	•		
	Martillo		•	•	•		•		•				•	•	•
	Mira								•			•			
	Muelle cilíndrico de parada												•		
	Muelle del cerrojo frontal												•		
	Muelle del extractor												•		
	Muelle del fiador												•		
	Muelle del percutor												•		
	Muelle del pin central												•		
	Muelle del pin del liberador												•		
	Muelle del recuperador												•		
	Muelle principal												•		
	Pasador principal											•		•	
	Pasador traba del tambor											•			
	Percutor								•	•					
	Pin central de la estrella									•					
	Pin central principal del martillo							•					•		
	Pin de retención del Tambor									•					
	Pin del cerrojo frontal											•			
	Pin del liberador central											•			
	Pin del tambor									•					
	Placa principal del muelle							•							
	Seguro de retención percutor											•			
	Seguro del balancín											•			
Seguro del fiador											•				
Seguro del Pulgar								•							
Seguro del tambor		•	•	•		•		•							
Tambor									•	•		•		•	
Tapa lateral								•	•			•		•	

Tabla 15: Matriz de agrupación

FAMILIA	SECUENCIA	AREA	PIEZA	MÁQUINA- HERRAMIENTA													
				M	O	D	V	J	R	H	K	F	A	S	T	E	P
ATI-1A	V-A-M-T	CONV. / CNC	Extractor (Estrella)	•			•						•		•		
ATI-1B	A-M-T	CONV. / CNC	Tambor	•									•		•		•
ATI-1C	O-V-J-F-A-M-T-E-P	CONV. / CNC	Brazo del Tambor	•	•		•	•					•	•		•	•
ATI-1D	O-V-J-F-D-M-T-E-P	CONV. / CNC	Armazón	•	•	•	•	•					•			•	•
ATI-1E	T-M-E	CNC	Cacha	•												•	•
ATI-2A	V-J-R-H-F	CONV. / CNC	Seguro del tambor (Candado)				•	•	•	•		•					
ATI-2B	V-J-R-H-F-T	CONV. / CNC	Bloque de retroceso				•	•	•	•		•				•	
ATI-2C	H-F-T	CONV. / CNC	Elevador ATI				•	•	•	•		•				•	
ATI-2D	V-J-R-H-F-T-E-P	CONV. / CNC	Gatillo				•	•	•	•		•				•	•
ATI-2E	V-J-R-H-F-T-E-P	CONV. / CNC	Martillo				•	•	•	•		•				•	•
ATI-3A	A-F	CONV.	Cerrojo frontal									•	•				
ATI-3B	A-F	CONV.	Percutor									•	•				
ATI-3C	A-H	CONV. / CNC	Cilindro de retención del brazo								•	•	•				
ATI-4A	K	CONV.	Placa principal del muelle principal									•					
ATI-4B	K-F-T-P	CONV.	Tapa lateral									•	•			•	•
ATI-4C	K-T	CONV.	Pin central principal del martillo									•				•	
ATI-5A	F-S	CONV.	Seguro del Pulgar									•		•			
ATI-5B	F-S	CONV.	Mira									•		•			
ATI-5C	F-T	CONV.	Fiador									•				•	
ATI-5D	F-T-S	CONV.	Liberador del eje central									•		•	•		
ATI-6A	A	CONV.	Anillo separador del extractor										•				
ATI-6B	A	CONV.	Eje del brazo del Tambor										•				
ATI-6C	A	CONV.	Cañón										•				
ATI-6D	A	CONV.	Cilindro de parada del brazo										•				
ATI-6E	A	CONV.	Eje principal del tambor										•				
ATI-6F	A	CONV.	Pin central de la estrella										•				
ATI-6G	A	CONV.	Pin de retención del Tambor										•				
ATI-6H	A	CONV.	Pin del tambor										•				
ATI-7A	S	MONTAJE	Pasador principal traba del tambor												•	•	•
ATI-7B	S	MONTAJE	Pin del cerrojo frontal												•	•	•
ATI-7C	S	MONTAJE	Pin del liberador central												•	•	•
ATI-7D	S	MONTAJE	Seguro de retención del percutor												•	•	•
ATI-7E	S	MONTAJE	Seguro del balancín												•	•	•
ATI-7F	S	MONTAJE	Seguro del fiador												•	•	•
ATI-7G	S-E	MONTAJE	Pasador principal												•	•	•
ATI-7H	S	MONTAJE	Balancín del gatillo												•	•	•
ATI-8A	/	MONTAJE	Muelle del recuperador														
ATI-8B	/	MONTAJE	Muelle principal														
ATI-8F	/	MONTAJE	Muelle del extractor														
ATI-8C	T	MONTAJE	Muelle cilíndrico de parada del brazo													•	
ATI-8D	T	MONTAJE	Muelle del cerrojo frontal													•	
ATI-8G	T	MONTAJE	Muelle del fiador													•	
ATI-8H	T	MONTAJE	Muelle del percutor													•	
ATI-8I	T	MONTAJE	Muelle del pin central													•	
ATI-8J	T	MONTAJE	Muelle del pin del liberador central													•	
Total de trabajos				5	2	1	7	6	4	6	3	14	14	10	19	6	5

Interpretación de la matriz de agrupación

Una vez agrupados los datos se asignaron 8 familias de piezas, los criterios para la asignación fueron: procesos en la ruta de fabricación, funcionalidad y las máquinas requeridas, sin necesariamente tomar en cuenta el ensamble al cual pertenezcan, tolerancias o materiales. Para pertenecer a una determinada familia las piezas deben compartir una etapa principal en común, además de fabricarse como mínimo en una misma en común máquina.

- **Diagrama de despiece del revólver**

Mediante la gráfica de despiece se especifica la manera en la cual los componentes del revólver se ubican para formar el producto terminado.

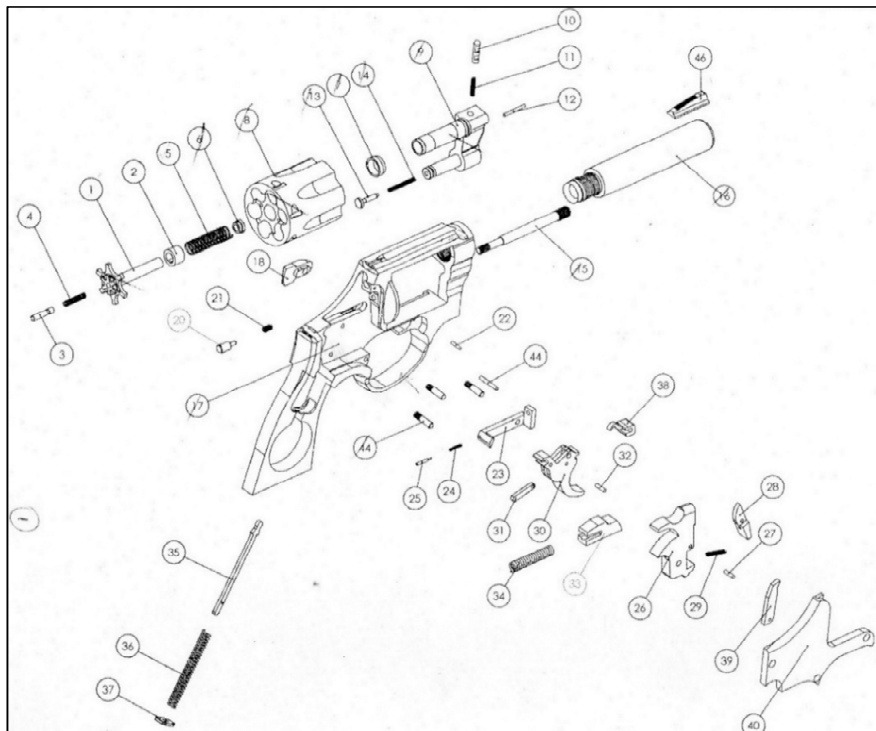


Figura N° 59: Diagrama de despiece del revólver calibre .38 ATI

- **Diagrama de Gozinto del revólver**

En base al despiece (Figura N° 59) se especifica el montaje y los procesos inspecciones necesarios para el ensamble del revólver, sin tomar en cuenta la secuencia de fabricación de cada componente.

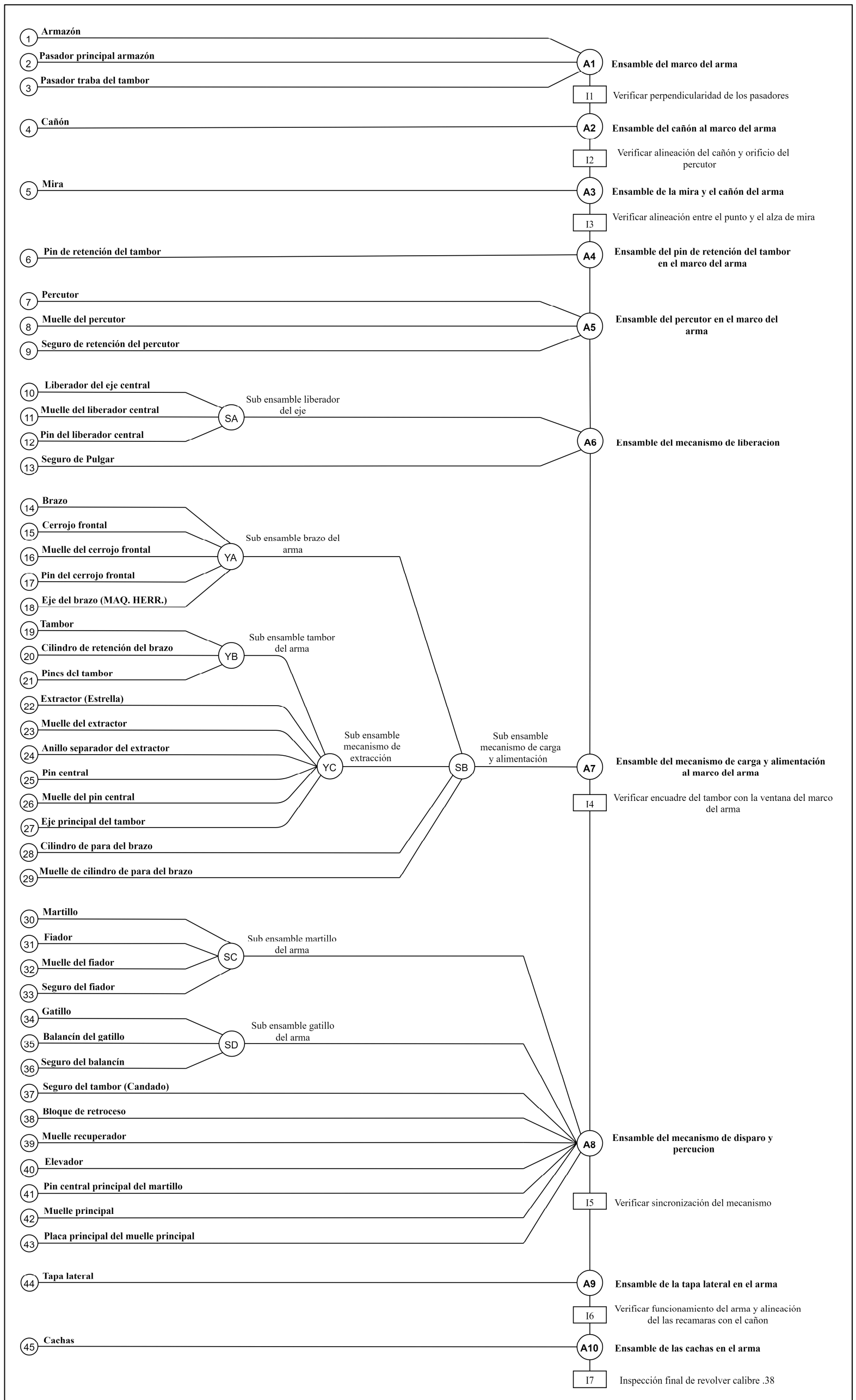


Figura N° 60: Diagrama de Gozinto

Interpretación del diagrama de Gozinto

Se aplica una jerarquía de cuatro niveles: piezas (P-#), Sub ensambles de nivel 2 (Y-), Sub ensambles de nivel 1 (S-), ensambles principales (A-#) además de las Inspecciones necesarias para realizar el montaje (I-#) (ver Figura N°61).

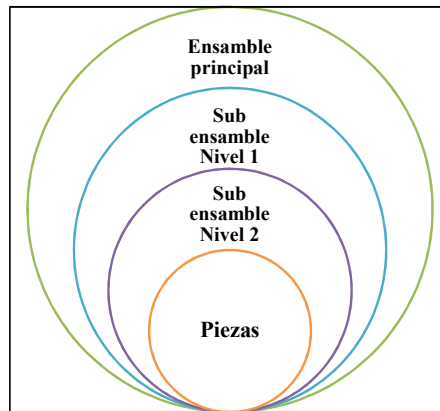


Figura N° 61: Niveles de ensamble

Inspecciones

I1.- Los pasadores funcionan como pivotes fijos para los mecanismos de disparo y sincronización, un descuadre generaría atascos y desgastes en las piezas, por lo cual se usa un patrón para verificar su perpendicularidad.

I2.- El fulminante debe ser percutido en el centro y en alineación con el cañón; para la prueba de calidad se usa un cilindro patrón del NIJ Estándar que se ingresa a lo largo del cañón hasta llegar al orificio del percutor.

I3.- En el revólver cal .38 ATI los elementos de puntería son fijos, es decir no podrán ser regulados; por lo tanto deben estar correctamente alineados antes de su ensamble definitivo.

I4.- El tambor debe girar sin rozamientos sobre su eje longitudinal en la ventana del armazón; un descuadre puede generar atascos en el sistema de alimentación del arma.

I5.- Se examinan que las piezas cumplan con cada etapa de funcionamiento coordinadamente y que encajen sin atascos en el mecanismo.

I6.- Se verifica el posicionamiento de cada recámara con el cañón, para posteriormente realizar una prueba de funcionamiento con munición.

I7.- Se verifica la integridad del arma, su presentación y se prepara para su almacenamiento.

- **Diagrama de flujo funcional del proceso de fabricación del revólver**

En la Figura N°62 se describe el movimiento del material a través de la división de armas y mecanizados. El desglose de las actividades se realiza por cada etapa de fabricación del revólver ATI, esto permite entender la situación actual del proceso y facilita la detección de los problemas relacionados con los desperdicios.

- **Diagrama de precedencia de las operaciones de fabricación del revólver**

En la Figura N°63, se describe la relación de precedencia entre las operaciones de fabricación de piezas y los procesos de ensamblaje. Se toma en cuenta las rutas de fabricación de los componentes y se establece las restricciones respecto a que actividades deben llevarse a cabo como requisito para iniciar otras. Cabe destacar que existen 2 trabajos externos que forman parte del proceso de fabricación del revólver (Barnizado de las cachas y Grabado del número de serie del lote de armas), estas actividades son sub contratadas; puesto que no se cuenta con la infraestructura ni los equipos necesarios para realizarlas dentro de la división.

- **Diagrama de operaciones del proceso de fabricación del revólver**

En la Figura N°64, se describe la secuencia cronológica de las operaciones principales, montaje, inspecciones y tiempos estándar de fabricación; desde el ingreso de los materiales hasta su empaquetamiento como producto terminado. De igual manera indica la entrada de componentes y sub-ensambles a la pieza principal del revólver. El diagrama de operaciones permite visualizar el método actual de manera que se pueda identificar posibles focos de mejora para la optimización de los proceso.

El tiempo estándar de las operaciones se obtiene del estudio de tiempos y movimientos mostrado en el **Anexo 2**.

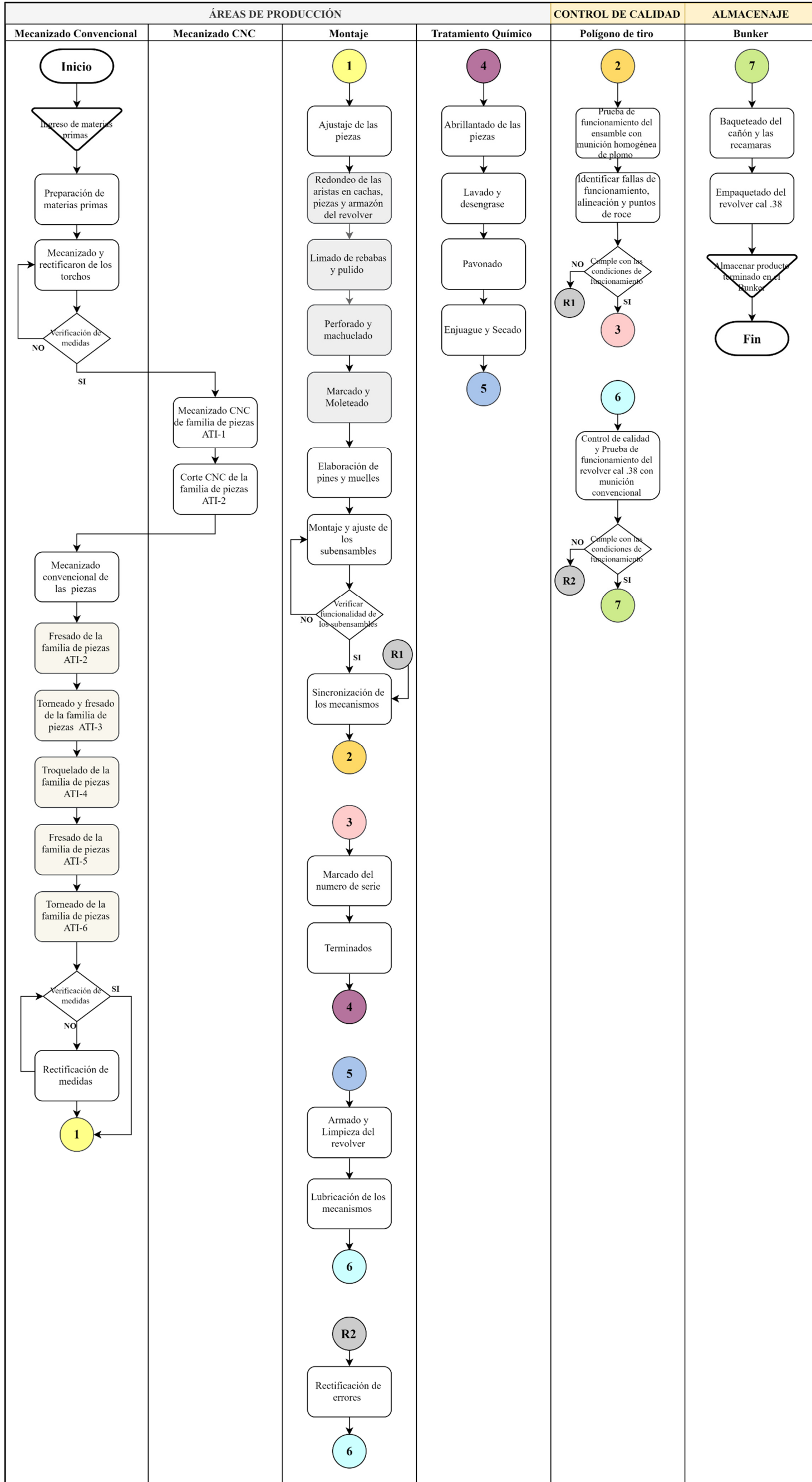


Figura N° 62: Diagrama de flujo funcional para fabricación del Revólver Calibre .38 ATI

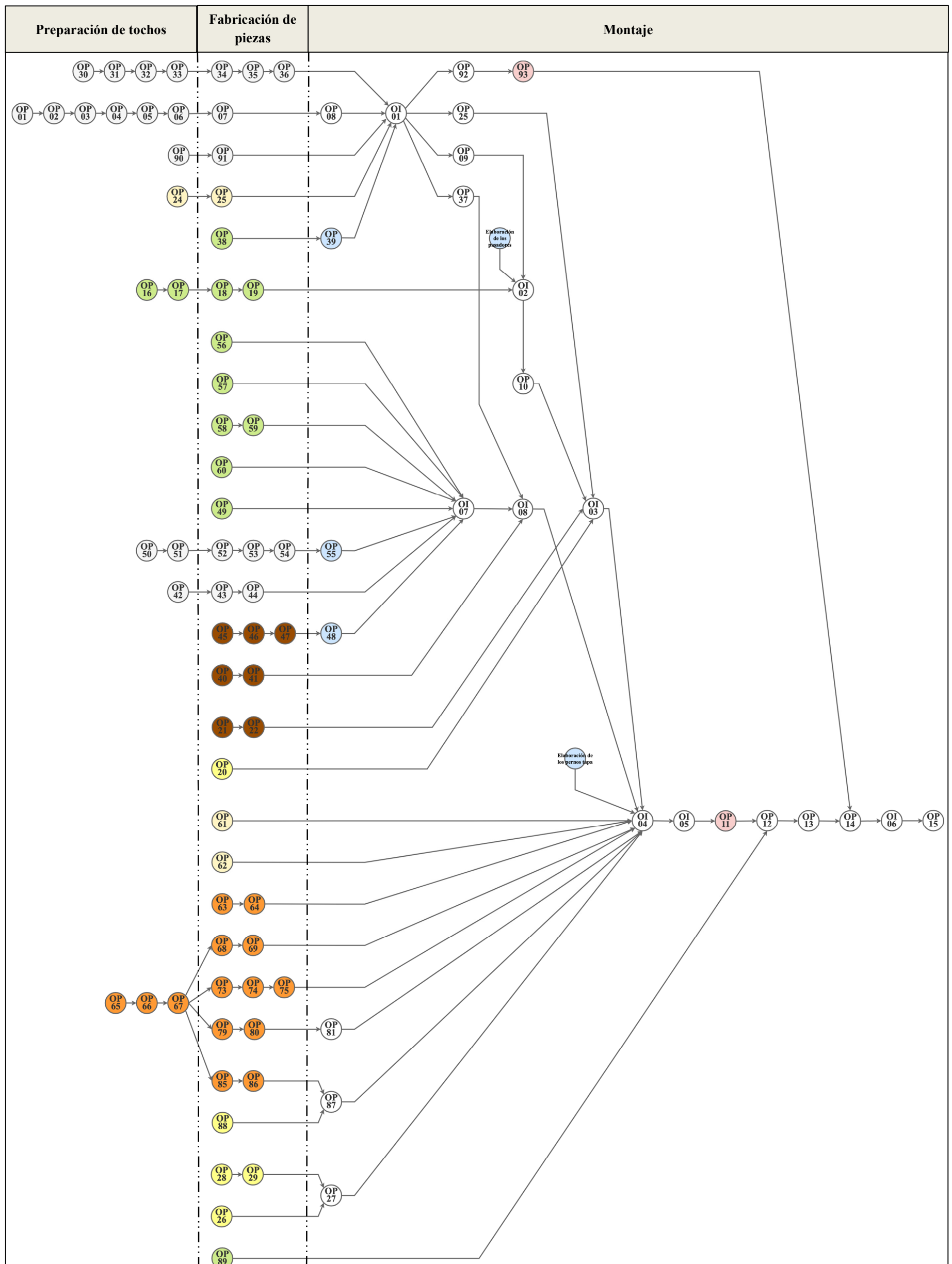


Figura N° 63: Diagrama de precedencia de las operaciones de fabricación para el Revólver Calibre .38 ATI

- **Descripción de las operaciones de fabricación**

Operación 01: (ATI-1D – O-Corte) Las planchas de acero DF2 se cortan de acuerdo a las dimensiones del tocho para el maquinado del armazón.

Operación 02: (ATI-1D – Planeado) Las caras del tocho para el armazón se fresan retirando el exceso de material hasta alcanzar la medida necesaria.

Operación 03: (ATI-1D – Limado) Las caras con rebabas y escoria producto del corte se nivelan.

Operación 04: (ATI-1D – Centrado) Mediante la CNC se marcan los centros y el contornos del armazón para retirar el exceso de material.

Operación 05: (ATI-1D – Perforado) Se perfora el tocho en las zonas marcadas para eliminar el exceso de material.

Operación 06: (ATI-1D – Corte) Se corta el exceso de material alrededor del contorno marcado del armazón.

Operación 07: (ATI-1D – CNC) Se mecaniza el tocho del armazón ejecutando uno a uno los programas de maquinado.

Operación 08: (ATI-1D – Modelado del armazón) Se da una forma ergonómica al armazón, se redondean las aristas y se prepara para el ajustaje de los componentes.

Operación 09: (ATI-1D – Perforado del armazón) Mediante brocas alargadas se perfora los orificios y recámaras marcados en el armazón.

Operación 10: (Fresado de miras y detalles del marco) Se fresan las colas de milano (chavetera) de las miras en el marco del arma y se maquinan los detalles del puente.

Operación 11: (Marcar el número de seria del lote) Es un trabajo externo que consiste en grabar el número de serie del arma de fuego a un costado del marco.

Operación 12: (Terminados) Se pulen y abrillantan las piezas del revólver.

Operación 13: (Pavonado) Se realiza un tratamiento químico a los componentes para darles protección contra la corrosión y un acabado más estético.

Operación 14: (Armado y Lubricación) Las piezas se limpian, se arma el producto y se lubrican los mecanismos.

Operación 15: (Empaquetado y almacenamiento) Se limpian los residuos de pólvora de las pruebas de funcionamiento, para el empaquetado y almacenamiento del producto terminado.

Operación 16: (ATI-6C – Corte) El eje del cañón se corta a una medida manejable

Operación 17: (ATI-6C – Desbaste) Se prepara el tocho del cañón desbastando el exceso de material

Operación 18: (ATI-6C – Acabados) Se da el ajuste al cañón y se rosca su extremo

Operación 19: (ATI-6C – Conformado) Mediante herramientas especiales se da el ángulo y forma de la bocacha del cañón

Operación 20: (ATI-5B – Fresado) Se maquina la chaveta del punto de la mira.

Operación 21: (ATI-3B – Torneado) Se maquina la forma del percutor según las medidas del plano.

Operación 22: (ATI-3B – Fresado) Se maquina la ranura del percutor según las medidas del plano.

Operación 23: (ATI-4B – Troquelado) Se troquela las láminas de acero con la matriz y punzón de la tapa lateral.

Operación 24: (ATI-4B – Fresado) Se maquina la ranura de la tapa según las medidas.

Operación 25: (ATI-4B – Ajustaje y ensamble tapa lateral) Se da el ajuste necesario para su ensamble en el marco del arma y se ensambla el mecanismo de la tapa

Operación 26: (ATI-5D – Fresado) Se maquina el liberador eje central según las medidas del plano.

Operación 27: (Sub ensamble SA – Ajustaje y ensamble del liberador del eje central) Se modelan los componentes y se realiza el ensamble del mecanismo de liberación.

Operación 28: (ATI-5A – Fresado) Se maquina el tocho del seguro del pulgar

Operación 29: (ATI-5A – Redondeo) El tocho se coloca en una matriz giratoria y se redondean las aristas de forma que el seguro sea ergonómico.

Operación 30: (ATI-1C – O-Corte) Las planchas de acero DF2 se cortan en las dimensiones del tocho para el maquinado del brazo.

Operación 31: (ATI-1C – Limado) Las caras con rebabas y escoria producto del corte se nivelan para iniciar el maquinado del brazo.

Operación 32: (ATI-1C – Fresado) Se ranura el tocho del brazo retirando el exceso de material

Operación 33: (ATI-1C – Corte) Se divide el tocho del brazo en dos para iniciar el maquinado

Operación 34: (ATI-1C – Torneado) Del tocho se cilindra el eje de brazo a sobre medida.

Operación 35: (ATI-1C – Acabados) Se cilindra y pule el eje del brazo hasta alcanzar la tolerancia correspondiente.

Operación 36: (ATI-1C – CNC) Se mecaniza el tocho del brazo ejecutando uno a uno los programas de maquinado.

Operación 37: (ATI-1C – Perforado del brazo) Mediante brocas alargadas se perfora los orificios y recámaras marcados en el brazo

Operación 38: (ATI-6B – Torneado) Se maquina la forma del eje del brazo según las medidas del plano.

Operación 39: (ATI-6B – Chaflanado del eje) A fin de facilitar el ensamble se realiza un chaflanado sobre el eje.

Operación 40: (ATI-3A – Torneado) Se maquina la forma del cerrojo frontal según las medidas del plano.

Operación 41: (ATI-3A – Fresado) Se maquinan las ranuras del cerrojo frontal según las medidas del plano.

Operación 42: (ATI-1B – Desbaste) Se cilindra el eje a sobre medida y se tronza el tocho del tambor

Operación 43: (ATI-1B – Acabados) Se cilindra y se pule el tambor hasta alcanzar la tolerancia correspondiente.

Operación 44: (ATI-1B – CNC) Se mecanizan las recamaras del tambor ejecutando uno a uno los programas de maquinado.

Operación 45: (ATI-3C – Torneado) Se maquina a sobre medida la forma del cilindro de retención y se tronza.

Operación 46: (ATI-3C – Corte por hilo) Se corta la forma de la chaveta en el diámetro interno del cilindro de retención.

Operación 47: (ATI-3C – Acabados) Se cilindra y se pule el cilindro hasta alcanzar la tolerancia correspondiente.

Operación 48: (ATI-3C – Chaflanado del eje) A fin de facilitar el ensamble se realiza un chaflanado sobre el cilindro de retención.

Operación 49: (ATI-6H – Torneado) Se maquina la forma del pin del tambor según las medidas del plano.

Operación 50: (ATI-1A – Corte) El eje de acero DF2 se corta a una medida manejable del tocho para estrellas

Operación 51: (ATI-1A – Desbaste) Se cilindra el tocho para estrellas a sobre medida.

Operación 52: (ATI-1A – Acabados) Se cilindra y se pule el eje de la estrella hasta alcanzar la tolerancia correspondiente.

Operación 53: (ATI-1A – Torneado) Se cilindra y se tronza el tocho a la mitad para el maquinado de la cabeza de la estrella.

Operación 54: (ATI-1A – CNC) Se mecanizan las pestañas y forma de la estrella ejecutando uno a uno los programas de maquinado.

Operación 55: (ATI-1A – Ajustaje de la estrella) El radio formado por las pestañas de la estrella se cilindran hasta alcanzar la tolerancia para su ensamble.

Operación 56: (ATI-6A – Torneado) Se maquina la forma del pin del tambor según las medidas del plano.

Operación 57: (ATI-6D – Torneado) Se maquina la forma del cilindro de parada del brazo según las medidas del plano.

Operación 58: (ATI-6E – Torneado) Se maquina la forma del eje principal del tambor según las medidas del plano.

Operación 59: (ATI-6E – Acabados) Se le da un acabado moleteado a un extremo del eje y se rosca el otro para su ensamble.

Operación 60: (ATI-6F – Torneado) Se maquina la forma del pin central de la estrella según las medidas del plano.

Operación 61: (ATI-4A – Troquelado) Se troquela las láminas de acero con la matriz y punzón de la placa principal.

Operación 62: (ATI-4C – Troquelado) Se troquela las láminas de acero con la matriz y punzón del Pin central principal.

Operación 63: (ATI-2C – Corte por hilo) Se posiciona la plancha de acero inox y se ejecuta el programa de corte para el elevador ATI.

Operación 64: (ATI-2C – Fresado) Se desbasta el exceso de material hasta alcanzar la tolerancia del elevador ATI.

Operación 65: (ATI-2 – Corte) Se corta la platina de acero DF2 a una medida manejable para el maquinado del tocho.

Operación 66: (ATI-2 – Planeado) Se desbasta a sobre medida el ancho del tocho para las piezas a ser cortadas.

Operación 67: (ATI-2 – Rectificado) Se alcanza la toleración de los componentes a ser cortados en el tocho por la máquina.

Operación 68: (ATI-2A – Corte por hilo) Se posiciona la plancha de acero y se ejecuta el programa de corte para el candado.

Operación 69: (ATI-2A – Fresado) Se realiza el ranurado del candado según las medidas del plano.

Operación 70: (ATI-2 – Corte) Se corta la platina de acero DF2 a una medida manejable para el maquinado del tocho.

Operación 71: (ATI-2 – Planeado) Se desbasta a sobre medida el ancho del tocho para las piezas a ser cortadas.

Operación 72: (ATI-2 – Rectificado) Se alcanza la toleración de los componentes en tocho, para posteriormente ser cortados.

Operación 73: (ATI-2B – Corte por hilo) Se posiciona la plancha de acero y se ejecuta el programa de corte para el bloque de retroceso.

Operación 74: (ATI-2B – Perforado) Se retira el exceso de material del centro del bloque para facilitar su ranurado.

Operación 75: (ATI-2B – Fresado) Se realiza el ranurado del bloque de retroceso según las medidas del plano.

Operación 76: (ATI-2 – Corte) Se corta la platina de acero DF2 a una medida manejable para el maquinado del tocho.

Operación 77: (ATI-2 – Planeado) Se desbasta a sobre medida el ancho del tocho para las piezas a ser cortadas.

Operación 78: (ATI-2 – Rectificado) Se alcanza la toleración de los componentes a ser cortados en el tocho por la máquina.

Operación 79: (ATI-2D – Corte por hilo) Se posiciona la plancha de acero y se ejecuta el programa de corte para el gatillo.

Operación 80: (ATI-2D – Fresado) Se realiza el ranurado del gatillo según el plano.

Operación 81: (Sub-ensamble SD – Ajustaje y ensamble del gatillo) se redondean las aristas procurando un acabado ergonómico y se arma el mecanismo del gatillo.

Operación 82: (ATI-2 – Corte) Se corta la platina de acero DF2 a una medida.

Operación 83: (ATI-2 – Planeado) Se desbasta a sobre medida el ancho del tocho para las piezas a ser cortadas.

Operación 84: (ATI-2 – Rectificado) Se alcanza la toleración de los componentes a ser cortados en el tocho por la máquina.

Operación 85: (ATI-2E – Corte por hilo) Se posiciona la plancha de acero y se ejecuta el programa de corte para el martillo.

Operación 86: (ATI-2E – Fresado) Se posiciona la plancha de acero y se ejecuta el programa de corte para el martillo.

Operación 87: (Sub-ensamble SC – Ajustaje y ensamble del martillo) se redondea el espolón procurando un acabado ergonómico y se arma el mecanismo del gatillo.

Operación 88: (ATI-5C – Fresado) Se posiciona la plancha de acero y se ejecuta el programa de corte para el martillo.

Operación 89: (ATI-6G – Torneado) Se maquina la forma del pin del pin de retención del tambor según las medidas del plano.

Operación 90: (ATI-1E – Perforado) Se perfora las esquinas del tocho de madera.

Operación 91: (ATI-1E – CNC) Se mecaniza la forma de las cachas ejecutando uno a uno los programas de maquinado.

Operación 92: (ATI-1E – Modelado) Se da una forma ergonómica a las cachas, redondeando las aristas y se prepara para el ajustaje al marco del arma.

Operación 93: (ATI-1E – Barnizado) Es un trabajo externo que consiste en aplicar un tratamiento químico sobre la madera que permita obtener una superficie lisa, impermeable y con un acabado más estético.

Inspección y Operación 1: (Ajustaje del marco del arma) Se ajustan entre si los componentes principales del marco del arma de forma que encajen al momento de ser ensamblados, los componentes que son ajustados para un revólver se inspeccionan y se marcan de forma que no se mezclen con los de otro.

Inspección y Operación 2: (Ensamble A1-A2 – Marco del arma) Se unen al armazón las piezas principales de forma permanente con trabador de roscas, se comprueba su alineación y se asegura su funcionalidad.

Inspección y Operación 3: (Ensamble A3-A5 – Marco del arma) Se unen al armazón mediante trabador de roscas los componentes de mira y el mecanismos de percusión, los ensambles del A1 hasta A5 no son desmontables y conforman la estructura principal del marco del arma.

Inspección y Operación 4: (Sincronización) Los mecanismos del revólver se calibran de forma que funcionen de forma adecuada y se comprueba la coordinación entre estos en los dos modos de funcionamiento del arma.

Inspección y Operación 5: (Prueba de funcionamiento) El lote se lleva al campo de tipo para realizar una prueba disparando munición homogénea con el objetivo de verificar la alineación de los componentes y rectificar puntos de roce.

Inspección y Operación 6: (Control de calidad) Se evalúa la funcionalidad y dimensiones del arma fuego en base a la norma *NIJ 0109.00 38/357 Caliber Revolvers*.

Inspección y Operación 7: (Sub ensamble YC – Mecanismo extracción) Se ajustan las piezas del ensamble encargado almacenar y retirar los casquillos de forma que funcionen de forma correcta y se sincronicen con el resto de componente.

Inspección y Operación 8: (Sub ensamble SB–Mecanismo de carga y alimentación) Se realiza el ajustaje de las piezas del mecanismo encargado de la carga y alimentación de la munición de forma que puedan ser ensambladas de forma correcta.

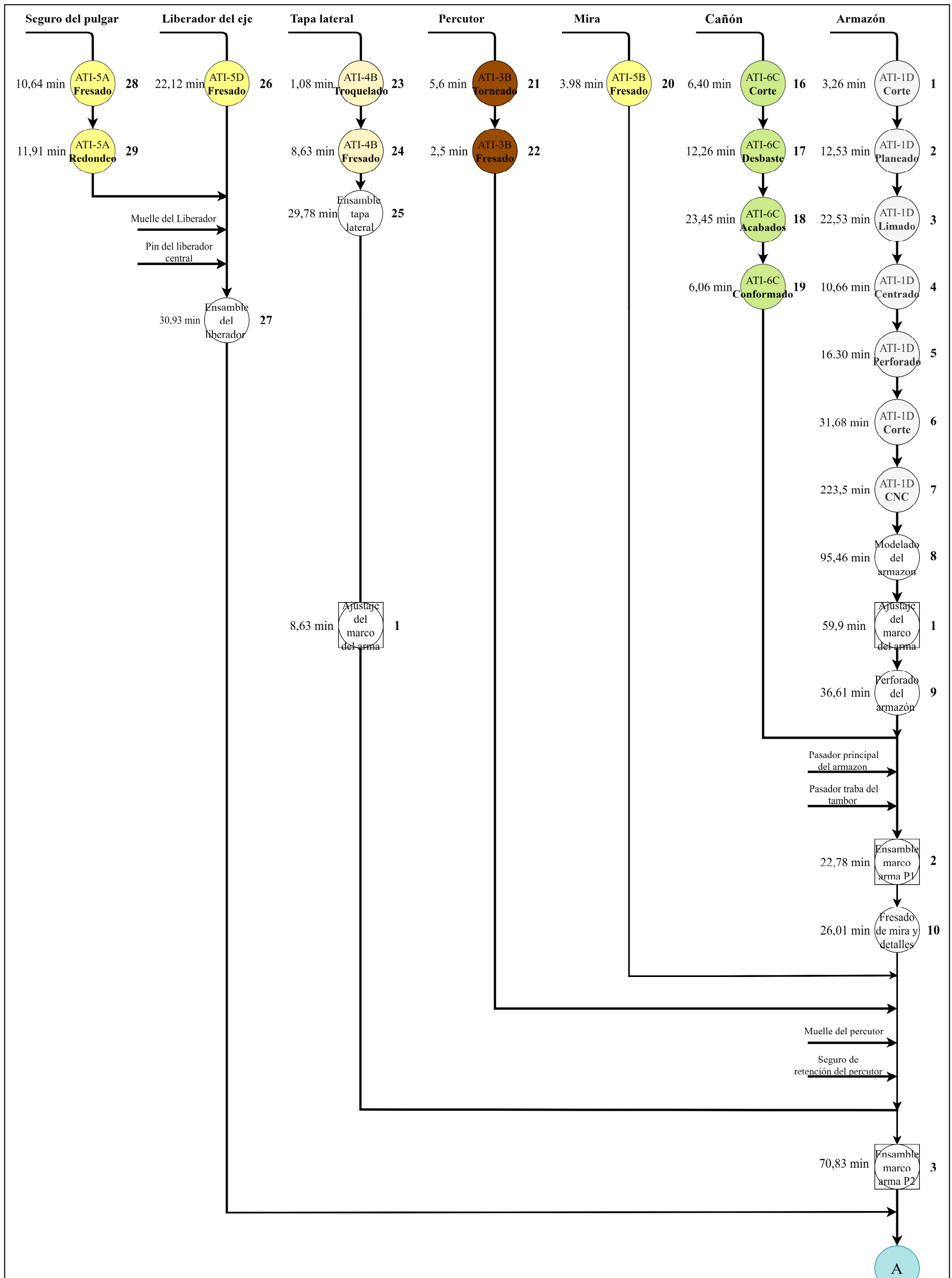


Figura N° 64: Diagrama de operaciones del proceso - Revólver ATI

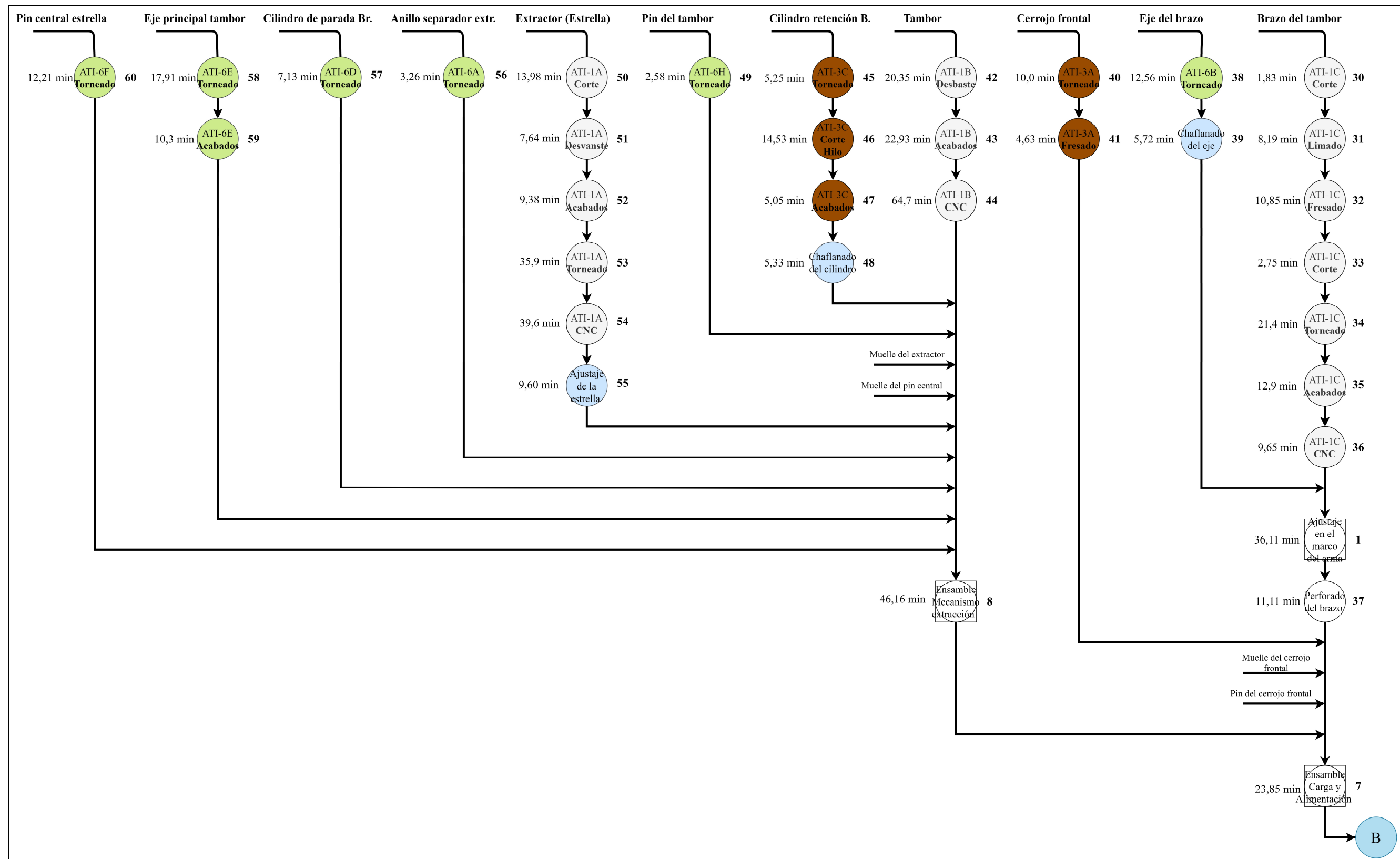


Figura N° 65: Diagrama de operaciones del proceso - Revolver ATI (continuación)

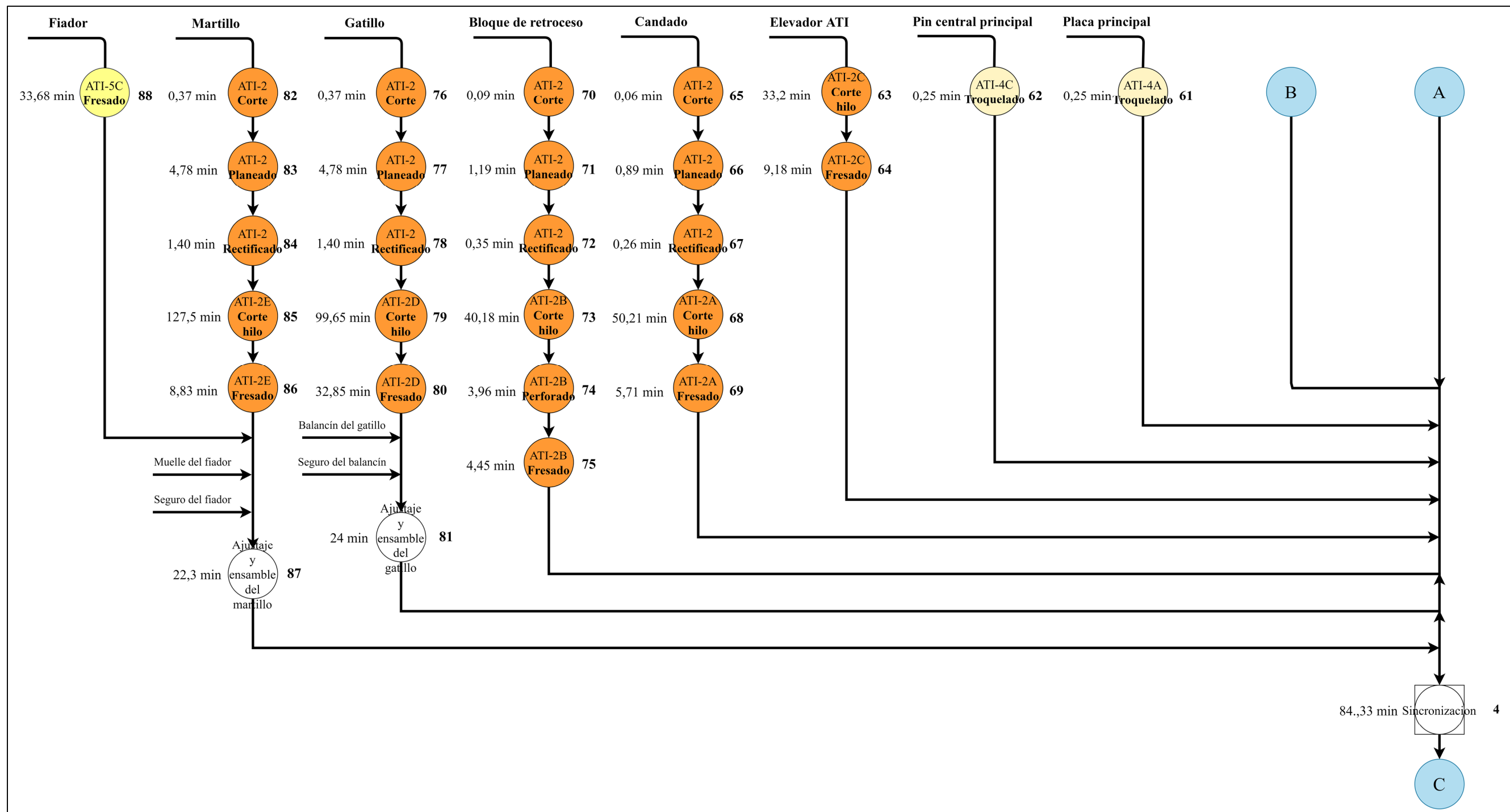


Figura N° 66: Diagrama de operaciones del proceso - Revólver ATI (continuación)

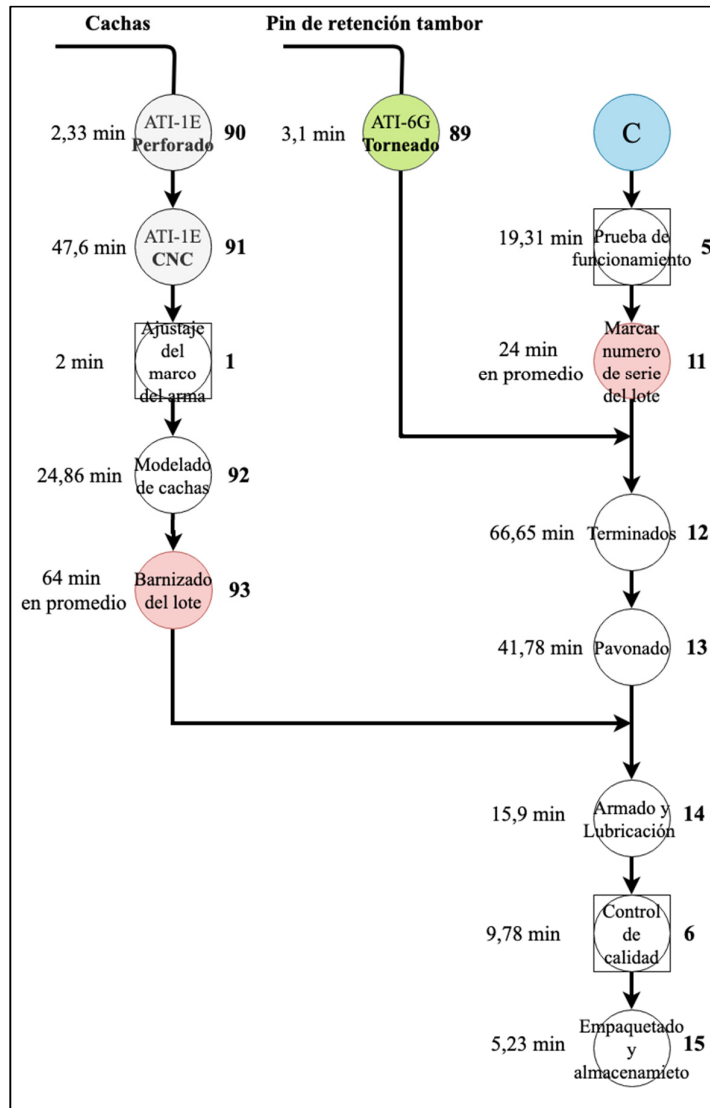


Figura N° 67: Diagrama de operaciones del proceso - Revólver ATI (continuación)

- **Cursogramas analítico del proceso**

Se analiza de forma estructurada las actividades que conforman el proceso de fabricación del revólver ATI, como son: operaciones, transportes, inspecciones, preparación de equipos, esperas, demoras y almacenamientos. La identificación de las actividades permite distinguir entre las operaciones que agregan valor (AV) y los desperdicios (NVA). Se consideran indicadores adicionales como la cantidad de piezas que se manejan por proceso, distancia recorrida desde-hacia y el tiempo empleado para cada trabajo. Puesto que un cursograma general no se adapta al momento de representar, en conjunto, un ensamble complicado como es el revólver se opta por aplicarlo sobre la **pieza principal** (ver tabla 16).

Tabla 16: Cursograma analítico del ensamble principal



<p style="text-align: center;">SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO</p> 							<p>A&M-FJ01</p> <p>Hoja 1 de 8</p> <p>Edición: 01</p>	
<p>NOMBRE DEL PRODUCTO</p>			<p>Revolver Calibre .38 ATI</p>				<p>Método: Actual</p>	
<p>PROCESO DE FABRICACION</p>			<p>Ensamble: Revolver ATI</p>		<p>Operario/Material/Equipo</p>			
			<p>Código: A10</p>		<p>Fecha:</p>			
			<p>Pieza principal: Armazon - ATI-1D</p>		<p>Elaborado por: Jorge Jaramillo</p>			
			<p>Tamaño lote: 15 unidades</p>		<p>Aprobado por: Ing. Franklin Tigre</p>			
Op.	Actividades	Máquina	Cantidad (u.)	Tiempo (seg.)	Distancia (m.)	<p>Símbolo</p> 		Observaciones
1	Almacenamiento de materias primas							
	Oxicorte de la plancha a medida 165mm * 3500mm	Carro de corte	30	82				Tiempo Prorratedo
	Transportar plancha desde la división metalmeccanica		30	16	95			Tiempo Prorratedo
	Ajustar plancha en la mordaza de la sierra	Cierra vaivén	30	2				Tiempo Prorratedo
	Cortar la plancha cada 137mm	Cierra vaivén	1	900				
	Transportar el tocho a la Fresadora universal #2		15	12	6			Por lote de piezas
2	Preparar la Fresadora para la operación 2	Fresadora		1428				Por lote de piezas
	Nivelar y ajustar tocho en la mordaza	Fresadora	1	79				
	Planear cara del tocho hasta alcanzar 44mm de ancho	Fresadora	1	629				
	Limpiar con aire y verificar medidas	Fresadora	1	27				
	Transportar tochos a la limadora		15	14	4			Por lote de piezas
3	Nivelar y ajustar tocho en la mordaza	Limadora	1	90				
	Posicionar la herramienta	Limadora	1	277				
	Planear caras irregulares con rebabas del tocho	Limadora	1	878				
	Limpiar con aire y verificar medidas	Limadora	1	26				
	Transportar tochos al centro de mecanizado CNC		15	83	45			Por lote de piezas
4	Preparar centro de mecanizado para la operación 4	CNC		5220				Por lote de piezas
	Colocar el bloque del armazón en la matriz	CNC	1	21				

Tabla 17: Continuación - Cursograma analítico del ensamble principal


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO							 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01		
NOMBRE DEL PRODUCTO							Revolver Calibre .38 ATI			Hoja 2 de 8	
										Edición: 01	
PROCESO DE FABRICACION							Ensamble: Revolver ATI		Operario/Material/Equipo		
							Código: A10		Fecha:		
							Pieza principal: Amazon - ATI-1D		Elaborado por: Jorge Jaramillo		
							Tamaño lote: 15 unidades		Aprobado por: Ing. Franklin Tigre		
Op.	Actividades	Máquina	Cantidad (u.)	Tiempo (seg.)	Distancia (m.)	Símbolo			Observaciones		
						●	■	■	▶	▼	
4	Ajustar la mordaza	CNC	1	45		●					
	Ejecutar el programa Marcado de centros	CNC	1	563		●					Automatizado
	Transportar los tochos al Taladro radial		15	18	29				●		Por lote de piezas
5	Preparar taladro radial para operación 5	Taladro radial		367		●					Por lote de piezas
	Ajustar tocho en la matriz	Taladro radial	1	58		●					
	Posicionar y fijar el usillo con broca de centros	Taladro radial	1	51		●					
	Cambio de broca	Taladro radial		22		●					Cambio de utillaje
	Perforar el tocho con broca de Ø 29 mm	Taladro radial	1	231		●					
	Cambio de broca	Taladro radial		22		●					Cambio de utillaje
	Posicionar y fijar el usillo con broca de centros	Taladro radial	1	26		●					
	Cambio de broca	Taladro radial		22		●					Cambio de utillaje
	Perforar el tocho con broca de Ø 25 mm	Taladro radial	1	114		●					
	Cambio de broca	Taladro radial		22		●					Cambio de utillaje
	Posicionar y fijar el usillo con broca de centros	Taladro radial	1	53		●					
	Cambio de broca	Taladro radial		22		●					Cambio de utillaje
	Perforar el tocho con broca de Ø 13 mm	Taladro radial	1	228		●					
	Retirar tocho de la matriz	Taladro radial	1	41		●					
Transportar a la sierra de vaivén			15	47	15				●		Por lote de piezas
6	Ajustar tocho en la mordaza	Cierra vaivén	1	36		●					
	Cortar la primera cara con exceso de material	Cierra vaivén	1	939		●					
	Ajustar tocho en la mordaza	Cierra vaivén	1	37		●					

Tabla 18: Continuación - Cursograma analítico del ensamble principal


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO							 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01		
									Hoja 3 de 8		
									Edición: 01		
NOMBRE DEL PRODUCTO			Revolver Calibre .38 ATI					Método: Actual			
PROCESO DE FABRICACION			Ensamble:	Revolver ATI			Operario/ Material /Equipo				
			Código:	A10			Fecha:				
			Pieza principal:	Armazon			Elaborado por:	Jorge Jaramillo			
			Tamaño lote:	15 unidades			Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre			
Op.	Actividades	Máquina	Cantidad (u.)	Tiempo (seg.)	Distancia (m.)	Símbolo			Observaciones		
6	Cortar la segunda cara con exceso de material	Cierra vaivén	1	935		●					
	Transportar tocho al centro de mecanizado CNC		15	86	43						Por lote de piezas
7	Preparar centro de mecanizado para la operación 7	CNC		11820		●					Por lote de piezas
	Colocar el bloque del armazón en la matriz	CNC	1	19		●					
	Ajustar la mordaza	CNC	1	42		●					
	Correr el programa de ARMAZON - Punto fijo	CNC	1	34		●					Automatizado
	Limpieza con aire	CNC	1	13		●					
	Atornillar el pivote de fijación en el bloque del armazón	CNC	1	34		●					
	Correr el programa de ARMAZON - PASO - 1	CNC	1	3879		●					Automatizado
	Verificar estado de las herramientas	CNC	1	324		●					
	Correr el programa de ARMAZON - PASO - 2	CNC	1	5093		●					Automatizado
	Verificar estado de las herramientas	CNC	1	318		●					
	Correr el programa de ARMAZON - PASO - 3	CNC	1	3261		●					Automatizado
	Verificar estado de las herramientas	CNC	1	318		●					
	Limpieza de las guías del centro de mecanizado	CNC	1	48		●					Automatizado
	Retirar el armazón del centro de mecanizado	CNC	1	25		●					
	Transportar el armazón al área de montaje			15	8	12					
8	Sacar el tuco del armazón		1	392		●					Conformado manual
	Limar rebabas del contorno y caja de mecanismos		1	445		●					Conformado manual
	Transportar armazón al esmeril		15	12	6						Por lote de piezas
	Redondear y pulir las aristas	Esmeril	1	2775		●					

Tabla 19: Continuación - Cursograma analítico del ensamble principal



<p style="text-align: center;">SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO</p> 							<p style="text-align: right;">A&M-FJ01 Hoja 4 de 8 Edición: 01</p>			
<p style="text-align: center;">NOMBRE DEL PRODUCTO</p>			<p style="text-align: center;">Revolver Calibre .38 ATI</p>				<p style="text-align: right;">Método: Actual</p>			
<p style="text-align: center;">PROCESO DE FABRICACION</p>			<p>Ensamble: Revolver ATI</p>		<p style="text-align: center;">Operario/Material/Equipo</p>					
			<p>Código: A10</p>		<p>Fecha:</p>					
			<p>Pieza principal: Armazon</p>		<p>Elaborado por: Jorge Jaramillo</p>					
			<p>Tamaño lote: 15 unidades</p>		<p>Aprobado por: Ing. Franklin Tigre</p>					
Op.	Actividades	Máquina	Cantidad (u.)	Tiempo (seg.)	Distancia (m.)	<p style="text-align: center;">Símbolo</p> 			Observaciones	
8	Pulir el diámetro interior del guardamontes	Esmeril	1	313		●				
	Trasportar a la mesa de montaje		15	12	6				●	Por lote de piezas
	Limar la ventana del armazón		1	243		●				Conformado manual
	Redondear alerones del armazón		1	464		●				Conformado manual
	Limar rebabas del agujero para el candado		1	486		●				Conformado manual
	Limar rebabas del agujero para el elevador		1	560		●				Conformado manual
IO.1	Redondeo del agujero del eje del brazo		1	413		●				Conformado manual
	Ajustaje del Brazo y el armazón		1	2277		●				Conformado manual
	Insertar en aprieto el eje del brazo		1	73		●				
	Redondear las tapas y limar rebabas		1	334		●				Conformado manual
	Ajustaje tapa y diámetro interior guardamontes		1	182		●				Conformado manual
	Encuadre de las cachas en el armazón		1	120		●				
9	Marcar el número del revolver en las piezas		1	180		●				
	Trasportar lote al taladro CN		15	30	22				●	Por lote de piezas
	Preparar taladro pedestal para operación 9	Taladro CN		405		●				Por lote de piezas
	Colocar en la matriz	Taladro CN	1	37		●				
	Perforar orificio para pin de la estrella	Taladro CN	1	78		●				
	Cambiar broca y posicionar la mesa	Taladro CN		138		●				Cambio de utillaje
	Perforar orificio para percutor diámetro Ø 2 mm	Taladro CN	1	76		●				
	Marcar con broca de centros	Taladro CN		30		●				Cambio de utillaje
	Girar la matriz	Taladro CN		17		●				Por lote de piezas
	Perforar recamara del percutor diámetro Ø 4.8 mm	Taladro CN	1	261		●				
	Retirar de la matriz	Taladro CN	1	27		●				
Trasportar lote a la mesa de montaje		15	24	16				●		
Machuelar perforaciones del armazón M3 y 1/8"		1	1423		●				Conformado manual	

Tabla 20: Continuación - Cursograma analítico del ensamble principal

SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO							 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01			
NOMBRE DEL PRODUCTO							Revolver Calibre .38 ATI			Hoja 5 de 8		
										Edición: 01		
PROCESO DE FABRICACION							Ensamble:	Revolver ATI		Operario/ Material /Equipo		
							Código:	A10		Fecha:		
							Pieza principal:	Arma		Elaborado por:	Jorge Jaramillo	
							Tamaño lote:	15 unidades		Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre	
Op.	Actividades	Máquina	Cantidad (u.)	Tiempo (seg.)	Distancia (m.)	Símbolo			Observaciones			
9	Avellanar las perforaciones del armazón		1	41		●				Conformado manual		
IO.2	Fijar cañón al marco del arma con trabador de roscas		1	295		●						
	Verificar alienación del cañón y orificios del percutor		1	29		●				Patron de la norma NIJ		
	Fijar pasadores al marco arma con trabador de roscas		1	420		●						
	Cortar excedentes del pasado y limar rebabas		1	273		●				Conformado manual		
	Verificar perpendicularidad de los pasadores		1	58		●				Patron de la norma NIJ		
	Perforar orificio para seguro de retención del percutor		1	209		●						
	Transportar el lote a la fresadora universal numero #1			15	77	55	●				Por lote de piezas	
10	Preparar fresadora para operación 10			2805		●				Por lote de piezas		
	Nivelar el marco del arma y ajustar la mordaza	Fresadora	1	51		●						
	Fresar ranura en el puente del armazón	Fresadora	1	173		●						
	Limpiar con aire y limar rebabas	Fresadora	1	10		●						
	Fresar el chavetero del cañón	Fresadora	1	309		●						
	Limpiar con aire y limar rebabas	Fresadora	1	22		●						
	Fresado del alza de mira	Fresadora	1	148		●						
	Limpiar con aire y limar rebabas	Fresadora	1	12		●						
	Chaflanado de las aristas del puente del armazón	Fresadora	1	211		●						
	Limpiar con aire y limar rebabas	Fresadora	1	16		●						
	Fresado de la muesca en alza de mira	Fresadora	1	109		●						
	Limpiar con aire	Fresadora	1	6		●						
	Redondeo del detalle en la base de cañón	Fresadora	1	401		●						

Tabla 21: Continuación - Cursograma analítico del ensamble principal



<p style="text-align: center;">SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO</p> 							<p style="text-align: center;">A&M-FJ01 Hoja 6 de 8 Edición: 01</p>				
<p style="text-align: center;">NOMBRE DEL PRODUCTO</p>			<p style="text-align: center;">Revolver Calibre .38 ATI</p>				<p style="text-align: center;">Método: Actual</p>				
<p style="text-align: center;">PROCESO DE FABRICACION</p>			<p>Ensamble: Revolver ATI</p>		<p style="text-align: center;">Operario/Material/Equipo</p>						
			<p>Código: A10</p>		<p>Fecha:</p>						
			<p>Pieza principal: Armazon</p>		<p>Elaborado por: Jorge Jaramillo</p>						
			<p>Tamaño lote: 15 unidades</p>		<p>Aprobado por: Ing. Franklin Tigre</p>						
Op.	Actividades	Máquina	Cantidad (u.)	Tiempo (seg.)	Distancia (m.)	<p style="text-align: center;">Símbolo</p> 			Observaciones		
10	Transportar al área de armado		15	80	55					Por lote de piezas	
IO.3	Fijar la mira al cañón con trabador de roscas		1	440							
	Verificar alineación entre el punto y el alza de mira		1	28							
	Conformado de la mira		1	1167						Conformado manual	
	Ajustaje del ensamble mira y cañón		1	194						Conformado manual	
	Granetear el alerón del armazón		1	46							
	Montar el mecanismo del percutor		1	458							
	Colocar la tapa y brazo		1	58							
	Trasportar el marco del arma al esmeril			15	12	6					Por lote de piezas
	Pulir y redondear el alza de la mira y la tapa	Esmeril	1	298							
	Pulir el marco del arma	Esmeril	1	1524							
Trasportar a la meza de sincronización			15	7	6					Por lote de piezas	
IO.4	Sincronizar el candado en la caja de mecanismos		1	340							
	Sincronizar el cilindro de parad y candado		1	229							
	Sincronizar el mecanismo de bloqueo del tambor		1	2628							
	Sincronizar el mecanismo de gatillo y Fiador		1	292							
	Sincronizar el mecanismo de gatillo y elevador		1	232							
	Sincronizar el mecanismo de giro del tambor		1	530							
	Sincronizar el mecanismo de retroceso del gatillo		1	191							
	Sincronizar el pin central princ con el martillo		1	378							
	Cerrar la caja de mecanismos		1	105							

Tabla 22: Continuación - Cursograma analítico del ensamble principal


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO							 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01		
									Hoja 7 de 8		
									Edición: 01		
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revolver Calibre .38 ATI				Método: Actual			
PROCESO DE FABRICACION				Ensamble:	Revolver ATI			Operario/ Material /Equipo			
				Código:	A10			Fecha:			
				Pieza principal:	Amazon			Elaborado por:	Jorge Jaramillo		
				Tamaño lote:	15 unidades			Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre		
Op.	Actividades	Máquina	Cantidad (u.)	Tiempo (seg.)	Distancia (m.)	Símbolo			Observaciones		
IO.4	Comprobar la coordinación de los mecanismos		1	75							
IO.5	Transportar el lote al polígono de tiro		15	428	220						Por lote de piezas
	Identificar las fallas de alineación y funcionamiento		1	616							De todo el lote
	Recuperar las ojivas de la prueba			272							
	Identificar puntos de roce dejados por el cañón		1	52							
	Marcar los revólveres que presenten desperfectos		1	13							Tiempo Prorrateado
	Transportar al área de ensamble		15	454	220						Por lote de piezas
	Desarmar el revólver y clasificar piezas en gavetas		1	142							
11	Marcar el numero de serie del lote		15								Trabajo externo
12	Pulir el marco del arma con lijas húmedas		1	1419							Conformado manual
	Insertar en aprieto el pin de retención del tambor		1	54							
	Conformado del pin de retención del tambor		1	421							Conformado manual
	Transportar a la pulidora		15	14	6						Por lote de piezas
	Abrillantar las piezas del revolver	Pulidora	1	2067							
	Transportar piezas a los tanques de enjuague		15	7	3.5						Por lote de piezas
13	Lavado y desengrase de las piezas		1	798							
	Amarar los sub ensambles con alambre galvanizado		1	214							
	Transportar las piezas a la hoya de pavonado		3	5	8						
	Sumergir y enjuagar las piezas en el compuesto		3	1380							Tiempo Prorrateado
	Enjuagar y secar las partes		1	82							
	Transportar a la mesa de ensamble		3	13	6						Tiempo Prorrateado

Tabla 23: Continuación - Cursograma analítico del ensamble principal

SANTA BÁRBARA EP							A&M-FJ01				
DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS							Hoja 8 de 8				
CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO							Edición: 01				
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revolver Calibre .38 ATI			Método: Actual				
PROCESO DE FABRICACION				Ensamble:		Revolver ATI		Operario/Material/Equipo			
				Código:		A10		Fecha:			
				Pieza principal:		Armazon		Elaborado por:		Jorge Jaramillo	
				Tamaño lote:		15 unidades		Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre	
Op.	Actividades	Máquina	Cantidad (u.)	Tiempo (seg.)	Distancia (m.)	Símbolo			Observaciones		
	Limpiar las piezas pavonadas		1	349		●					
	Buscar la gaveta con las piezas del mecanismo		1	31		●					
	Armar los mecanismos		1	404		●					
	Lubricar el mecanismo de carga y alimentación		1	45		●					
	Lubricar la caja de mecanismos		1	71		●					
	Ensamble de cachas		1	51		●					
IO.6	Realizar el control dimensional de acuerdo a la norma		1	272		●				NIJ 0109.00 38/357	
	Transportar el lote al polígono de tiro		15	432	220				●	Por lote de piezas	
	Probar el funcionamiento del arma		1	252		●					
	Transportar el lote al área de ensamble		15	469	220				●	Por lote de piezas	
15	Limpiar el contorno del arma		1	53		●					
	Baqueteado del cañón y las recamaras del tambor		1	242		●					
	Empaquetar el revólver calibre .38		1	14		●					
	Transportar el lote de armas al bunker		15	5	9				●	Por lote de piezas	
RESUMEN											
ACTIVIDAD			ACTUAL	PROPUESTO	ECONOMIA	TIEMPO (hh:mm:ss)		14:45:04			
Operación			118			DISTANCIA (m.)		1334			
Inspección			16			OBSERVACIONES GENERALES					
Esperas			2			El tiempo de operación corresponde a una sola unidad del lote / La distancia recorrida corresponde al Lote					
Transporte			24								
Almacenaje			2								

- **Distribución actual de la división de armas y mecanizados.**

Mediante el Layout de la fábrica es posible visualizar la distribución de las áreas de producción, equipos, estaciones y puntos de almacenamiento usados para la fabricación del revólver ATI. Existen seis sub-áreas que intervienen en el proceso, estas son: mecanizado convencional, mecanizado CNC, montaje, tratamiento químico, polígono de tiro y el bunker. La división se distribuye como un taller de trabajo (Job Shop) con un enfoque estratégico orientado al proceso. Lo necesario para cumplir con una demanda y volúmenes de producción relativamente bajos y ofrecer una gran variedad de referencias.

- **Diagrama de recorrido de los componentes del ensamble**

Sobre el Layout de la fábrica se indican las rutas de los materiales descritas en el cursograma del ensamble principal y el diagrama de operación del proceso. El diagrama especifica las: operaciones, inspecciones, transportes, esperas y almacenamientos, de forma que se pueden visualizar las rutas a través de estaciones, trabajadores y equipos, desde su inicio en la bodega de materiales hasta su empaquetamiento como producto terminado.

El diagrama de recorrido principal (Figura N°69), sigue la ruta del componente modular del ensamble hasta que el resto de partes se unan para ensamblar el revólver. Puesto que las piezas de una misma familia tienen una ruta de fabricación casi idéntica se opta por representar el flujo del grupo en un mismo diagrama de espagueti (Figura N°70); en el diagrama se identifican las rutas de cada familia a través de las estaciones de trabajo. Las piezas simples como muelles y pasadores, es decir, la familia ATI-7 y ATI-8 no se representan ya que la mayoría de sus componentes están listos para el ensamble y no requieren ser procesados.

El Buffer es un punto de almacenamiento o lote de transferencia para los componentes fabricados en el área de mecanizado convencional. Se libera al área de montaje una vez que se completen todas las piezas necesarias para el ensamblaje del revólver ATI, su ruta se indica en la Figura N°71.

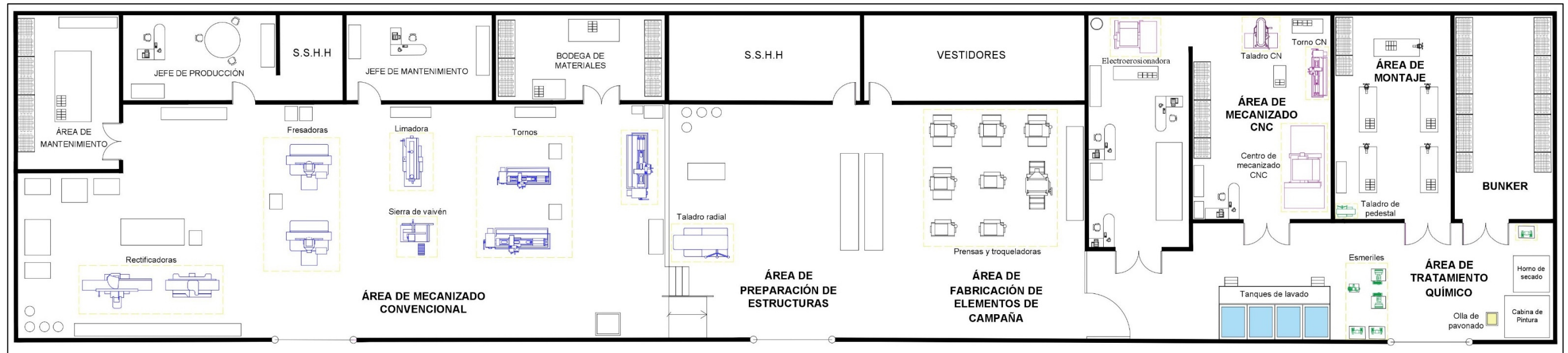


Figura N° 68: Layout actual de la planta de fabricación en Santa Bárbara EP

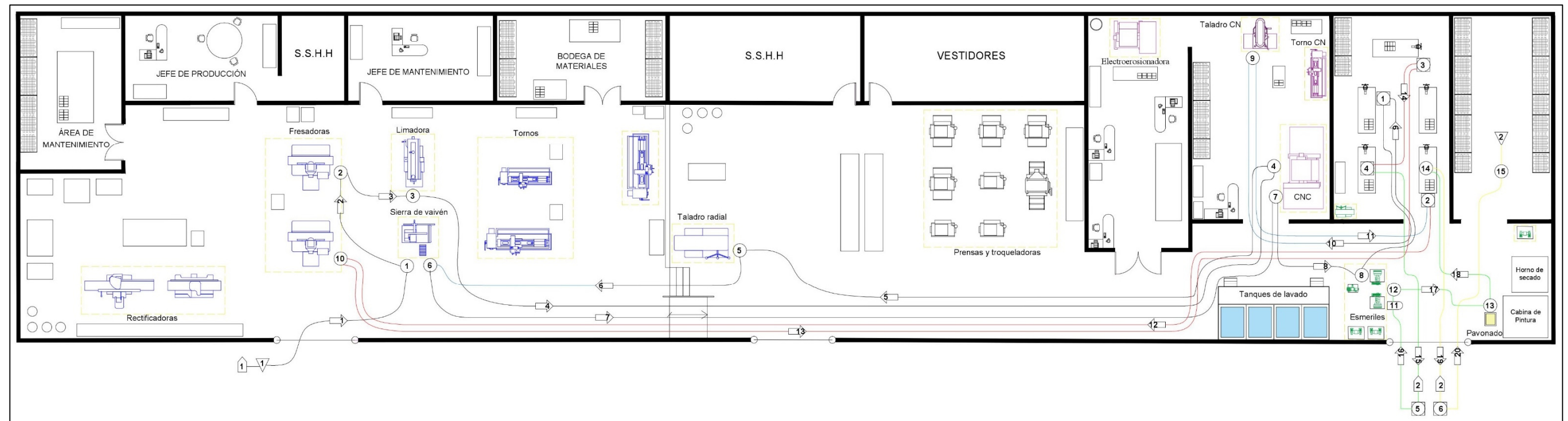


Figura N° 69: Diagrama de recorrido del ensamble principal

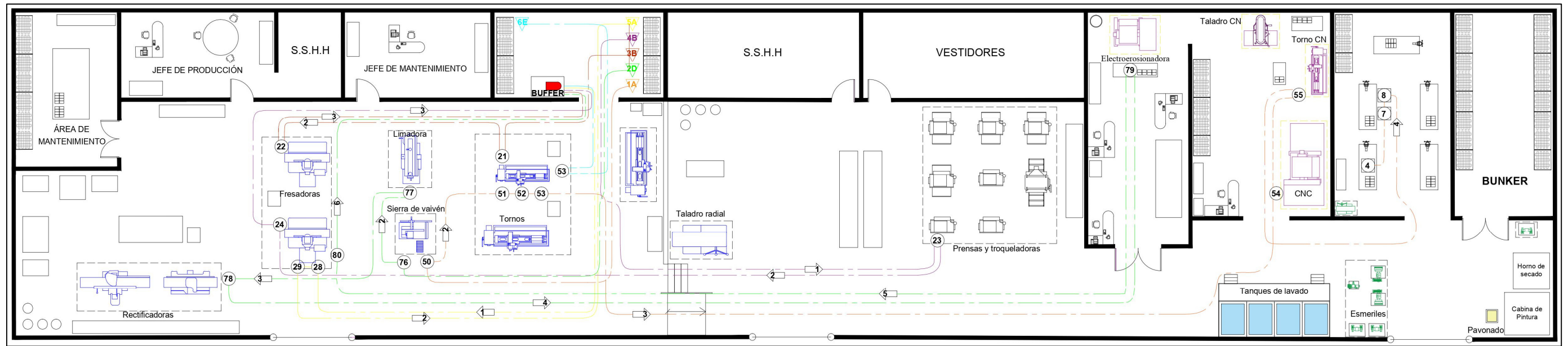


Figura N° 70: Diagrama de recorrido para las familias de piezas del Revólver ATI

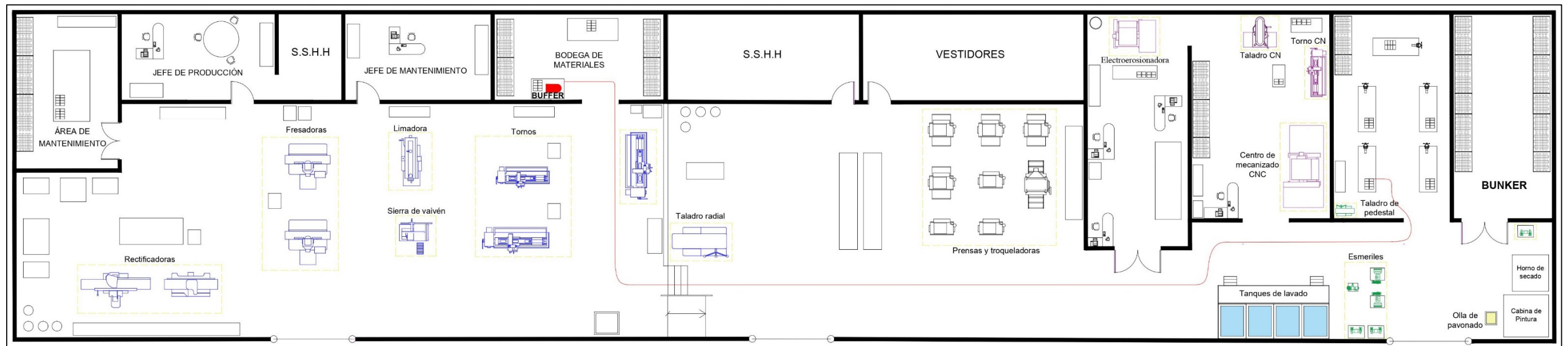


Figura N° 71: Diagrama de recorrido del buffer de piezas

Estudio de tiempos

Mediante el estudio se busca registrar el tiempo de trabajo necesario para realizar las operaciones de fabricación del revólver ATI. El estudio abarca desde las operaciones de fabricación individuales para cada componente del revólver hasta las tareas de ajuste, montaje y pruebas de funcionamiento del ensamble final. Los componentes del estudio son agrupados por familias, como se muestra en el **Anexo 2**.

A la par, en el estudio de tiempos se realiza la clasificación de las actividades productivas del proceso. Se identifican que operaciones aportan un valor agregado a al producto (AV), por los que deben ser potenciadas, cuales no aportan un valor agregado al producto pero son necesarias (NAVN), que deben ser reducidas lo máximo posible, y por último las actividades que no agregan valor (NVA) y deben ser eliminadas.

A parte, se realiza el estudio del tiempo de preparación del equipo “SET-UP” para las operaciones que se realizan en las máquinas herramientas. En el estudio se clasificaran las actividades de preparación en externas e internas.

Siguiendo con la metodología de cronometraje con vuelta a cero para un estudio de tiempos se toman en consideración los siguientes parámetros:

- **Selección del operario**

Puesto que el área de fabricación de armas de fuego y mecanizados tan solo cuenta con 10 operadores la gran mayoría de las actividades son realizadas por una sola persona a quien se toma como objeto de estudio.

- **Tamaño de la muestra**

Para determinar del tamaño de la muestra se utilizan los criterios de la metodología General Electric que se indica en la Figura N°8 de la fundamentación teórica, donde a partir de una medición preliminar del tiempo de trabajo se determina el número de ciclos a ser medidos.

- **Factor de desempeño**

El valor asignado al ritmo de trabajo dependerá de los factores de habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia que presente el operario durante el estudio de tiempos, para esto se toman los criterios y ponderaciones del Sistema Westinghouse que se muestran en la Figura N°7 de la fundamentación teórica y en asesoría del Jefe de producción quien conoce los parámetros de eficacia deseada en el proceso.

- **Suplementos**

El trabajo realizado por el operador requiere de esfuerzo que debe ser compensado con un tiempo destinado al descanso y sus necesidades personales. Para el cálculo de estos suplementos se toman las ponderaciones y criterios del **Anexo 1**, cabe destacar que existen suplementos especiales que también deben ser considerados de ser el caso.

A continuación, se muestra el ejemplo de una operación “Ajustaje y ensamble del mecanismo de extracción” detallando el método aplicado para realizar el estudio de tiempos.

Ejemplo de la metodología del estudio de tiempos

Se inicia describiendo una a una las actividades del trabajo con asesoría del operador que las realiza (ver Tabla 24). El proceso debe ser estandarizando y libre de elementos acíclicos, es decir, actividades que no se repiten normalmente.

Tabla 24: Actividades de ensamble del mecanismo de extracción

Nº	Actividades
1	Limar rebabas de la estrella
2	Machuelar eje de la estrella con rosca M4 x 07 derecha
3	Limar rebabas del contorno y recamaras del tambor
4	Escariar las recamaras del tambor
5	Insertar en aprieto cilindro de retención del brazo
6	Ajustaje de la estrella y tambor
7	Perforar agujeros para los pines del tambor
8	Insertar en aprieto pines del tambor
9	Buscar en las gavetas los componentes del ensamble
10	Armar el mecanismo de Extracción

Una vez identificadas las actividades del proceso se realiza un muestreo preliminar de tres observaciones y se calcula el tiempo de ciclo necesario para efectuar la operación (ver Tabla 25). En base a este tiempo se compara el rango y se verifica el número correcto de observaciones con la Tabla de General Electric.

Tabla 25: Tiempo observado del proceso ensamble del mecanismo de extracción

Nº	Actividades	T1	T2	T3	T.O (s)
1	Limar rebabas de la estrella	161	140	165	155.33
2	Machuelar eje de la estrella con rosca M4 x 07 derecha	480	482	493	485.00
3	Limar rebabas del contorno y recamaras del tambor	242	200	214	218.67
4	Escariar las recamaras del tambor	904	875	911	896.67
5	Insertar en aprieto cilindro de retención del brazo	60	42	57	53.00
6	Ajustaje de la estrella y tambor	252	167	188	202.33
7	Perforar agujeros para los pines del tambor	167	195	180	180.67
8	Insertar en aprieto pines del tambor	95	136	100	110.33
9	Buscar en las gavetas los componentes del ensamble	32	55	40	42.33
10	Armar el mecanismo de Extracción	45	68	50	54.33
SUMA					2400

El tiempo observado del ciclo (T.O) corresponde a 40 min, al comparar el valor con los rangos de la Tabla de General Electric se encuentra que para este caso el número correcto de observaciones corresponde a tres ciclos (ver Tabla 26).

Tabla 26: Número recomendado de observaciones para el proceso de ensamble

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Una vez obtenido el T.O es necesario determinar el tiempo en el cual un trabajador “normal” pueda realizar la operación, este tiempo se denomina tiempo normal (T.N) y se obtiene multiplicando el tiempo observado por el factor de desempeño del operador cuando realiza la operación, ecuacion (3). En promedio un operador tiene un factor base igual a uno, que aumenta o disminuye respecto a su rendimiento en los criterios planteados por el Sistema Westinghouse (ver Tabla 27).

Tabla 27: Factor de desempeño del trabajador en el proceso de ensamble

Habilidad			Esfuerzo		
+ 0.15	A1	Superhábil	+0.13	A1	Excesivo
+ 0.13	A2	Superhábil	+0.12	A1	Excesivo
+0.11	B1	Excelente	+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente	+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena	+0.05	C1	Buena
+0.03	C2	Buena	+0.02	C2	Buena
0.00	D	Promedio	0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Regular	-0.04	E1	Regular
-0.10	E2	Regular	-0.08	E2	Regular
-0.16	F1	Pobre	-0.12	F1	Pobre
-0.22	F2	Pobre	-0.17	F2	Pobre
Condiciones			Consistencia		
+0.06	A	Ideal	+0.04	A	Perfecta
+0.04	B	Excelente	+0.03	B	Excelente
+0.02	C	Buena	+0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio	0.00	D	Promedio
-0.03	E	Regular	-0.02	E	Regular
-0.07	F	Pobre	-0.04	F	Pobre

$$F.D = 1 + (0.03 + 0 + 0.02 + 0) = 1.05$$

$$T.N = \text{Tiempo Observador} \times \text{Factor de desempeño} \quad (3)$$

$$T.N = 2399 \times 1.05 = 2519 \text{ seg.}$$


Tabla 28: Calculo de suplementos para la operación de ensamble

Calculo de suplementos	
Sexo	Masculino
Suplementos constantes	
Por necesidades personales	5
Por fatiga	4
Suplementos variables	
Por trabajo de pie	0
Por postura anormal	0
Uso de fuerza energía muscular	0
Mala iluminación	0
Condiciones atmosféricas	0
Concentración intensa	0
Ruido	0
Tensión mental	1
Monotonía	0
Tedio	0
Suma total	10

Es necesario encontrar el tiempo de ejecución de la tarea acorde al ritmo tipo. Este tiempo denominado Estándar (T.E), se encuentra sumando el tiempo normal más la compensación por suplementos (ver Tabla 28). Se calcula mediante la ecuación (6). Por último la información se presenta en una hoja de tiempo y movimientos (Tabla 29)

$$T.E = 2519 * (1 + 0.10) = 2771 \text{ seg.} \quad (6)$$

Tabla 29: Hoja de Operaciones y Tiempos – Ajustaje y ensamble del mecanismo de extracción

SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS							 Santa Bárbara EP			
							A&M-FJ02			
							Hoja 1 de 88			
							Edición: 01			
NOMBRE DEL PRODUCTO			Revólver Calibre .38 ATI				Método: Cronometraje con vuelta a cero			
PROCESO DE AJUSTAJE Y ENSAMBLE			Área:	Montaje	Máquina:	Taladro de pedestal	Comienzo:	10/08/2019		
			Operación:	Ajustaje	Material:	N/A	Término:	05/12/2019		
			Ensamble:	Mecanismo Extracción	Elaborado por:	Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades		
			Jerarquía:	Sub ensamble YC	Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre				
Nº	Actividades	T1	T2	T3	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Limar rebabas de la estrella	161	140	165	466	155.33	X			
2	Machuelar eje de la estrella con rosca M4 x 07 derecha	480	482	493	1455	485.00	X			
3	Limar rebabas del contorno y recamaras del tambor	242	200	214	656	218.67	X			
4	Escariar las recamaras del tambor	904	875	911	2690	896.67	X			
5	Insertar en aprieto cilindro de retención del brazo	60	42	57	159	53.00	X			
6	Ajustaje de la estrella y tambor	252	167	188	607	202.33	X			
7	Perforar agujeros para los pines del tambor	167	195	180	542	180.67	X			
8	Insertar en aprieto pines del tambor	95	136	100	331	110.33	X			
9	Buscar en las gavetas los componentes del ensamble	32	55	40	127	42.33			X	
10	Armar el mecanismo de Extracción	45	68	50	163	54.33	X			
Total=					7196	2398.7	Observaciones			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.					F.D=	1.05	Tiempo estándar por unidad en un lote			
					T.N=					2519
					Supl=	10				252
					T.E (s)=					2771

Debido a la cantidad de procesos y actividades pertenecientes a las operaciones de Preparación de tochos, Fabricación de piezas y Ajustaje, el estudio de tiempos para estas etapas de fabricación se encuentra en el **Anexo 2** del documento.

- **Clasificación de las actividades del proceso**

A partir del estudio de tiempos del proceso de fabricación del revólver se clasifican las actividades según el valor agregado que aportan al producto, de forma que sea posible identificar las áreas de mejora del proceso. Mediante la clasificación de las actividades es posible determinar que operaciones no agregan valor (NVA) y por lo que deben ser consideradas como un desperdicio a ser reducidos.

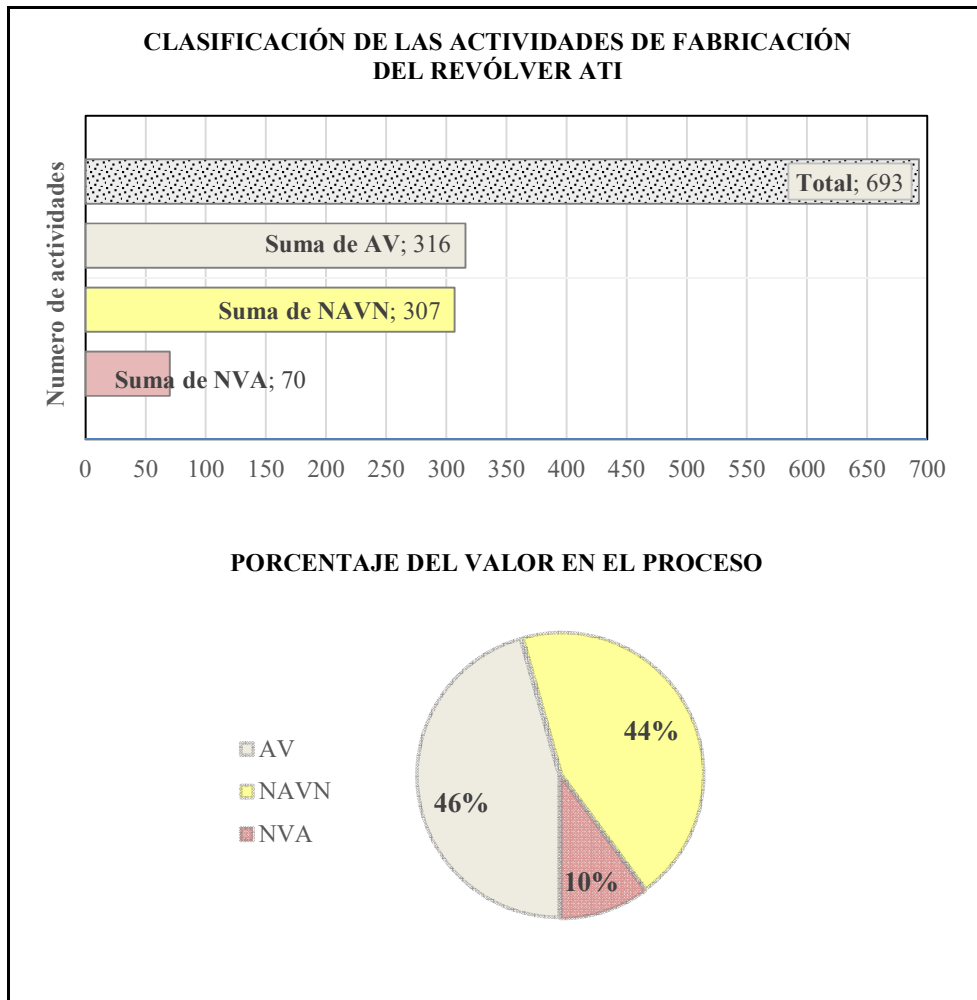


Figura N° 72: Clasificación de las actividades de las actividades del proceso

Interpretación del valor agregado

De un total de 693 actividades realizadas para la fabricación del revólver un 46 % de estas es decir 316 actividades corresponden a actividades que agregan valor, 44% es decir 307 actividades corresponden a actividades que no agregan ningún valor pero son necesarias para realizar el proceso de fabricación y un 10% es decir 70 actividades, que no agregan ningún valor (ver Figura N°72).

- **Análisis de la situación actual**

Puesto que no existen maquinarias especializadas para la ejecución de los trabajos y son más bien equipos de propósito general (Torno, Fresadora, troqueladora, etc) las actividades que no agregan valor pero son necesarias (NAVN) en su mayoría corresponden a utillaje y manejo del material. En lo que respecta a las actividades que no agregan valor (NVA) los transportes y las esperas entre procesos son la principal causa, si bien esto se redujo agrupando los equipos que mayor necesidad tienen de estar juntos en cada área de la división, la distribución de las instalaciones está diseñada como un taller de trabajo lo que implica para mayor flexibilidad de producción a costa de afrontar ciertos desperdicios.

Algunos problemas ya han sido abordados previamente en la división de armas y mecanizados mediante proyectos de mejora continua; previo a este estudio ya se aplicó 5'S, organizando las herramientas y las estaciones de trabajo a fin de no perder el tiempo en la búsqueda de materiales y herramientas, se redujo el tiempo de ajustes mediante el diseño de matrices para el maquinado de piezas, además de la adquisición acoples rápidos para el cambio de herramientas lo que facilita las labores de utillaje y permitió un uso más eficiente del tiempo de producción. Sin embargo, aún existe un gran margen de mejora respecto a la optimización del área.

El cuello de botella del proceso no ha sido identificado y mucho menos optimizado, no existe una ejecución estandarizada de la secuencia de fabricación de los componentes del revólver lo que genera conflicto entre las estaciones de trabajo, existen demasiados trabajos a espera de ser procesados entre los equipos, por último, no existe una distribución eficiente de la carga de trabajo en el área de montaje dando como resultado un porcentaje elevado de mano de obra ociosa.

- **Estudio de los tiempos de SET-UP**

Se realiza un estudio para determinar el tiempo de preparación, utillaje y puesta a punto (ver Figura N°73) necesario en cada máquina para iniciar la fabricación de los componentes del revólver. Las operaciones de Set-up se clasifican en: Actividades Internas, es decir, que solo pueden ser realizadas con la máquina parada, y Actividades Externas que se pueden realizar con el equipo en marcha.

Las actividades de puesta a punto consisten en calibrar un equipo de uso general marcando las medidas correctas para una determinada pieza en las manivelas de avance y ataque una vez que se obtenga la primera buena pieza, de forma que el resto del lote se pueda fabricar de corrido y sin la necesidad de volver a ajustar la máquina. Cabe destacar que entre componentes de una misma familia los tiempos de utillaje pueden verse reducidos ya que ocupan una configuración similar del equipo, de forma que una secuencia óptima de maquinado es necesaria para no realizar más cambios de los necesarios en la configuración del equipo

Cada máquina cuenta con un armario de herramientas ubicado junto a la estación de trabajo, aquí se ordenan en tableros a las herramientas y accesorios de tal forma que el operador tiene acceso inmediato a cada una de ellas, lo que permite minimizar el tiempo de búsqueda y las labores de utillaje.

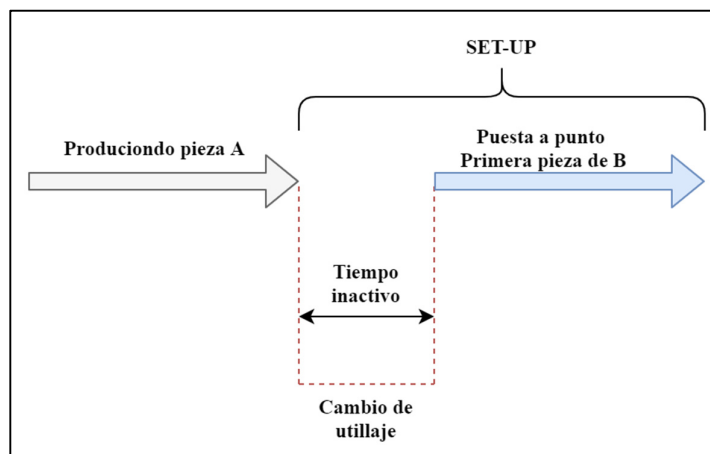


Figura N° 73: Tiempo de preparación

A continuación se presentan operaciones de preparación de cada máquina en las distintas etapas de fabricación del revólver:

- Preparación de equipos en la etapa de preparación de tochos

Tabla 30: Tiempos de preparación del torno / Preparación de tochos


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE TIEMPOS DE PREPARACIÓN 					A&M-FJ03	
					Hoja 1 de 6	
NOMBRE DEL PRODUCTO			Revólver Calibre .38 ATI		Edición: 01	
ETAPA DE FABRICACIÓN			Preparación de tochos		Elaborado por:	
					Aprobado por:	
SET-UP TORNO					Clasificación de las actividades	
Pieza	Operación	Actividades de preparación	Nº OP	Tiempo (min)	Interna	Externa
Cañón ATI-6C	Desbaste	Recibir el lote de material de trabajo	1	0.05		X
		Buscar pinzas de sujeción y cuchilla en el armario		0.32		X
		Afilar los ángulos de la herramienta		1.3	X	
		Cambiar pinza de sujeción		0.20	X	
		Ajustar cuchilla en el portaherramientas de cambio rápido		2.12	X	
		Verificar medidas del material y sujetar con la pinza		0.4	X	
		Lectura del plano		0.12		X
		Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"		16.8		X
		Extractor ATI-1A		Desbaste	Recibir lote del material de trabajo	1
Buscar pinzas de sujeción y cuchilla en el armario	0.27				X	
Afilar los ángulos de la herramienta	1.1		X			
Cambiar pinza de sujeción	0.20		X			
Ajustar cuchilla en el portaherramientas de cambio rápido	2		X			
Verificar medidas del material y sujetar con la pinza	0.32		X			
Lectura del plano	0.25				X	
Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"	18.5				X	
Tambor ATI-1B	Desbaste		Traer el material de trabajo de la bodega de materiales		1	
		Buscar pinzas de sujeción, brocas, mandril del contrapunto y cuchillas en el armario	0.65			X
		Afilar los ángulos de la herramienta	1.2	X		
		Cambiar pinza de sujeción	0.2	X		
		Cambiar el contrapunto por mandril	0.25	X		
		Ajustar las cuchillas de tronzado y desbaste en los portaherramientas de cambio rápido	3.4	X		
		Verificar medidas del material y sujetar eje con la pinza	0.75	X		
		Lectura del plano	0.16			X
		Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"	25.4			X

Tabla 31: Tiempos de preparación de fresadora / Preparación de tochos


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE TIEMPOS DE PREPARACIÓN 						A&M-FJ03	
						Hoja 2 de 6	
NOMBRE DEL PRODUCTO		Revólver Calibre .38 ATI				Edición: 01	
ETAPA DE FABRICACIÓN		Preparación de tochos		Elaborado por:		Jorge Jaramillo	
				Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre	
SET-UP FRESADORA UNIVERSAL						Clasificación de las actividades	
Pieza	Operación	Actividades de preparación	Nº OP	Tiempo (min)	Interna	Externa	
Brazo del tambor ATI-1C	Fresado	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05		X	
		Buscar fresa de vástago, pinza y escuadra en el armario		0.53		X	
		Sujetar pinza en el eje		0.13	X		
		Ajustar la fresa en el portaherramientas		0.4	X		
		Verificar medidas del material y nivelar en la mordaza		1.25	X		
		Lectura del plano		0.1		X	
		Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"		15.9		X	
Armazón ATI-1D	Planeado	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05		X	
		Buscar fresa porta insertos, cono morse "Eje porta fresas" y escuadra en el armario		0.5		X	
		Cambiar cono morse		3.6	X		
		Ajustar la herramienta en el husillo		0.75	X		
		Verificar medidas del material y nivelar en la mordaza		1.6	X		
		Lectura del plano		0.1		X	
		Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"		17.2		X	

Tabla 32: Tiempos de preparación de taladro CN / Preparación de tochos


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE TIEMPOS DE PREPARACIÓN 						A&M-FJ03	
						Hoja 3 de 6	
NOMBRE DEL PRODUCTO		Revólver Calibre .38 ATI				Edición: 01	
ETAPA DE FABRICACIÓN		Preparación de tochos		Elaborado por:		Jorge Jaramillo	
				Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre	
SET-UP TALADRO CN						Clasificación de las actividades	
Pieza	Operación	Actividades de preparación	Nº OP	Tiempo (min)	Interna	Externa	
Cachas ATI-1E	Perforado	Traer lote de material de la bodega	1	3.2		X	
		Buscar brocas y pinzas de presión en el estante de herramientas		0.3		X	
		Ajustar broca en el portaherramientas		0.13	X		
		Fijar piezas con pinzas de presión		1.1	X		

Tabla 33: Tiempos de preparación de taladro radial / Preparación de tochos


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE TIEMPOS DE PREPARACIÓN 					A&M-FJ03	
					Hoja 4 de 6	
NOMBRE DEL PRODUCTO		Revólver Calibre .38 ATI			Edición: 01	
ETAPA DE FABRICACIÓN		Preparación de tochos	Elaborado por:	Jorge Jaramillo		
			Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre		
SET-UP TALADRO RADIAL					Clasificación de las actividades	
Pieza	Operación	Actividades de preparación	Nº OP	Tiempo (min)	Interna	Externa
Armazón ATI-1D	Perforado	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05		X
		Buscar brocas, llaves, y matriz de la pieza		1.2		X
		Montar la matriz en la mesa de trabajo		4	X	
		Colocar broca de centros		0.36	X	
		Posicionar mesa en el rango de la torre		0.5	X	

Tabla 34: Tiempos de preparación de troqueladora / Preparación de tochos



SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE TIEMPOS DE PREPARACIÓN 					A&M-FJ03	
					Hoja 5 de 6	
NOMBRE DEL PRODUCTO		Revólver Calibre .38 ATI			Edición: 01	
ETAPA DE FABRICACIÓN		Preparación de tochos	Elaborado por:	Jorge Jaramillo		
			Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre		
SET-UP TROQUELADORA					Clasificación de las actividades	
Pieza	Operación	Actividades de preparación	Nº OP	Tiempo (min)	Interna	Externa
Tapa lateral ATI-4B	Troquel	Traer platinas de la bodega	1	2.7		X
		Buscar llaves, matriz, guías y punzón		1.9		X
		Armar el mecanismo de troquel sobre la prensa		5.6	X	
		Lubricar el mecanismo		0.36	X	
		Fijar la altura entre la matriz y el punzón		0.5	X	

Tabla 35: Tiempos de preparación de centro de mecanizado CNC / Preparación de tochos

SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE TIEMPOS DE PREPARACIÓN					 A&M-FJ03 Hoja 6 de 6	
NOMBRE DEL PRODUCTO		Revólver Calibre .38 ATI		Edición: 01		
ETAPA DE FABRICACIÓN		Preparación de tochos	Elaborado por:	Jorge Jaramillo		
			Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre		
SET-UP CENTRO DE MECANIZADO CNC					Clasificación de las actividades	
Pieza	Operación	Actividades de preparación	Nº OP	Tiempo (min)	Interna	Externa
Armazón ATI-1D	Centrado	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05		X
		Limpiar la cabina de la máquina, superficies, porta herramientas, mesa y quijadas		23.2	X	
		Buscar llaves, acoples y herramientas		1.8		X
		Desmontar mordazas del trabajo anterior y guardar en el anaquel		9.8	X	
		Montar cabezal y mordazas para el trabajo de centrado		29.7	X	
		Seleccionar herramienta T5 del porta herramientas radial de la máquina y cambiar broca		0.66	X	
		Verificar estado de las herramientas y cambiar insertos de ser necesario		13.3	X	
		Cargar herramientas en el controlador CNC		2.9	X	
		Setear y compensar cada herramienta para el trabajo de centrado		5.33	X	
		Ajustar las líneas de refrigeración en el ángulo adecuado		0.3	X	

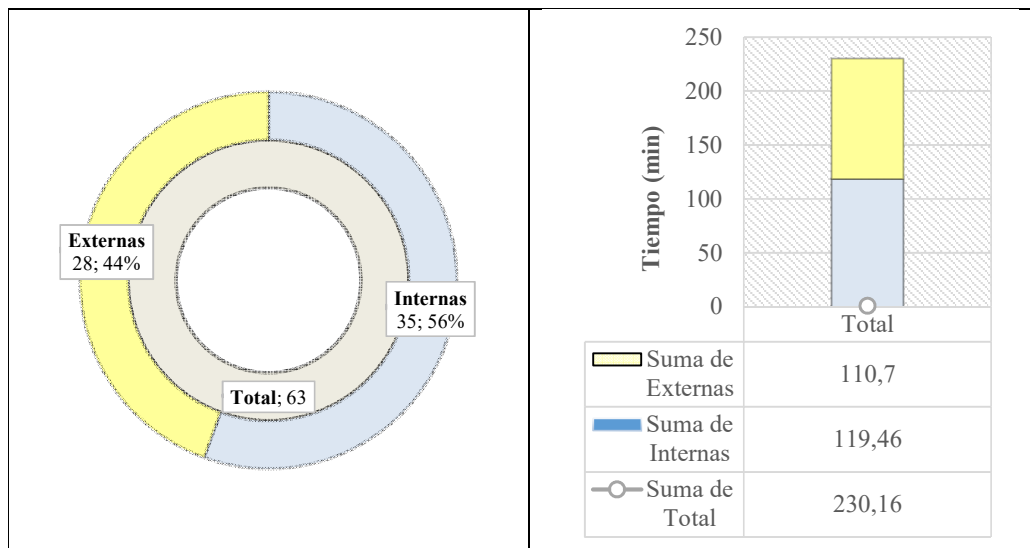


Figura N° 74: Resumen de las actividades de SET-UP / Preparación de tochos

Interpretación actividades de SET-UP – Preparación de tochos

En el proceso de preparación de tochos requiere de 6 máquinas herramientas de propósito general que necesitan de una preparación previa antes de iniciar la producción de una determinada pieza del revólver. Existe un total de 63 actividades (ver tablas 30 a 35) de las cuales el 44% corresponde a actividades externas, es decir, que no requieren detener el equipo y un 56% de actividades internas que si lo requieren. La suma del tiempo de preparación de todos los equipos es de 230.16 minutos de los cuales 121 minutos se destinan a actividades externas y 119.46 a las actividades internas (ver Figura N°74).

- **Preparación de equipos en la etapa de Fabricación de piezas**

Tabla 36: Tiempos de preparación del torno / Fabricación de piezas


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE TIEMPOS DE PREPARACIÓN 					A&M-FJ03	
					Hoja 1 de 2	
NOMBRE DEL PRODUCTO			Revólver Calibre .38 ATI		Edición: 01	
ETAPA DE FABRICACIÓN			Fabricación de piezas		Elaborado por: Jorge Jaramillo	
					Aprobado por: Ing. Franklin Tigre	
SET-UP TORNO					Clasificación de las actividades	
Pieza	Operación	Actividades de preparación	N° OP	Tiempo (min)	Interna	Externa
Brazo del tambor ATI-1C	Torneado	Recibir el lote de material de trabajo	1	0.05		X
		Buscar chuck universal en la bodega de materiales		2.4		X
		Buscar llaves, mandril del contrapunto y cuchillas del armario de herramientas.		0.3		X
		Afilar los ángulos de la herramienta		1	X	
		Cambiar chuck universal o cabezal del torno		20.6	X	
		Ajustar cuchilla en el portaherramientas de cambio rápido		1.9	X	
		Cambiar contrapunto por mandril		0.25	X	
		Verificar medidas del material y calibrar las mordazas a las medidas del tocho		17.3	X	
		Lectura del plano		0.4		X
		Puesta a punto “producción de la primera buena pieza”		40.6		X
		Acabados		Buscar matriz, lijas y reloj palpador del armario de herramientas.	1	0.36
	Afilar los ángulos de la herramienta		1	X		
	Centrar la matriz con reloj palpador		16	X		
	Ajustar cuchilla en el portaherramientas de cambio rápido		2	X		
	Lectura del plano		0.3			X
	Puesta a punto		17.3			X

Tabla 36: Continuación - Tiempos de preparación del torno / Fabricación de piezas

Eje del brazo ATI-6B	Torneado	Traer material de trabajo de la bodega de materiales	1	1.5		X
		Buscar pinzas de sujeción, brocas, mandril del contrapunto y cuchillas		0.85		X
		Afilar los ángulos de la herramienta		1.2	X	
		Cambiar pinza de sujeción		0.2	X	
		Cambiar el contrapunto por mandril		0.25	X	
		Ajustar las cuchillas de tronzado, ranurado y desbaste en los portaherramientas de cambio rápido		4.4	X	
		Verificar medidas del material y sujetar eje con la pinza		0.25	X	
		Lectura del plano		0.25		X
		Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"		18.4		X
		Cañón ATI-6C		Acabados	Recibir el lote de material de trabajo	1
Buscar pinzas de sujeción, galga cuenta hilos, lijas, matriz del cañón y cuchilla de roscado en el armario	0.8				X	
Afilar los ángulos de la herramienta	1		X			
Cambiar pinza de sujeción	0.2		X			
Centrar matriz en la pinza	0.2		X			
Ajustar cuchilla de roscado y desbaste en los portaherramientas de cambio rápido	3.2		X			
Verificar medidas del material y sujetar en la matriz	1.2		X			
Lectura del plano	0.4				X	
Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"	32.1				X	
Conformado	Buscar herramientas de conformado y mandril del contrapunto		0.3			
	Ajustar cuchilla de mandrinado en el porta herramientas		1.8	X		
	Cambiar contrapunto por mandril y ajustar broca de avellanado		0.45	X		
	Retirar la matriz y cambiar de pinza		0.3	X		
Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"	8.1			X		
Anillo separador extractor ATI-6A	Torneado	Traer material de trabajo de la bodega de materiales	1	1.5		X
		Buscar pinzas de sujeción, mandril del contrapunto, brocas y cuchilla en el armario de herramientas		0.7		X
		Afilar los ángulos de la herramienta		1	X	
		Cambiar pinza de sujeción		0.2	X	
		Cambiar contrapunto por mandril y ajustar broca		0.4	X	
		Ajustar cuchilla en el portaherramientas de cambio rápido		1.8	X	
		Verificar medidas del material y sujetar eje con la pinza		0.3	X	
		Lectura del plano		0.15		X
		Puesta a punto		6.12		X

Tabla 36: Continuación - Tiempos de preparación del torno / Fabricación de piezas

Eje principal del tambor ATI-6E	Torneado	Traer material de trabajo de la bodega de materiales	1	1.5		X
		Buscar pinzas de sujeción, mandril del contrapunto, brocas y cuchilla en el armario de herramientas		0.8		X
		Afilar los ángulos de la herramienta		1	X	
		Cambiar pinza de sujeción		0.2	X	
		Cambiar contrapunto por mandril y ajustar broca		0.4	X	
		Ajustar cuchillas de desbaste y tronzado en los portaherramientas de cambio rápido		3.3	X	
		Verificar medidas del material y sujetar eje con la pinza		0.3	X	
		Lectura del plano		0.25		X
		Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"		28.3		X
		Acabados		Buscar cuchilla de roscado y herramienta de moleteado	0.4	
	Ajustar cuchillas de roscado y moleteado en el portaherramientas			3.5	X	
	Lectura del plano			0.2		X
	Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"			14		X
	Pin central de la estrella ATI-6F	Torneado		Traer material de trabajo de la bodega de materiales	1	1.5
Buscar pinzas de sujeción, cuchillas de desbaste y tronzado			0.3			X
Afilar los ángulos de la herramienta			1	X		
Cambiar pinza de sujeción			0.2	X		
Ajustar cuchillas de desbaste y tronzado en los portaherramientas de cambio rápido			3.2	X		
Verificar medidas del material y sujetar eje con la pinza			0.3	X		
Lectura del plano			0.15			X
Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"			16.3			X
Pin de retención del tambor ATI-6H			Torneado	Traer material de trabajo de la bodega de materiales		1
	Buscar pinzas de sujeción, cuchillas de desbaste y tronzado	0.3			X	
	Afilar los ángulos de la herramienta	1		X		
	Cambiar pinza de sujeción	0.2		X		
	Ajustar cuchillas de desbaste y tronzado en los portaherramientas de cambio rápido	3.2		X		
	Verificar medidas del material y sujetar eje con la pinza	0.3		X		
	Lectura del plano	0.2			X	
	Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"	4.7			X	

Tabla 36: Continuación - Tiempos de preparación del torno / Fabricación de piezas

Extractor (estrella) ATI-1A	Acabados	Recibir lote de material de trabajo	1	0.05		X
		Buscar pinzas de sujeción, mandril del contrapunto, brocas, lijas y cuchilla en el armario de herramientas	1	0.7		X
		Afilar los ángulos de la herramienta	1	1	X	
		Cambiar pinza de sujeción	1	0.2	X	
		Cambiar contrapunto por mandril y ajustar broca	1	0.4	X	
		Ajustar cuchillas de desbaste y tronzado en los portaherramientas de cambio rápido	1	3	X	
		Verificar medidas del material y sujetar pieza con la pinza	1	0.5	X	
		Lectura del plano	1	0.4		X
		Puesta a punto “producción de la primera buena pieza”	1	26.6		X
		Torneado	Cambiar pinza de sujeción	1	0.25	X
	Cambiar broca del contrapunto	1	0.15	X		
	Verificar medidas del material y sujetar pieza con la pinza	1	0.5	X		
	Lectura del plano	1	0.4		X	
	Puesta a punto “producción de la primera buena pieza”	1	37.7		X	
	Tambor ATI-1B	Acabados	Recibir el lote de material de trabajo	1	0.05	
Buscar pinzas de sujeción, lijas, matriz del tambor, contrapunto y cuchilla del armario			1	0.9		X
Afilar los ángulos de la herramienta			1	1	X	
Cambiar pinza de sujeción			1	0.2	X	
Centrar matriz en la pinza			1	0.3	X	
Ajustar cuchilla de desbaste en los portaherramientas de cambio rápido			1	1.8	X	
Verificar medidas del material y sujetar con la matriz			1	1.8	X	
Lectura del plano			1	0.4		X
Puesta a punto “producción de la primera buena pieza”			1	24.4		X
Cerrojo ATI-3A			Torneado	Traer material de trabajo de la bodega de materiales	1	1.5
	Buscar pinzas de sujeción, mandril del contrapunto, brocas, cuchillas de desbaste y tronzado	1		0.3		X
	Afilar los ángulos de la herramienta	1		1	X	
	Cambiar pinza de sujeción	1		0.2	X	
	Cambiar contrapunto por mandril	1		0.35	X	
	Ajustar cuchillas de desbaste y tronzado en los portaherramientas de cambio rápido	1		3	X	
	Verificar medidas del material y sujetar eje con la pinza	1		0.3	X	
	Lectura del plano	1		0.4		X
	Puesta a punto “producción de la primera buena pieza”	1		13.6		X

Tabla 36: Continuación - Tiempos de preparación del torno / Fabricación de piezas

Percutor ATI-3B	Torneado	Traer material de trabajo de la bodega de materiales	1	1.5		X
		Buscar pinzas de sujeción, cuchillas de desbaste y tronzado		0.3		X
		Afilar los ángulos de la herramienta		1	X	
		Cambiar pinza de sujeción		0.2	X	
		Ajustar cuchillas de desbaste y tronzado en los portaherramientas de cambio rápido		3	X	
		Verificar medidas del material y sujetar eje con la pinza		0.3	X	
		Lectura del plano		0.4		X
		Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"		7.5		X
		Cilindro de retención ATI-3C		Torneado	Traer material de trabajo de la bodega de materiales	1
Buscar pinzas de sujeción, mandril del contrapunto, brocas, cuchillas de desbaste y tronzado	0.3				X	
Afilar los ángulos de la herramienta	1		X			
Cambiar pinza de sujeción	0.2		X			
Cambiar contrapunto por mandril	0.35		X			
Ajustar cuchillas de desbaste y tronzado en los portaherramientas de cambio rápido	3		X			
Verificar medidas del material y sujetar eje con la pinza	0.3		X			
Lectura del plano	0.4				X	
Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"	6.6				X	
Acabados	1		Recibir el lote de material de trabajo	0.05		X
			Buscar pinzas de sujeción, lijas, matriz del cilindro, contrapunto y cuchilla de roscado en el armario	0.7		X
			Afilar los ángulos de la herramienta	1	X	
			Cambiar pinza de sujeción	0.2	X	
			Centrar matriz en la pinza	0.3	X	
			Ajustar cuchilla de desbaste en los portaherramientas de cambio rápido	1.8	X	
			Verificar medidas del material y sujetar en la matriz	0.5	X	
			Lectura del plano	0.4		X
			Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"	6.2		X

Tabla 37: Tiempos de preparación de fresadora / Fabricación de piezas

SANTA BÁRBARA EP					A&M-FJ03		
DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS					Hoja 2 de 2		
HOJA DE TIEMPOS DE PREPARACIÓN							
NOMBRE DEL PRODUCTO			Revólver Calibre .38 ATI		Edición: 01		
ETAPA DE FABRICACIÓN			Fabricación de piezas		Elaborado por: Jorge Jaramillo		
					Aprobado por: Ing. Franklin Tigre		
SET-UP FRESADORA UNIVERSAL					Clasificación de las actividades		
Pieza	Operación	Actividades de preparación	Nº OP	Tiempo (min)	Interna	Externa	
Tapa Lateral ATI-4B	Fresado	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05		X	
		Buscar fresa de vástago, pinza, matriz de la tapa y escuadra en el armario		0.7		X	
		Sujetar pinza en el eje		0.15	X		
		Ajustar la fresa en el portaherramientas		0.25	X		
		Ajustar y nivelar matriz de tapas en la mordaza		3.8	X		
		Lectura del plano		0.3		X	
		Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"		11.6		X	
Cerrojo ATI-3A	Fresado	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05		X	
		Buscar fresa de vástago, pinza, matriz del percutor y escuadra en el armario		0.6		X	
		Sujetar pinza en el eje		0.15	X		
		Ajustar la fresa en el portaherramientas		0.2	X		
		Ajustar y nivelar la platina matriz del percutor en la mordaza		0.8	X		
		Lectura del plano		0.3		X	
		Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"		7.2		X	
Percutor ATI-3B	Fresado	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05		X	
		Buscar fresa de vástago, pinza, matriz del percutor y escuadra en el armario		0.6		X	
		Sujetar pinza en el eje		0.15	X		
		Ajustar la fresa en el portaherramientas		0.2	X		
		Ajustar y nivelar la platina matriz del percutor en la mordaza		0.8	X		
		Lectura del plano		0.3		X	
		Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"		4.2		X	
Seguro del pulgar ATI-5A	Fresado	Traer material de trabajo de la bodega de materiales	1	1.7		X	
		Buscar fresa de vástago, pinzas, brocas y escuadra en el armario		0.6		X	
		Sujetar pinza en el eje		0.15	X		
		Ajustar la fresa en el portaherramientas		0.2	X		
		Verificar medidas del material		0.6		X	
		Lectura del plano		0.3		X	
		Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"		12.3		X	
	Redondeo	Redondeo	Buscar fresas redonda y de vástago, matriz, plato giratorio y pinzas, en el armario	1	0.8		X
			Sujetar pinza en el eje		0.15	X	

Tabla 37: Continuación - Tiempos de preparación de fresadora / Fabricación de piezas

Seguro pulgar ATI-5A	Redondeo	Ajustar la fresa en el portaherramientas		0.2	X	
		Ajustar plato giratorio en la mesa y nivelar matriz del seguro de pulgar		4.6	X	
		Verificar medidas del material		0.2		X
		Lectura del plano		0.3		X
		Puesta a punto “producción de la primera buena pieza”		15.4		X
Mira ATI-5B	Fresado	Traer material de trabajo de la bodega de materiales	1	1.7		X
		Buscar fresas de vástago y ángulo, pinzas y escuadra en el armario		0.7		X
		Sujetar pinza en el eje		0.15	X	
		Ajustar la fresa en el portaherramientas		0.2	X	
		Verificar medidas del material		0.5	X	
		Lectura del plano		0.3		X
		Puesta a punto “producción de la primera buena pieza”		5.3		X
Fiador ATI-5C	Fresado	Traer material de trabajo de la bodega de materiales	1	1.7		X
		Buscar fresas de vástago, pinzas y escuadra en el armario		0.6		X
		Sujetar pinza en el eje		0.15	X	
		Ajustar la fresa en el portaherramientas		0.2	X	
		Verificar medidas del material		0.6	X	
		Lectura del plano		0.3		X
		Puesta a punto “producción de la primera buena pieza”		41.5		X
Liberad ATI-5D	Fresado	Traer material de trabajo de la bodega de materiales	1	1.7		X
		Buscar fresas de vástago, pinzas y escuadra en el armario		0.65		X
		Sujetar pinza en el eje		0.15	X	
		Ajustar la fresa en el portaherramientas		0.25	X	
		Verificar medidas del material		0.6	X	
		Lectura del plano		0.3		X
		Puesta a punto “producción de la primera buena pieza”		30.5		X
Candado ATI-2A	Fresado	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05		X
		Buscar fresa de vástago, pinza, matriz del candado y escuadra en el armario		0.6		X
		Sujetar pinza en el eje		0.15	X	
		Ajustar la fresa en el portaherramientas		0.25	X	
		Ajustar y nivelar la platina matriz del candado en la mordaza		0.5	X	
		Lectura del plano		0.3		X
		Puesta a punto “producción de la primera buena pieza”		8.2		X
Bloque de retroceso	Perforado	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05		X
		Buscar mandril portabrocas, brocas, matriz del bloque y escuadra en el armario		0.4		X
		Cambiar cono por mandril portabrocas		2.8	X	
		Ajustar broca en el mandril		0.15	X	
		Ajustar y nivelar la matriz del candado en la mordaza		1.85	X	

Tabla 37: Continuación - Tiempos de preparación de fresadora / Fabricación de piezas

Bloque de retroceso ATI-2B	Perforado	Desbloquear el recorrido vertical del husillo		0.15	X		
		Lectura del plano		0.3		X	
		Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"		6.3		X	
	Fresado	1	Recibir lote del material de trabajo		0.05		X
			Buscar fresa T-Slot, pinza, matriz del bloque y escuadra en el armario		0.6		X
			Sujetar pinza en el eje		0.15	X	
			Ajustar la fresa en el portaherramientas		0.3	X	
			Ajustar y nivelar la matriz del bloque en la mordaza		2.2	X	
			Lectura del plano		0.3		X
			Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"		7.5		X
Elevador ATI ATI-2C	Fresado	1	Recibir lote del material de trabajo		0.05		X
			Buscar fresa de vastago, pinza, matriz del elevador y escuadra en el armario		0.5		X
			Sujetar pinza en el eje		0.15	X	
			Ajustar la fresa en el portaherramientas		0.25	X	
			Ajustar y nivelar la matriz del elevador en la mordaza		3.4	X	
			Lectura del plano		0.3		X
			Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"		13.2		X
			Gatillo ATI-2D	Fresado	1	Recibir lote del material de trabajo	
Buscar fresa T-Slot, mandril portabrocas pinza, matriz del gatillo y escuadra en el armario		0.8					X
Cambiar cono por mandril portabrocas		3				X	
Ajustar broca en el portaherramientas		0.3				X	
Ajustar y nivelar la matriz del gatillo en la mordaza		4.6				X	
Desbloquear el recorrido vertical del husillo		0.15				X	
Lectura del plano		0.3					X
Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"		37.3					X
Martillo ATI-2E	Fresado	1				Recibir lote del material de trabajo	
			Buscar fresa T-Slot, mandril portabrocas pinza, matriz del gatillo y escuadra en el armario		0.8		X
			Cambiar cono por mandril portabrocas		3.2	X	
			Ajustar broca en el portaherramientas		0.3	X	
			Ajustar y nivelar la matriz del gatillo en la mordaza		4.4	X	
			Lectura del plano		0.3		X
			Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"		13		X

Tabla 38: Tiempos de preparación de troqueladora / Fabricación de piezas


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE TIEMPOS DE PREPARACIÓN 					A&M-FJ03	
					Hoja 5 de 6	
NOMBRE DEL PRODUCTO		Revólver Calibre .38 ATI			Edición: 01	
ETAPA DE FABRICACIÓN		Fabricación de piezas	Elaborado por:	Jorge Jaramillo		
			Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre		
SET-UP TROQUELADORA					Clasificación de las actividades	
Pieza	Operación	Actividades de preparación	Nº OP	Tiempo (min)	Interna	Externa
Placa princip. ATI-4A	Troquel	Traer platinas de la bodega	1	2.7		X
		Buscar llaves, matriz, guías y punzón		1.9		X
		Armar el mecanismo de troquel sobre la prensa		5.3	X	
		Lubricar el mecanismo		0.4	X	
		Fijar la altura entre la matriz y el punzón		0.5	X	
Pin central ATI-4C	Troquel	Traer platinas de la bodega	1	2.7		X
		Buscar llaves, matriz, guías y punzón		1.9		X
		Armar el mecanismo de troquel sobre la prensa		4.85	X	
		Lubricar el mecanismo		0.4	X	
		Fijar la altura entre la matriz y el punzón		0.5	X	

Tabla 39: Tiempos de preparación de Electroerosionadora / Fabricación de piezas


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE TIEMPOS DE PREPARACIÓN 					A&M-FJ03	
					Hoja 5 de 6	
NOMBRE DEL PRODUCTO		Revólver Calibre .38 ATI			Edición: 01	
ETAPA DE FABRICACIÓN		Fabricación de piezas	Elaborado por:	Jorge Jaramillo		
			Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre		
SET-UP ELECTROEROSIONADORA					Clasificación de las actividades	
Pieza	Operación	Actividades de preparación	Nº OP	Tiempo (min)	Interna	Externa
Cilindro reten. ATI-3C	Corte por hilo	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05		X
		Ajustar cero de la máquina		0.25	X	
		Montar el carrete de hilo de corte		0.5	X	
		Seleccionar el programa de corte del cilindro de retención		0.15	X	
		Buscar matriz		0.1		X
		Montar matriz sobre la mesa de corte		0.45	X	
Candado ATI-2A	Corte por hilo	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05		X
		Ajustar cero de la máquina		0.3	X	
		Montar el carrete y calibrar hilo de corte		0.85	X	
		Seleccionar el programa de corte del martillo		0.17	X	
		Buscar mordazas y platina rectificada		0.25		X
		Ajustar el material en la mesa de corte		0.5	X	

Tabla 39: Continuación - Tiempos de preparación de Electroerosionadora /Fabricación de piezas

Bloque retroc. ATI-2B	Corte por hilo	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05		X
		Ajustar cero de la máquina		0.3	X	
		Montar el carrete y calibrar hilo de corte		0.85	X	
		Seleccionar el programa de corte del martillo		0.17	X	
		Buscar mordazas y platina rectificada		0.25		X
		Ajustar el material en la mesa de corte		0.5	X	
Elevador ATI ATI-2C	Corte por hilo	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05		X
		Ajustar cero de la máquina		0.3	X	
		Montar el carrete y calibrar hilo de corte		0.85	X	
		Seleccionar el programa de corte del martillo		0.17	X	
		Buscar mordazas y platina rectificada		0.25		X
		Ajustar el material en la mesa de corte		0.5	X	
Gatillo ATI-2D	Corte por hilo	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05		X
		Ajustar cero de la máquina		0.3	X	
		Montar el carrete y calibrar hilo de corte		0.85	X	
		Seleccionar el programa de corte del martillo		0.17	X	
		Buscar mordazas y platina rectificada		0.25		X
		Ajustar el material en la mesa de corte		0.5	X	
Martillo ATI-2E	Corte por hilo	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05		X
		Ajustar cero de la máquina		0.3	X	
		Montar el carrete y calibrar hilo de corte		0.85	X	
		Seleccionar el programa de corte del martillo		0.17	X	
		Buscar mordazas y platina rectificada		0.25		X
		Ajustar el material en la mesa de corte		0.5	X	

Tabla 40: Tiempos de preparación de centro de mecanizado CNC / Fabricación de piezas


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE TIEMPOS DE PREPARACIÓN					A&M-FJ03	
					Hoja 6 de 6	
NOMBRE DEL PRODUCTO		Revólver Calibre .38 ATI			Edición: 01	
ETAPA DE FABRICACIÓN		Fabricación de piezas	Elaborado por:	Jorge Jaramillo		
			Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre		
SET-UP CENTRO DE MECANIZADO CNC					Clasificación de las actividades	
Pieza	Operación	Actividades de preparación	Nº OP	Tiempo (min)	Interna	Externa
Brazo del tambor ATI-1C	Mecanizado	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05		X
		Limpiar la cabina de la máquina, superficies, porta herramientas, mesa y quijadas		25	X	
		Buscar llaves, matriz, acoples y herramientas		1.6		X
		Desmontar mordazas del trabajo anterior y guardar en el anaquel		10	X	
		Montar matriz y mordazas para el trabajo de mecanizado de brazos		12.7	X	
		Verificar estado de las herramientas y cambiar insertos de ser necesario		19.8	X	

Tabla 40: Continuación - Tiempos de preparación de mecanizado CNC / Fabricación de piezas

Brazo ATI-1C	Mecanizado	Cargar herramientas en el controlador		4.4	X	
		Setear y compensar cada herramienta para el trabajo de centrado		6	X	
		Ajustar las líneas de refrigeración en el ángulo adecuado		0.3	X	
Cachas ATI-1E	Mecanizado	Recibir lote del material de trabajo		0.05		X
		Limpiar la cabina de la máquina, superficies, porta herramientas, mesa y quijadas		35	X	
		Buscar llaves, matriz de sujeción para cachas y herramientas		1.2		X
		Desmontar mordazas del trabajo anterior y guardar en el anaquel	1	10	X	
		Montar matriz y mordazas para el trabajo de mecanizado de cachas		7.3	X	
		Verificar estado de las herramientas y cambiar insertos de ser necesario		6.7	X	
		Cargar herramientas en el controlador CNC		1.5	X	
		Setear y compensar cada herramienta para el trabajo de mecanizado de cachas		2.7	X	
		Armazón ATI-1E	Mecanizado	Recibir lote del material de trabajo		0.05
Limpiar la cabina de la máquina, superficies, porta herramientas, mesa y quijadas				30	X	
Buscar llaves, acoples y herramientas				1.8		X
Desmontar mordazas del trabajo anterior y guardar en el anaquel				10	X	
Montar cabezal en el cuarto eje y mordazas para el trabajo de mecanizado del armazón	1			26.5	X	
Verificar estado de las herramientas y cambiar insertos de ser necesario				89.2	X	
Cargar herramientas en el controlador CNC				10.2	X	
Setear y compensar cada herramienta para el trabajo de centrado				29	X	
Ajustar las líneas de refrigeración en el ángulo adecuado				0.3	X	
Extractor ATI-1A	Mecanizado			Recibir lote del material de trabajo		0.05
		Limpiar la cabina de la máquina, porta herramientas, mesa y quijadas		20	X	
		Buscar llaves, matriz del extractor acoples y herramientas		1.6		X
		Desmontar mordazas del trabajo anterior y guardar en el anaquel		10	X	
		Montar matriz y mordazas para el trabajo de mecanizado de estrellas	1	12	X	
		Verificar estado de las herramientas y cambiar insertos de ser necesario		12.8	X	
		Cargar herramientas en el controlador		3.6	X	
		Setear y compensar cada herramienta para el trabajo de centrado		5	X	
		Ajustar las líneas de refrigeración en el ángulo adecuado		0.3	X	

Tabla 40: Continuación - Tiempos de preparación de mecanizado CNC / Fabricación de piezas

Tambor ATI-1B	Mecanizado	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05		X
		Limpiar la cabina de la máquina, superficies, porta herramientas, mesa y quijadas		20	X	
		Buscar llaves, reloj palpador, escuadras acoples y herramientas		2		X
		Desmontar mordazas del trabajo anterior y guardar en el anaquel		10	X	
		Montar acople en el cuarto eje para el trabajo de mecanizado de ranuras del tambor		35	X	
		Montar matriz para la perforación de las recamaras del tambor		10.5	X	
		Verificar estado de las herramientas y cambiar insertos de ser necesario		19.4	X	
		Cargar herramientas en el controlador CNC		7.25	X	
		Setear y compensar cada herramienta para el trabajo de centrado		10	X	
		Ajustar las líneas de refrigeración en el ángulo adecuado		0.3	X	

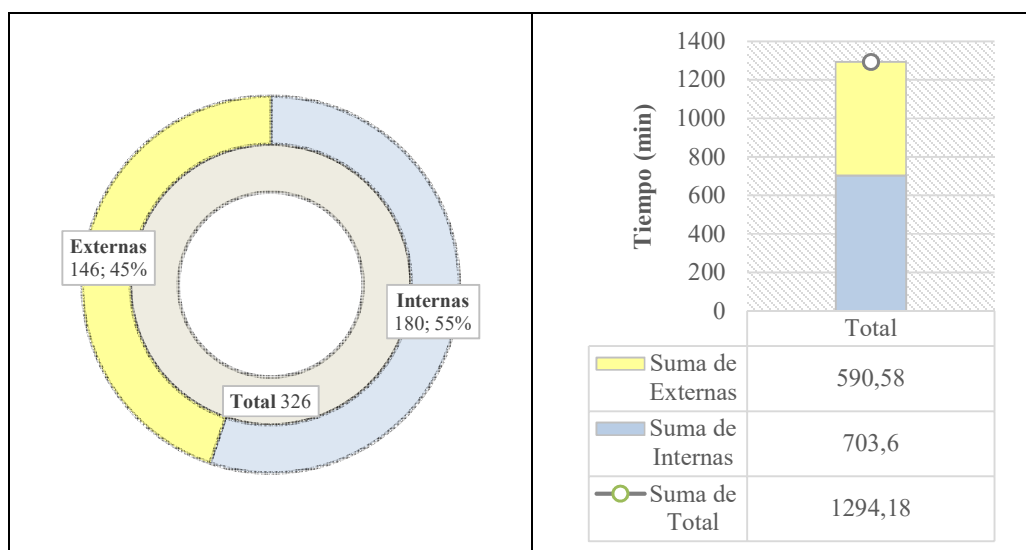


Figura N° 75: Resumen de las actividades de SET-UP / Fabricación de piezas

Interpretación actividades de SET-UP / Fabricación de piezas

En el proceso de fabricación de piezas requiere de 5 equipos de propósito general que necesitan de una preparación previa antes de iniciar la producción de una determinada pieza del revólver. Existe un total de 326 actividades (ver tablas 36 a 40) de las cuales el 45% corresponde a actividades externas, es decir, que no requieren detener el equipo y un 55% de actividades internas que si lo requieren. El tiempo total de preparación de

los equipos es de 1294.18 minutos de los cuales 590.58 minutos se destinan a actividades externas y 703.6 a las actividades internas (ver Figura N°75).

La máquina que requiere de un mayor tiempo de preparación en la etapa de fabricación de piezas es el Centro de Mecanizado CNC, este equipo funciona con un total de 29 herramientas (ver tabla 41) y se encarga del mecanizado de las piezas más importantes del revólver entre ellas el armazón que es la pieza principal del ensamble. Por lo que se realiza una lista de chequeo del uso de herramientas para todos los trabajos referentes a la fabricación del revólver; además de esto, se especifica el tiempo útil de las herramientas en el mecanizado de la pieza principal, lo que permite establecer una frecuencia de cambios (ver tabla 42).

Tabla 41: Uso de herramientas del centro de mecanizado CNC

Slot del porta herramientas	Herramientas	Ø (mm)	Armazón	Tambor	Estrella	Brazo
T1	F. SECO	32	✓			
T2	F. SANDVIK	20	✓			
T3	bc. H55	1.5	✓	✓	✓	✓
T4	b. Larga H55	10	✓			
T5	bc. Larga H55	2.5	✓		✓	
T6	F. CONICA	12	✓			
T7	F. SANDVIK	40	✓			✓
T8	F. TUNGSTENO	6	✓		✓	✓
T9	F. TUNGSTENO	8	✓	✓	✓	
T10	b. H55	4.5	✓	✓		✓
T11	F. TUNGSTENO	16	✓			
T12	F. TUNGSTENO	5	✓			
T13	b. H55	2.6	✓			
T14	b. H55	1.9	✓			
T15	F. TUNGSTENO	12	✓	✓		
T16	F. TUNGSTENO	10	✓	✓		✓
T17	F. TUNGSTENO	8	✓			
T18						
T19	b. H55	12	✓			
T20	F. TUNGSTENO	4	✓			
T21	F. TESLOT H55	19.4 x 5	✓	✓		
T22	F. SANDVIK	16	✓			
T23	b. Larga H55	3	✓			
T24	F. TESLOT	13.5 x 2.5	✓	✓		
T25	F. TESLOT	10 x 6	✓	✓	✓	
T26	F. TESLOT	19.4 x 2.5	✓			
T27	F. PEINE R.	11.5	✓			
T28	b. Punta plana	6.9	✓	✓		✓
T29	b. H55	7	✓			
T30	b. H55	18	✓	✓		
Total de herramientas:			29	10	5	6
b= Broca / bc= Broca de centros / F= Fresa						

Tabla 42: Cambios de herramienta para la fabricación de armazones

Slot del porta herramientas	Herramienta	Ø (mm)	Insertos	Hora útil (h.)	Cantidad de armazones
T1	F. SECO	32	3	28	7
T2	F. SANDVIK	20	3	12	3
T7	F. SANDVIK	40	4	60	15
T9	F. TUNGSTENO	8	-	40	10
T16	F. TUNGSTENO	10	-	40	10
T22	F. SANDVIK	16	2	8	2

- **Preparación de los equipos en el proceso de Ajustaje y ensamble**

Tabla 43: Tiempos de preparación del torno CN / Ajustaje y ensamble


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE TIEMPOS DE PREPARACIÓN 					A&M-FJ03	
					Hoja 1 de 3	
NOMBRE DEL PRODUCTO			Revólver Calibre .38 ATI		Edición: 01	
ETAPA DE FABRICACIÓN			Ajustaje y ensamble	Elaborado por:	Jorge Jaramillo	
				Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre	
SET-UP TORNO CN					Clasificación de las actividades	
Pieza	Operación	Actividades de preparación	Nº OP	Tiempo (min)	Interna	Externa
Extractor ATI-1A	Ajustaje	Recibir el lote de material de trabajo	1	0.05		X
		Buscar cuchilla y llaves de la mordaza de la gaveta de herramientas		0.2		X
		Ajustar cuchilla y alinear en el portaherramientas		0.7	X	
		Verificar diámetro de las pestañas		0.15		X
		Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"		10		X
Eje del brazo ATI-6B	Ajustaje	Recibir el lote de material de trabajo	1	0.05		X
		Buscar cuchilla y llaves de la mordaza de la gaveta de herramientas		0.2		X
		Ajustar cuchilla y alinear en el portaherramientas		0.7	X	
		Verificar largo del eje		0.1		X
		Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"		5		X
Pasador pr. ATI-7A	Ajustaje	Traer material del área de montaje	1	1		X
		Buscar cuchilla, tarraja y llaves de la mordaza de la gaveta de herramientas		0.3		X
		Ajustar cuchilla y alinear en el portaherramientas		0.7	X	
		Verificar medidas el eje		0.1		X
		Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"		3.5		X

Tabla 43: Continuación - Tiempos de preparación del torno CN / Ajustaje y ensamble

Pernos de la tapa	Ajustaje	Traer material del área de montaje	1	1		X
		Buscar cuchilla, y llaves de la mordaza de la gaveta de herramientas		0.2		X
		Ajustar cuchilla y alinear en el portaherramientas		0.7	X	
		Verificar diámetro de la cabeza del perno		0.1		X
		Puesta a punto "producción de la primera buena pieza"		4		X

Tabla 44: Tiempos de preparación del taladro CN / Ajustaje y ensamble



SANTA BÁRBARA EP						A&M-FJ03	
DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS						Hoja 2 de 3	
HOJA DE TIEMPOS DE PREPARACIÓN							
NOMBRE DEL PRODUCTO		Revólver Calibre .38 ATI				Edición: 01	
ETAPA DE FABRICACIÓN		Ajustaje y ensamble	Elaborado por:	Jorge Jaramillo			
			Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre			
SET-UP TALADRO CN				Clasificación de las actividades			
Pieza	Operación	Actividades de preparación	Nº OP	Tiempo (min)	Interna	Externa	
Brazo del tambor ATI-1C	Ajustaje	Recibir el lote de material de trabajo	1	0.05		X	
		Buscar brocas, matriz del brazo y llaves de la gaveta de herramientas		0.8		X	
		Cambiar de husillo y ajustar broca		3	X		
		Ajustar matriz en la mesa de trabajo		1.3	X		
		Centrar la mesa de trabajo con la matriz		2	X		
Armazón ATI-1D	Ajustaje	Recibir el lote de material de trabajo	1	0.05		X	
		Buscar brocas alargadas y llaves de la gaveta de herramientas		0.5		X	
		Cambiar de husillo y ajustar broca larga		3.5	X		
		Centrar la mesa de trabajo con la matriz		2.7	X		

Tabla 45: Tiempos de preparación de fresadora / Ajustaje y ensamble

SANTA BÁRBARA EP						A&M-FJ03	
DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS						Hoja 3 de 3	
HOJA DE TIEMPOS DE PREPARACIÓN							
NOMBRE DEL PRODUCTO		Revólver Calibre .38 ATI				Edición: 01	
ETAPA DE FABRICACIÓN		Ajustaje y ensamble	Elaborado por:	Jorge Jaramillo			
			Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre			
SET-UP FRESADORA UNIVERSAL				Clasificación de las actividades			
Pieza	Operación	Actividades de preparación	Nº OP	Tiempo (min)	Interna	Externa	
Tapa Lateral ATI-4B	Fresado	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05		X	
		Buscar fresas de vástago		2.5		X	
		Ajustar y alinear matriz del armazón		3.6	X		
		Puesta a punto para el fresado mira		14.5		X	

	Cambio de husillo	3.8	X	
	Girar cabezal de la fresadora	0.5	X	
	Puesta a punto para el fresado detalles	21.8		X

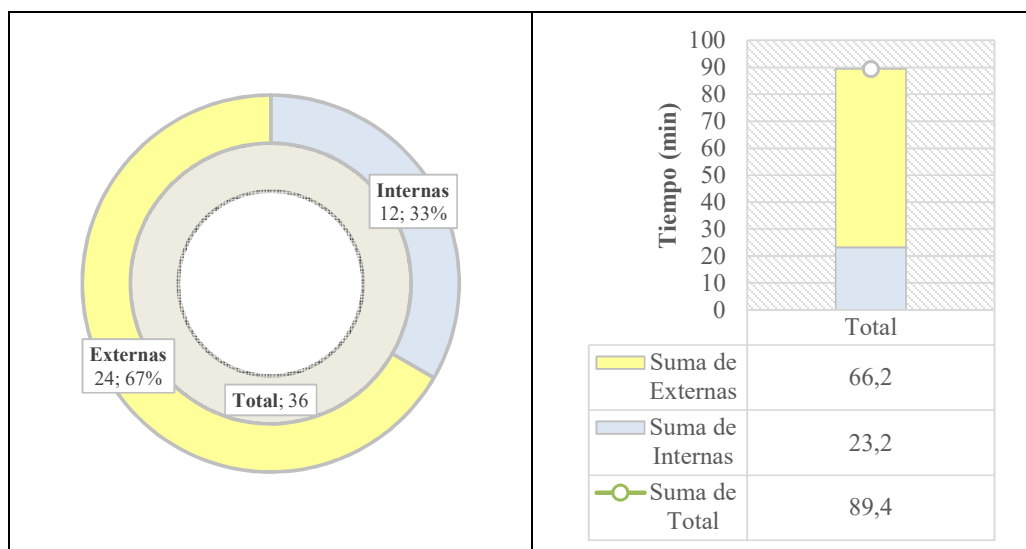


Figura N° 76: Resumen de las actividades de SET-UP / Ajustaje y ensamble

Interpretación las gráficas de resumen SET-UP / Ajustaje y ensamble

En el proceso de ajustaje y ensamble requiere de 3 máquinas herramientas de propósito general que necesitan de una preparación previa antes de iniciar la producción de una determinada pieza del revólver. Existe un total de 36 actividades (ver tablas 43 a 45) de las cuales el 67% corresponde a actividades externas, es decir, que no requieren detener el equipo y un 33% de actividades internas que si lo requieren. El tiempo total de preparación de los equipos es de 89.4 minutos de los cuales 66.2 minutos se destinan a actividades externas y 23.2 a las actividades internas (ver Figura N°76).

- **Resumen del estudio de tiempos**

A continuación se indica los resultados del estudio, respecto a cada etapa de fabricación del revólver ATI, detallando las operaciones necesarias para cada componente del producto, la máquina requerida para cada tarea, el tiempo de preparación de los equipos, , el tiempo de ciclo y el valor del tiempo total de operación el cual se obtiene mediante la ecuación (7).

$$\text{Tiempo total de operación} = \frac{T.de\ preparacion}{Tamaño\ lote} + T.E \quad (7)$$

Tabla 46: Resumen del estudio de tiempos / Preparación de tochos


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS RESUMEN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN								 Santa Bárbara EP		
								A&M-FJ04		
								Hoja 1 de 4		
								Edición: 01		
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI			Tamaño del lote		15 unidades	
ETAPA DE FABRICACIÓN				Preparación de tochos						
Pieza	Operaciones fabricación	Máquina herramienta	Tiempo de preparación (min/lote)	Tiempo Hombre (min/u)	Tiempo Máquina (min/u)	Tiempo Ciclo (min/u)	Tiempo total de operación (min/u)	CP Proceso (u/día)	TC Pieza (min/u)	
Brazo de tambor ATI-1C	Corte	Carro oxicorte	-	2	10	12	12.00	40	34.79	
	Limado	Limadora	-	8.19	-	8.19	8.19	59		
	Fresado	Fresadora universal	18.36	10.85	-	10.85	12.07	40		
	Corte	Sierra de vaivén	-	0.33	2.2	2.53	2.53	190		
Cachas ATI-1E	Perforado	Taladro CN	4.73	2.33	-	2.33	2.65	181	2.65	
Armazón ATI-1D	Corte	Carro oxicorte	-	2	15	17	17.00	28	115	
	Planeado	Fresadora universal	23.8	12.53	-	12.53	14.12	34		
	Limado	Limadora	-	22.53	-	22.53	22.53	21		
	Centrado	Centro CNC	87	1.30	9.4	10.7	16.50	29		
	Perforado	Taladro radial	6.11	16.30	-	16.3	16.71	29		
	Corte	Sierra de vaivén	-	2.48	25.6	28.08	28.08	17		
Tapa lateral ATI-4B	Troquelado	Troqueladora	11	1.08	-	1.08	1.81	265	1.81	
Cañón ATI-6C	Corte	Sierra de vaivén	-	2.3	3.6	5.9	5.90	81	19.58	
	Desbaste	Torno	21.31	12.26	-	12.26	13.68	35		
Extractor ATI-1A	Corte	Sierra de vaivén	-	2.46	4.8	7.26	7.26	66	24.75	
	Desbaste	Torno	22.8	15.28	-	15.28	17.49	27		
Tambor ATI-1B	Desbaste	Torno	34.94	20.35	-	20.35	22.68	21	22.68	
Platinas ATI-2	Corte	Sierra de vaivén	-	0.64	0.79	1.43	1.43	336	26.13	
	Planeado	Limadora	-	19.1	-	19.1	19.10	25		
	Rectificado	Rectificadora	-	5.6	-	5.6	5.60	86		

Tabla 47: Resumen del estudio de tiempos / Fabricación de piezas


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS RESUMEN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN 								A&M-FJ04	
								Hoja 2 de 4	
								Edición: 01	
NOMBRE DEL PRODUCTO			Revólver Calibre .38 ATI				Tamaño del lote	15 unidades	
ETAPA DE FABRICACIÓN			Fabricación de piezas						
Pieza	Operaciones fabricación	Máquina herramienta	Tiempo de preparación (min/lote)	Tiempo Hombre (min/u)	Tiempo Máquina (min/u)	Tiempo Ciclo (min/u)	Tiempo total de operación (min/u)	CP Proceso (u/día)	TC Pieza (min/u)
Brazo de tambor ATI-1C	Torneado	Torno	84.8	21.4	-	21.4	27.05	18	57.40
	Acabados	Torno	37	12.9	-	12.9	15.37	31	
	Mecanizado	Centro CNC	79.85	2.03	7.63	9.66	14.98	32	
Cachas ATI-1E	Mecanizado	Centro CNC	64.45	26.6	18.76	45.36	49.66	10	49.66
Armazón ATI-1D	Mecanizado	Centro CNC	197.05	10.3	204.45	214.75	227.89	2	227.89
Tapa lateral ATI-4B	Fresado	Fresadora universal	16.85	8.6	-	8.6	9.72	49	9.72
Eje del brazo ATI-6B	Torneado	Torno	27.3	12.6	-	12.6	14.42	33	14.42
Cañón ATI-6C	Acabados	Torno	39.15	23.45	-	23.45	26.06	18	32.85
	Conformado	Torno	11	6.06	-	6.06	6.79	71	
Anillo extr. ATI-6A	Torneado	Torno	12.2	3.26	-	3.26	4.07	118	4.07
Eje principal ATI-6E	Torneado	Torno	36.1	17.91	-	17.91	20.32	24	31.82
	Acabados	Torno	18.1	10.3	-	10.3	11.51	42	
Pin Estrella ATI-6F	Torneado	Torno	23	12.21	-	12.21	13.74	35	13.74
Pin Tambor ATI-6H	Torneado	Torno	11.4	2.58	-	2.58	3.34	144	3.34
Pin retención ATI-6G	Torneado	Torno	11.4	3.1	-	3.1	3.86	124	3.86
Extractor ATI-1A	Acabados	Torno	32.9	18.76	-	18.76	20.95	23	103.26
	Torneado	Torno	39	35.75	-	35.75	38.35	13	
	Mecanizado	Centro CNC	65.35	5.45	34.15	39.6	43.96	11	

Tabla 47: Continuación - Resumen del estudio de tiempos / Fabricación de piezas

Tambor ATI-1B	Acabados	Torno	30.8	20.35	-	20.35	22.40	21	94.74
	Mecanizado	Centro CNC	114.5	6.8	57.9	64.7	72.33	7	
Cerrojo ATI-3A	Torneado	Torno	20.7	10	-	10	11.38	42	16.63
	Fresado	Fresadora universal	9.3	4.63	-	4.63	5.25	91	
Percutor ATI-3B	Torneado	Torno	14.2	5.6	-	5.6	6.55	73	9.47
	Fresado	Fresadora universal	6.3	2.5	-	2.5	2.92	164	
Cilindro retención ATI-3C	Torneado	Torno	13.6	5.25	-	5.25	6.16	78	27.50
	Corte Hilo	Electroerosionadora	1.5	1.14	14.31	15.45	15.55	31	
	Acabados	Torno	11.2	5.05	-	5.05	5.80	83	
Seguro pulgar ATI-5A	Fresado	Fresadora universal	15.85	10.64	-	10.64	11.70	41	25.05
	Redondeo	Fresadora universal	21.7	11.91	-	11.91	13.36	36	
Mira ATI-5B	Fresado	Fresadora universal	8.85	3.98	-	3.98	4.57	105	4.57
Fiador ATI-5C	Fresado	Fresadora universal	45.05	33.68	-	33.68	36.68	13	36.68
Liberador ATI-5D	Fresado	Fresadora universal	34.15	22.12	-	22.12	24.40	20	24.40
Placa principal ATI-4A	Troquelado	Troqueladora	10.8	0.25	-	0.25	0.97	495	0.97
Pin central ATI-4C	Troquelado	Troqueladora	10.35	0.25	-	0.25	0.94	511	0.94
Candado ATI-2A	Corte Hilo	Electroerosionadora	2.12	1	41.1	42.1	42.24	11	48.62
	Fresado	Fresadora universal	10.05	5.71	-	5.71	6.38	75	
Bloque de retroceso ATI-2B	Corte Hilo	Electroerosionadora	2.12	1	40.2	41.2	41.34	12	51.29
	Perforado	Fresadora universal	12	3.96	-	3.96	4.76	101	
	Fresado	Fresadora universal	11.1	4.45	-	4.45	5.19	92	
Elevador ATI ATI-2C	Corte Hilo	Electroerosionadora	2.12	1	33.2	34.2	34.34	14	44.71
	Fresado	Fresadora universal	17.85	9.18	-	9.18	10.37	46	
Gatillo ATI-2D	Corte Hilo	Electroerosionadora	2.12	1	98.7	99.7	99.84	5	132.54
	Fresado	Fresadora universal	46.5	29.6	-	29.6	32.70	15	
Martillo ATI-2E	Corte Hilo	Electroerosionadora	2.12	1	127.6	128.6	128.74	4	139.01
	Fresado	Fresadora universal	22.05	8.8	-	8.8	10.27	47	

Tabla 48: Resumen del estudio de tiempos / Ajustaje y ensamble



SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS RESUMEN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN								 Santa Bárbara EP		
								A&M-FJ04		
								Hoja 3 de 4		
								Edición: 01		
NOMBRE DEL PRODUCTO			Revólver Calibre .38 ATI				Tamaño del lote		15 unidades	
ETAPA DE FABRICACIÓN			Ajustaje y ensamble							
Pieza / Ensamble	Operaciones fabricación	Máquina herramienta	Tiempo de preparación (min/lote)	Tiempo Hombre (min/u)	Tiempo Máquina (min/u)	Tiempo Ciclo (min/u)	Tiempo total de operación (min/u)	CP Proceso (u/día)	Estación / Operario	
Armazón ATI-1D	Modelado del armazón	Esmeril	-	95.46	-	95.46	95.46	5	E2	
Marco - A1	Ajustaje	-	-	60	-	60	60.00	8	E2	
Gatillo - SD	Ensamble	Taladro / Esmeril	-	24	-	24	24.00	20	E4	
Martillo del arma - SC	Ajustaje / Ensamble	Taladro / Esmeril	-	22.3	-	22.3	22.30	22	E4	
Liberador del eje - SA	Ajustaje / Ensamble	Taladro / Esmeril	-	30.9	-	30.9	30.90	16	E3	
Preparación de piezas	Ajustaje	Torno CN	28.75	42	-	42	43.92	11	E5	
M. Carga y alimentación	Ajustaje / Ensamble	Taladro	-	24.9	-	24.9	24.90	19	E3	
M. Extracción - YC	Ajustaje / Ensamble	Taladro	-	46.16	-	46.16	46.16	10	E5	
Cachas ATI-1E	Modelado	Esmeril	-	24.86	-	24.86	24.86	19	E4	
Tapa lateral ATI-4B	Ajustaje / Ensamble	Taladro	-	29.8	-	29.8	29.80	16	E2	
Brazo ATI-1C	Perforado	Taladro CN	7.15	11.12	-	11.12	11.60	41	E3	
Armazón ATI-1D	Perforado	Taladro CN	6.75	36.61	-	36.61	37.06	13	E2	
Marco del arma - A2	Ajustaje	-	-	22.78	-	22.78	22.78	21	E3	
Marco del arma - A2	Fresado	Fresadora universal	46.75	26	-	26	29.12	16	-	
Marco del arma - A3	Ajustaje / Ensamble	Esmeril	-	70.83	-	70.83	70.83	7	E3	

Tabla 49: Resumen del estudio de tiempos / Operaciones de Montaje y Control de calidad

SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS RESUMEN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN								
							A&M-FJ04	
							Hoja 4 de 4	
							Edición: 01	
NOMBRE DEL PRODUCTO		Revólver Calibre .38 ATI				Tamaño del lote	15 unidades	
ETAPA DE FABRICACIÓN		Operaciones de fabricación						
Operaciones fabricación	Máquina herramienta	Tiempo de preparación (min/lote)	Tiempo Hombre (min/u)	Tiempo Máquina (min/u)	Tiempo Ciclo (min/u)	Tiempo total de operación (min/u)	CP Proceso (u/día)	Estación / Operario
Sincronización de los mecanismos	-	-	84.33	-	84.33	84.33	6	E1
Pruebas de funcionamiento	-	-	19.31	-	19.31	19.31	25	-
Terminados	Pulidora	-	66.65	-	66.65	66.65	7	E2
Pavonado	Hoya pavón	60	41.78	-	41.78	45.78	10	E1
Armado y lubricación	-	-	15.9	-	15.9	15.9	30	E2
Control de calidad	-	-	9.78	-	9.78	9.78	49	E1
Almacenamiento	-	-	5.23	-	5.23	5.23	92	E4

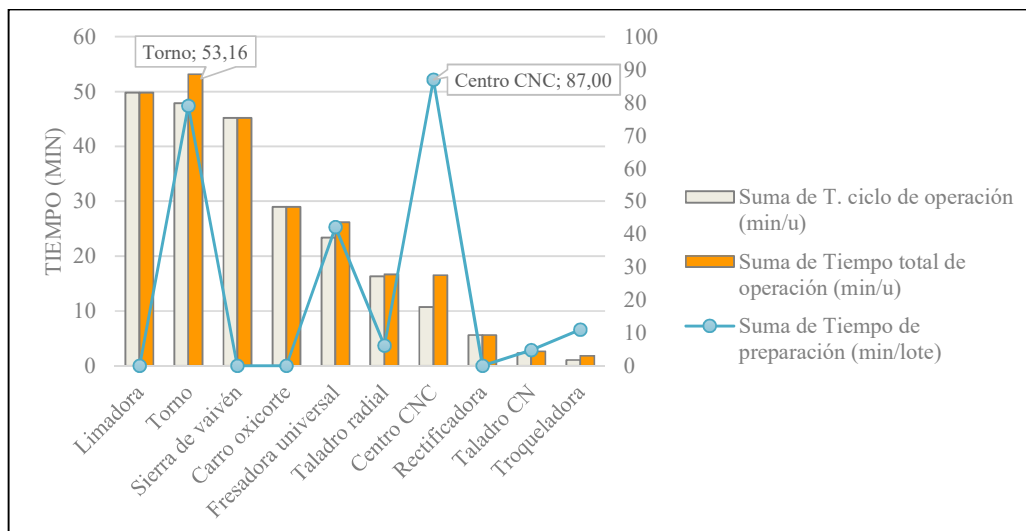


Figura N° 77: Análisis del Tiempo de operación / Etapa de preparación de tochos

Interpretación: El proceso de preparación de tochos requiere de 11 máquinas herramientas para la producción de los tochos para 8 piezas del revólver. La máquina con el mayor tiempo total de operación por cada trabajo es el Torno con un tiempo de 53.16 min/u (ver Tabla 50), por ende corresponde al cuello de botella de la etapa, la máquina que requiere de un mayor tiempo de preparación es el centro de mecanizado con un total de 87 min/lote para inicial la producción de los lotes de piezas.

Análisis: El valor acumulado de la gráfica corresponde al tiempo total de trabajo que debe realizar la máquina para completar todas las piezas de una sola unidad del revólver en el proceso de fabricación de tochos (ver Figura N° 77). El tiempo total de operación se encuentra calculado para la producción de un lote de 15 revólveres.

Tabla 50: Análisis del tiempo de ciclo / Preparación de tochos

Máquinas herramienta	Suma de T. ciclo de operación (min/u)	Suma de Tiempo de preparación (min/lote)	Tiempo total de operación (min/u)
Limadora	49.82	0	49.82
Torno	47.89	79.05	53.16
Sierra de vaivén	45.2	0	45.20
Carro oxicorte	29	0	29.00
Fresadora universal	23.38	42.16	26.19
Taladro radial	16.3	6.11	16.71
Centro CNC	10.7	87	16.50
Rectificadora	5.6	0	5.60
Taladro CN	2.33	4.73	2.65
Troqueladora	1.08	11	1.81
Total	231.3	230.05	246.64

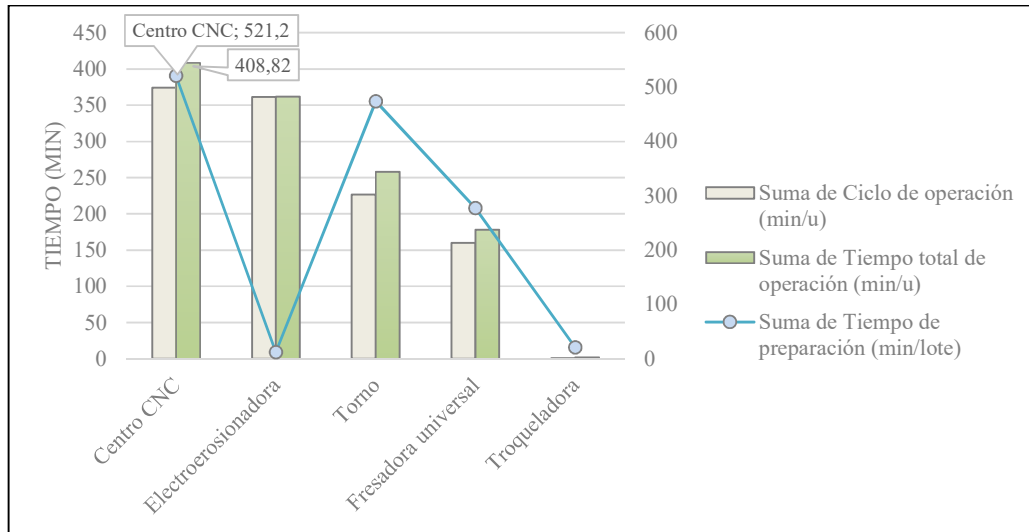


Figura N° 78: Análisis del Tiempo de ciclo / Etapa de fabricación de piezas

Interpretación: El proceso de fabricación de piezas requiere de 5 máquinas herramientas para la fabricación de 28 piezas del revólver. La máquina con el mayor tiempo total de operación por cada trabajo es el centro de mecanizado CNC con un tiempo de 408.81 min/u (ver Tabla 51), por ende corresponde al cuello de botella de la etapa, a su vez este es el equipo que requiere de un mayor tiempo de preparación con un total de 521.2 min/lote para inicial la producción de los lotes de piezas.

Análisis: El valor acumulado de la gráfica corresponde al tiempo total de trabajo que debe realizar la máquina para completar todas las piezas de una sola unidad del revólver en la etapa de fabricación de piezas (ver Figura N° 78). De entre todas las etapas de producción esta es la más demorosa lo que significa que es el cuello de botella general que determina la capacidad todo el proceso de fabricación del revólver.

Tabla 51: Análisis del tiempo de ciclo / Fabricación de piezas

Máquinas herramienta	Suma de T. ciclo de operación (min/u)	Suma de Tiempo de preparación (min/lote)	Tiempo total de operación (min/u)
Centro CNC	374.07	521.2	408.81
Electroerosionadora	361.25	12.1	362.05
Torno	226.53	473.85	258.12
Fresadora universal	159.76	277.6	178.26
Troqueladora	0.5	21.15	1.91
Total general	1122.11	1305.9	1209.17

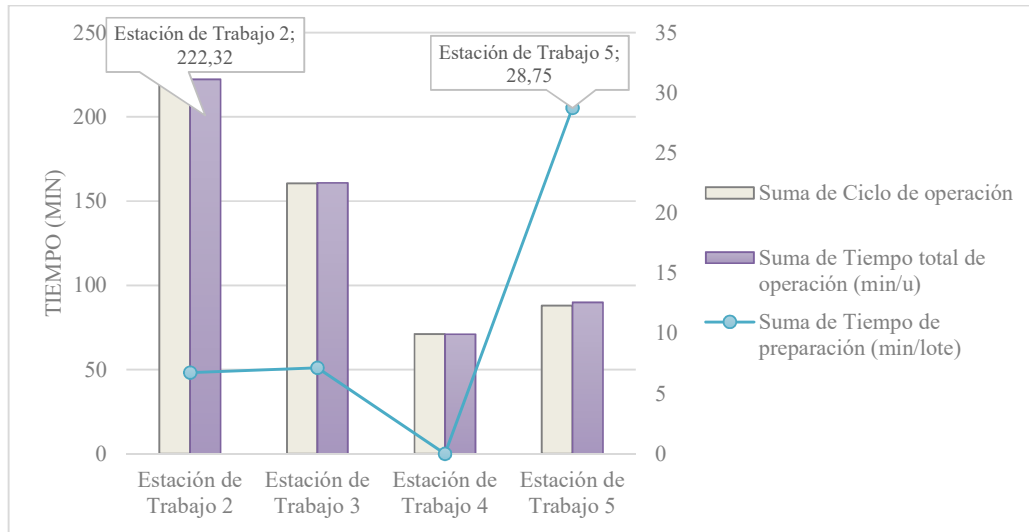


Figura N° 79: Análisis del Tiempo de ciclo / Etapa de ajustaje y ensamble

Interpretación: El proceso de ajustaje y ensamble de los componentes se realiza en 4 estaciones de trabajo que se encargan de dar el ajuste a las piezas y preparar los sub ensambles del revólver para su sincronización. La estación con el mayor tiempo total de operación, y que por ende corresponde al cuello de botella de la etapa, es la Estación de trabajo 2 con un tiempo de 222.32 min/u (ver Tabla 52).

Análisis: El trabajo de la etapa se realiza en un célula de manufactura donde se divide la carga de las actividades entre estaciones. El valor acumulado corresponde al tiempo total asignado que debe completar una estación de trabajo para producir la unidad del revólver (ver Figura N° 79). Si bien el trabajo de ajustaje y ensamble en su mayoría es un trabajo manual existen actividades que requieren de la ayuda de herramientas mecánicas del área de montaje. Cabe destacar que la estación 1 también forma parte de la célula de manufactura, sin embargo, actualmente no ejecuta trabajos de ajustaje y ensamble como se indica en la Tabla 48.

Tabla 52: Análisis del tiempo de ciclo / Ajustaje y Ensamble


Estación / Máquinas herramienta	Suma de T. ciclo de operación (min/u)	Suma de Tiempo de preparación (min/lote)	Tiempo total de operación (min/u)
Estación de Trabajo 2	221.87	6.75	222.32
Estación de Trabajo 3	160.53	7.15	161
Estación de Trabajo 4	71.16	0	71.16
Estación de Trabajo 5	88.16	28.75	90.07
Total general	567.72	89.4	573.68

Mapa de la cadena de valor (VSM)

Mediante la aplicación de la herramienta de manufactura esbelta VSM se grafica la cadena de valor, de forma que sea posible entender el flujo de los materiales, recursos e información involucrados en la fabricación del Revólver. Es importante mencionar que se trata de un VSM DEL PRODUCTO y no de sus familias de piezas.

Para la elaboración del VSM se recolectaron los datos del proceso que se describen a continuación (ver Tabla 53):

Tabla 53: Datos del mapa de la cadena de valor

DATOS DEL PROCESO	
-	Nombre de la etapa de fabricación
	Número de operadores en la etapa
C/T	Tiempo de ciclo de la etapa
C/O	Tiempo de preparación por lote
CP	Capacidad de la etapa
WIP	Trabajo en proceso
LP	Tamaño del lote de producción
Up-time	% del tiempo de funcionamiento
TD	Tiempo de disponibilidad

Tiempos de ciclo: Se realiza un estudio del tiempo de ciclo en cada etapa de fabricación (ver Tablas 39 a 42), desde el ingreso de las materia primas, hasta el almacenamiento del revólver como producto terminado.

Tiempo de preparación del lote: corresponde al tiempo de cambio de configuración de los equipos entre pieza y pieza del ensamble antes de iniciar la producción del lote.

Capacidad del proceso: corresponde a la cantidad de piezas o ensambles que se puedan producir en un determinado periodo de tiempo. La capacidad está dada por el cuello de botella del proceso que corresponde al Centro de mecanizado CNC.

$$CP = \frac{1}{TC} \quad (18)$$

$$CP \text{ del Cuello de botella} = \frac{1}{374.07} = 0.00267 \frac{u}{min}$$

Producción diaria: se calcula el número de unidades que se puede producir en una jornada de trabajo, considerando la disponibilidad de mano de obra, los equipos y su capacidad de proceso. Se calcula mediante la ecuación (18)

$$\mathbf{Producción} = CP \times (\mathbf{Tiempo laborable}) \times (\#de estaciones) \quad (18)$$

$$\mathbf{Producción\ diaria} = 0.00267 \frac{u}{min} * 480 \frac{min}{dia} * 1$$

$$\mathbf{Producción\ diaria} = 1.28 \frac{u}{dia}$$

Existe una pérdida de capacidad del proceso generada por el tiempo de preparación del equipo, esta pérdida se calcula mediante la ecuación (19).

$$\Delta CP = Cp1' - Cp1 \quad (19)$$

Donde ΔCP es la variación de la capacidad, $Cp1'$ es la capacidad de producción calculada con el tiempo total de operación y $Cp1$ es la capacidad de producción calculada con el tiempo de ciclo de la operación.

$$\Delta CP = \frac{1}{408.81} - \frac{1}{374.07}$$

$$\Delta CP = 1.174 \frac{u}{dia} - 1.283 \frac{u}{dia}$$

$$\Delta CP = -0.108 \frac{u}{dia} = -2.37 \frac{u}{mes}$$

WIP (Producto en Proceso): Se procede a verificar el inventario a la espera de ser procesado en los cuellos de botella de cada etapa y en base a esto calcular el tiempo de permanencia en el sistema o “Lead Time”. Al ser una producción bajo pedido y por lotes cada estación solo produce lo necesario por lo que el WIP después de cada proceso es relativo al tamaño del lote; actualmente de 15 u. Se toma en consideración que en las etapas iniciales cada lote de piezas solo representa a una fracción del producto que es el revólver. Para el cálculo se utiliza la siguiente formula (20):

$$\mathbf{Inventario\ (días)} = \frac{\mathbf{Cantidad\ de\ inventario\ en\ proceso}}{\mathbf{Demanda\ diaria}} \quad (20)$$

Cabe destacar que la etapa de preparación de tochos posee un supermercado de cada tocho que se repone periódicamente mediante un sistema Kanban con gavetas; este inventario existe con el objetivo de controlar la carga de trabajo en las máquinas de forma que se producen tochos solo cuando son necesario.

Tiempo de disponibilidad: Es el tiempo de trabajo; se considera una jornada de trabajo de 8 horas es decir 480 minutos o 28800 segundos al día.

Demanda promedio: Se determina el promedio de la demanda mensual del último trimestre del año 2019 (ver Tabla 54), y a partir de esta se calcula el Takt time o ritmo de producción necesario para satisfacer la demanda del cliente.

Tabla 54: Demanda IV trimestre año 2019

ÚLTIMO TRIMESTRE 2019		
DEMANDA MENSUAL	DÍAS LABORABLES	PROMEDIO DE LA DEMANDA DIARIA
30 (u)	22 (días)	1.36 (u/día)

El cálculo del Takt time se realiza mediante la ecuación (1)

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible}{Demanda\ del\ cliente} \quad (1)$$

$$Takt\ time = \frac{22\ días}{30\ U} = 0.73\ \frac{días}{u}$$

$$Takt\ time = 352\ \frac{min}{u}$$

Por último el Takt time debe convertirse en una unidad que represente al lote de producción, este indicador se conoce como Pitch y se calcula según la ecuación (2).

$$Pitch = Takt\ time \times Piezas\ por\ lote \quad (2)$$

$$Pitch = 352\ \frac{min}{u} \times \frac{15\ u}{1\ lote} = 5280\ \frac{min}{lote}$$

A continuación en la Figura N° 80 se presenta el mapa de la cadena de valor de la situación ACTUAL de la empresa Santa Bárbara en la producción del revólver ATI.

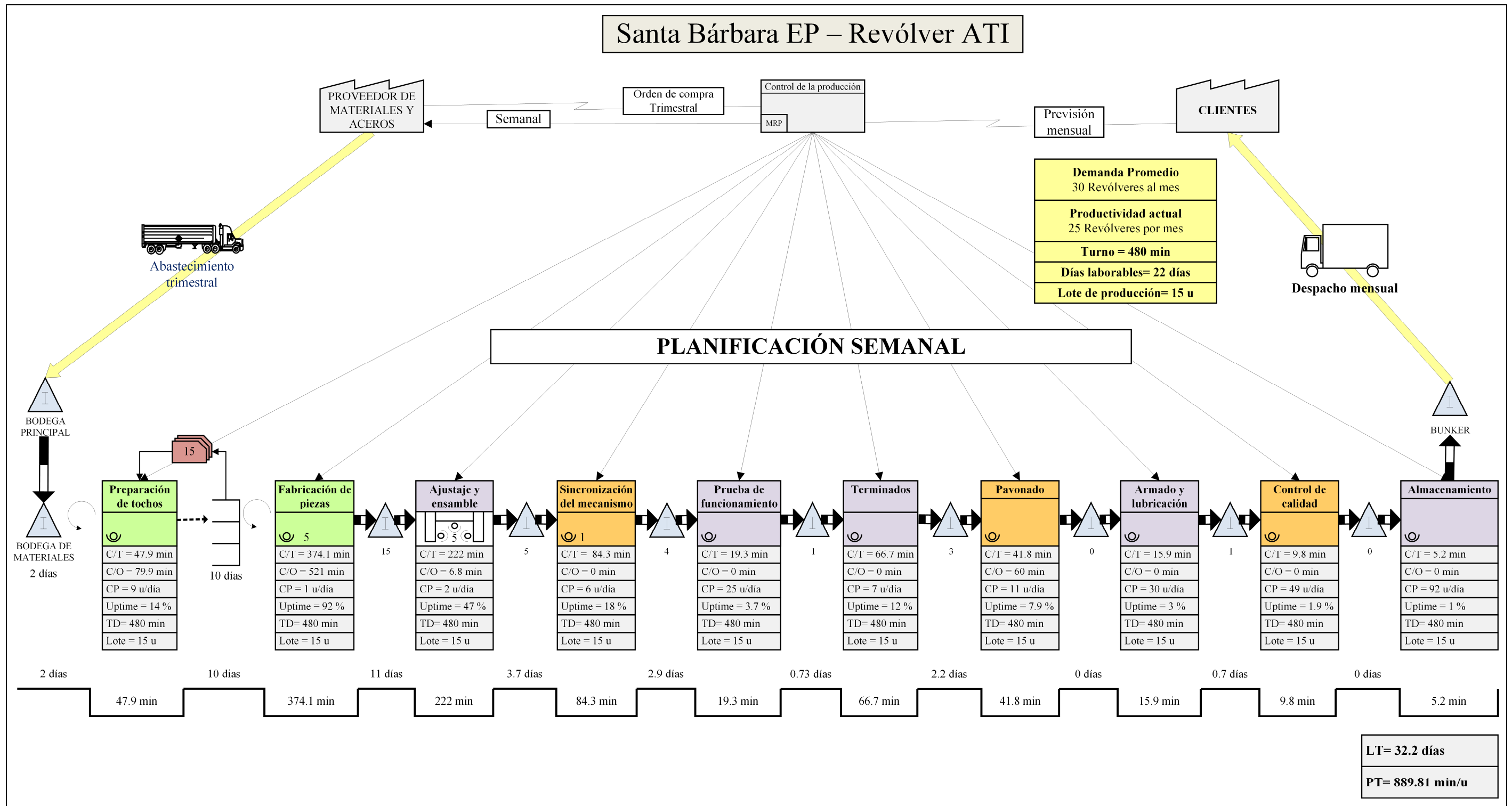


Figura N° 80: VSM ACTUAL de la empresa SANTA BARBARA EP – Revólver ATI

- **Análisis del mapa de la cadena de valor**

Mediante el mapa de la cadena de valor se determina el tiempo de procesamiento que requiere cada unidad del producto igual a 886.81 min o 14hh: 47mm: 49ss por lo que un lote de 15 unidades requiera de 221hh: 57mm: 9ss; sin embargo, su tiempo de permanencia en la línea asciende a 32 días. Un mismo grupo de operarios puede estar encargado de varias etapas del proceso como indica el código de colores. Existen 8 contenedores Kanban, uno por cada tocho con capacidad para 15 u, no es necesario un kanban de transporte ya que el supermercado esta junto al proceso siguiente.

La demanda de revólveres que llega a Santa Bárbara es como máximo de 30 unidades al mes y se produce en lotes de 15 unidades de tal forma que en promedio es necesario fabricar 1.36 unidades al día. En base a la demanda se calculan los estándares de producción a ser alcanzados siendo el Takt time del proceso igual a 352 min.

Una vez conocidos los indicadores del proceso se crea una gráfica del tiempo de ciclo vs el Takt time. Esta gráfica permite comparar el tiempo de ciclo individual de cada etapa de fabricación con el Takt time general del proceso. Cabe destacar que el tiempo de ciclo de cada etapa está dada por su propia restricción o cuello de botella.

En base a este análisis se toman las decisiones sobre cómo y qué mejorar al momento de diseñar una propuesta de solución para las áreas de oportunidad detectadas.

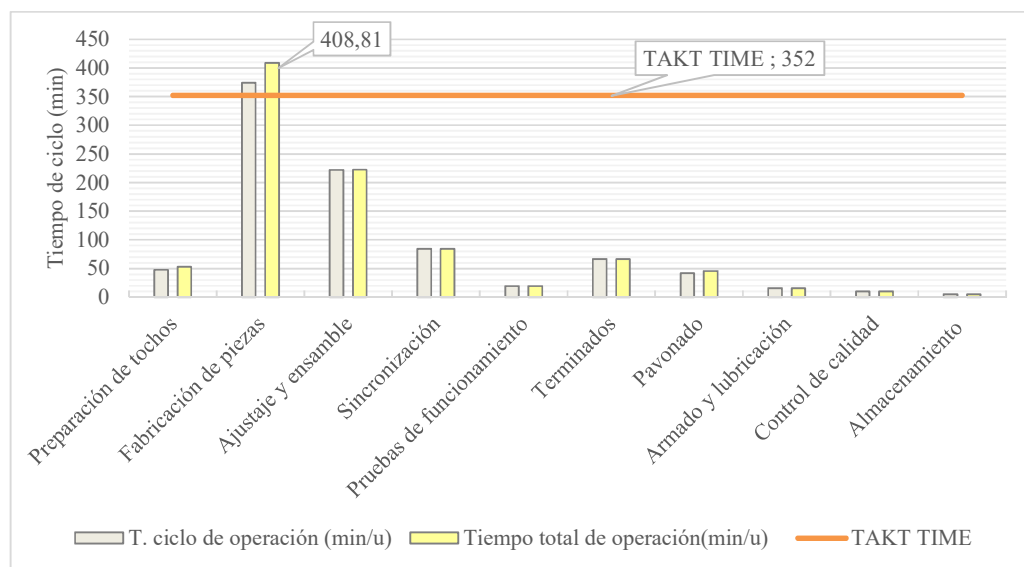


Figura N° 81: Tiempos de ciclo vs Takt time

Interpretación: El ritmo de trabajo al que debe producir para cumplir con la demanda del cliente está dado por un Takt time de 352 min/u, sin embargo, la etapa de fabricación de piezas no cumple con el ritmo de trabajo puesto que su cuello de botella, el centro de mecanizado CNC, mantiene un tiempo total de operación de 408.81 min es decir un 16 % sobre el indicador (ver Figura N° 81).

Capacidad: La capacidad mensual de cada etapa de producción está en función su cuello de botella. En el diagrama indica la capacidad en función del tiempo de ciclo y el impacto que tiene el cambio de configuración de los equipos (ver Figura N° 82).

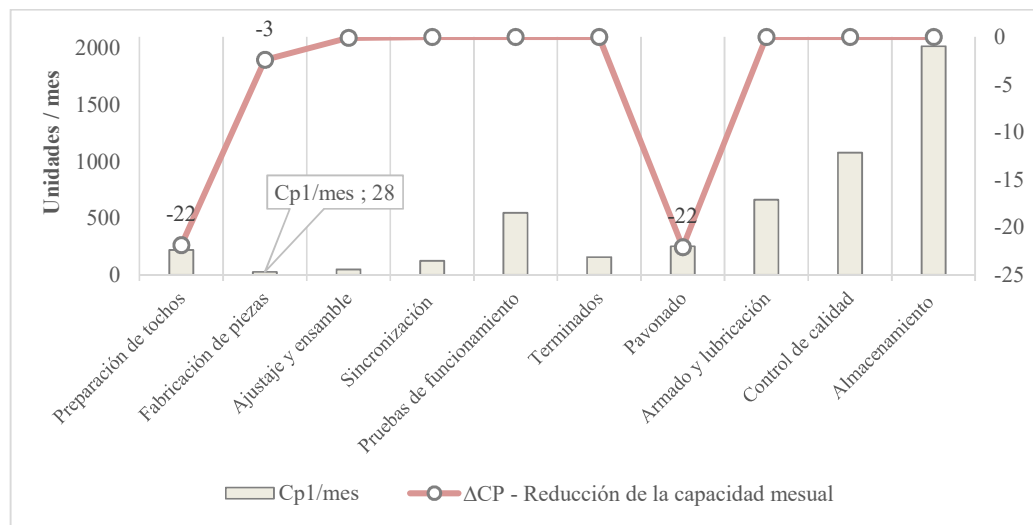


Figura N° 82: Capacidad de producción

Análisis: La etapa de fabricaron de piezas es el cuello de botella de todo el procesos, y su restricción (centro de mecanizado CNC) tiene una capacidad para 25 unidades/mes, por lo tanto, es el área donde deben enfocarse los esfuerzos para encontrar una solución que permita reducir el tiempo total de operación.

Se consideran varias estrategias para la optimización del cuello de botella, entre las que esta minimizar el impacto del tiempo de Set-Up aplicando la metodología SMED y reducir el tiempo empleado en las actividades que no agregan valor a los trabajos realizados en el centro de mecanizado CNC.

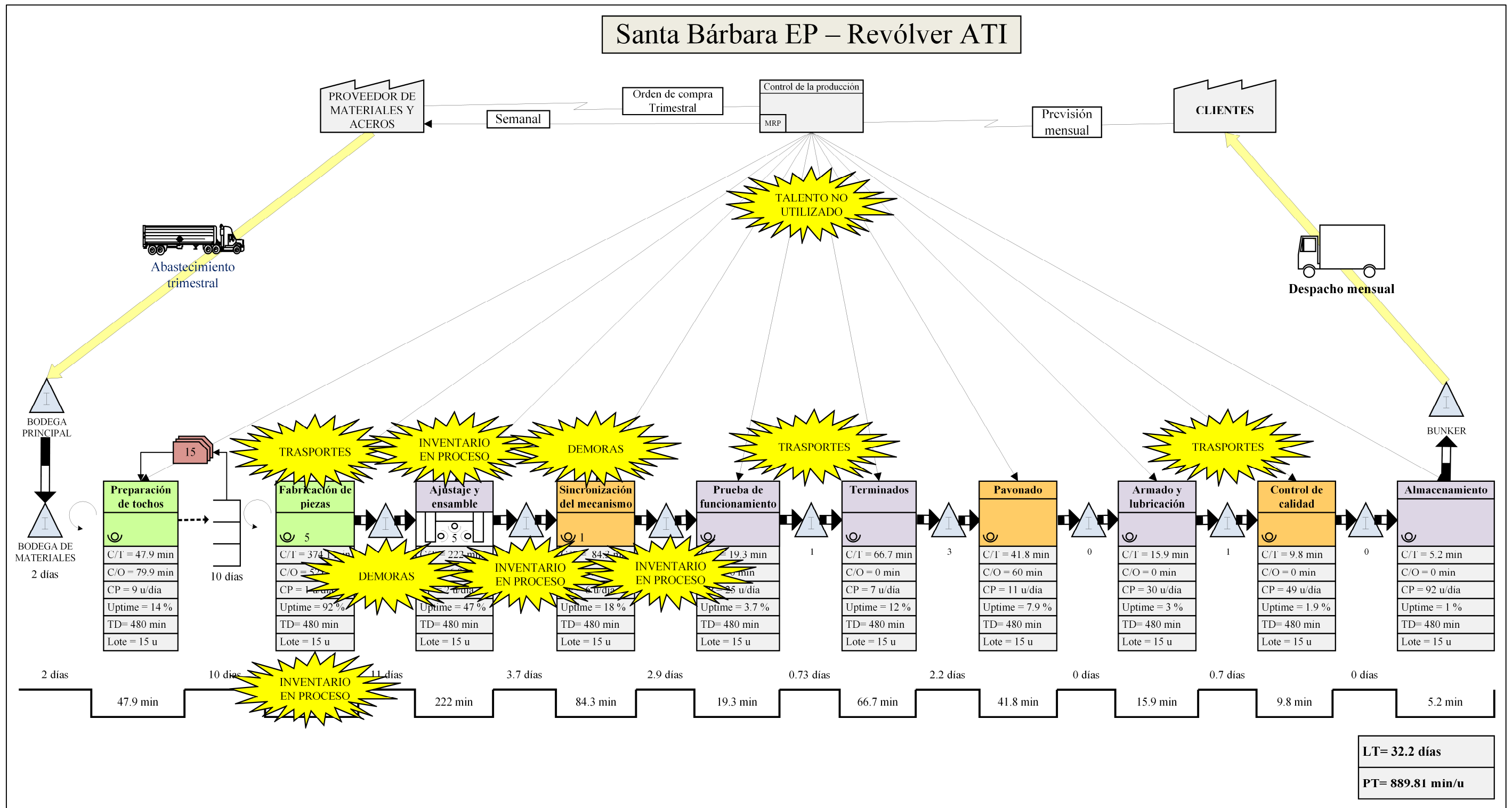


Figura N° 83: Análisis del VSM ACTUAL SANTA BARBARA EP – Revólver ATI

- **Identificación de las oportunidades de mejora**

En base al análisis de datos y el estudio del proceso productivo para la fabricación de revólver ATI se procede a identificar los despilfarros (ver Figura N° 83) y a plantear estrategias de mejora como se muestra a continuación:

Esperas y demoras: Las etapas de fabricación de piezas, ajustaje y sincronización presentan este desperdicio por diversas razones, como son:

- Una inexistente secuenciación de los trabajos de mecanizado, lo que genera tiempos de inactividad (Idle time) de las estaciones que esperan el arribo de componentes entre un proceso de mecanizado y otro.
- Métodos de trabajo no estandarizados, lo que dificulta el flujo de los materiales y la coordinación entre etapas de fabricación.
- Desequilibrios entre la capacidad de producción de cada etapa y la demanda del cliente (Takt time).
- Tiempos de preparación elevados y cambios de configuración frecuentes dado la variedad de componentes del ensamble y la falta de maquinaria especializada.

Las acciones lean sugeridas para este tipo de despilfarro pueden ser:

- Secuenciación de los trabajos de mecanizado mediante reglas de despacho o algoritmos heurísticos que minimicen el tiempo ocioso, los cambios de configuración y el tiempo total de completamiento de todas las tareas de mecanizado (MakeSpan).
- Aplicación de proyectos Kaizen enfocado a la reducción del tiempo de ciclo, la estandarización de los métodos de trabajo por operación y la eliminación de desperdicios en cualquiera de sus formas.
- Optimización del proceso (Eliminado o reduciendo actividades improductivas).
- Aplicación de la herramienta (SMED) para el cambio rápido de la configuración del equipo.

Transporte y movimientos innecesarios: Este desperdicio afecta a las etapas de la fabricación de piezas, prueba de funcionamiento y control de calidad. Se da por diversas razones, como son:

- Un layout deficiente debido a la dispersión de los procesos de mecanizado convencional y montaje.
- Excesivos almacenes intermedios de trabajo en proceso (WIP).
- Baja eficiencia de los operarios y máquinas.
- Normativas de seguridad de la fábrica respecto a la distancia reglamentaria para las pruebas de funcionamiento en armas.

Cabe destacar que por cuestiones de seguridad el polígono de tiro donde se realizan las pruebas de funcionamiento de los lotes de armas de fuego se encuentra construido a una distancia prudencial de la fábrica de municiones de Santa Bárbara y bajo estándares de la ISSF (International Shooting Sport Federation).

Las acciones lean sugeridas para este tipo de despilfarro pueden ser:

- Layout del equipo basado en células de manufactura para cada familia de componentes.
- Redistribución del layout para facilitar el flujo de materiales para la fabricación del revólver.
- Incorporación de coches que reduzcan la frecuencia de transportes y faciliten el manejo de los componentes; especialmente para armazones, que es la pieza principal del ensamble y la que más se mueve a través de la fábrica.

Inventario en proceso: Las etapas de fabricación donde este desperdicio afecta en mayor medida corresponde a la preparación de tochos, fabricación de piezas y prueba de funcionamiento; este desperdicio se dio por diversas razones, como son:

- Procesos con poca capacidad respecto a la demanda del cliente.
- Cuellos de botella no identificados en el proceso de producción.
- Tiempos de preparación y cambios de utillaje excesivamente largos.
- Mala secuenciación de las operaciones de trabajo, lo que aumenta el tiempo promedio en el sistema (tps) y en consecuencia el WIP.

Las acciones lean sugeridas para este tipo de despilfarro pueden ser:

- Nivelación de la carga de trabajo.
- Optimizar el cuello de botella del proceso.
- Aplicación de la herramienta (SMED) para el cambio rápido de utillaje y configuración del equipo.
- Optimización de la secuencia de mecanizado de todos los componentes enfocado a la reducción del tiempo promedio en el sistema.

Talento no utilizado: Este desperdicio afecta en general a todas las áreas de fabricación; se da por diversas razones, como son:

- Distribución poco equitativa de a carga de trabajo.
- Métodos de trabajo no estandarizados.
- Baja coordinación de los operarios.
- Falta de motivación y apertura para expresar ideas de mejora.
- No se cuenta con remuneraciones o incentivos de mejora.

Las acciones lean sugeridas para este tipo de despilfarro pueden ser:

- Nivelación de la carga de trabajo.
- Adiestramiento polivalente de los operarios - Shojinka.
- Capacitación y aplicación del método Kaizen.

Una vez identificadas las oportunidades de mejora se exponen al Jefe de producción, con el objetivo de desarrollar las alternativas más viables según las necesidades del proceso y las posibilidades de la empresa.

A continuación, en la Figura N° 84 se procede a ubicar las alternativas más viables en las etapas donde es necesaria su implementación.

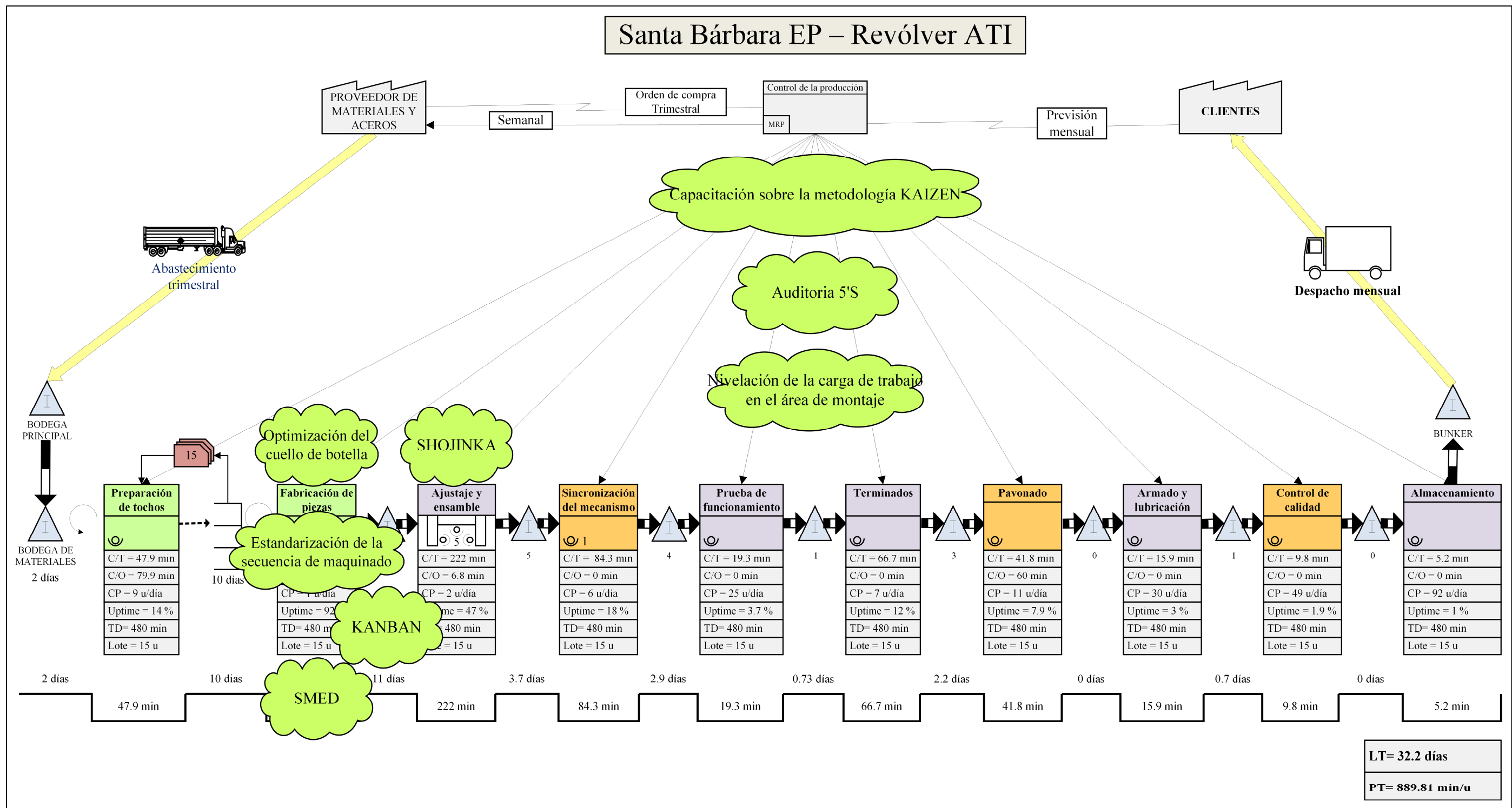


Figura N° 84: VSM de la identificación de oportunidades de mejora

Cabe destacar que si bien una redistribución del layout es necesaria para optimizar los procesos de fabricación del revólver, la distribución prioriza la flexibilidad de la fábrica a costa de la eficiencia de un producto en específico. La división de armas de fuego y mecanizados necesita funcionar como un taller de trabajo (Job-shop) que pueda diversificar sus procesos, adaptarse fácilmente al requerimiento de los clientes y ejecutar una gran variedad de trabajos con personal calificado.

Diseño de la propuesta de optimización

A continuación, se elabora una propuesta de optimización para las áreas de oportunidad detectadas en el proceso de fabricación de armas de fuego.

Optimización del cuello de botella

Se elabora un plan de acción que permita reducir el tiempo total de operación del cuello de botella hasta cumplir con el Takt time de fabricación del revólver. En el Centro de Mecanizado CNC se producen los 5 componentes más importantes del ensamble (ver Figura N° 60). Se plantean dos estrategias:

- **Reducción de actividades que no agregan valor y mejora del método.**


Primera estrategia: Es necesario identificar y reducir las actividades que no agregan valor al proceso NVA y NAVN para cada componente del ensamble que se maquina en el cuello de botella (ver Tabla 55). Los datos se obtienen del **Anexo 2**.

Tabla 55: Optimización de la operación de mecanizado (Extractor - Paso 5)

Extractor (Estrella)						
N°	Actividades	AV	NAVN	NVA	Tiempo Actual	Tiempo Propuesto
1	Ajustar la estrella en la matriz horizontal		X		37.7	8
2	Ejecutar el programa de estrella PASO - 1	X			963.4	963.4
3	Retirar la estrella de la matriz		X		20.1	5
4	Limar las rebabas del ranurado del eje	X			150.1	0
5	Ajustar la estrella en la matriz vertical		X		29.7	8
6	Ejecutar el programa ESTRELLA PASO - 2	X			1085.5	1085.5
7	Retirar la estrella de la matriz		X		19.8	5
8	Limpiar la mesa con aire comprimido		X		13	5
Tiempo total (s)					2319.3	2079.9
Variación (s)					239.4	
Optimización de tiempo					10.3 %	

Análisis: Se propone mejorar el método de anclaje de los tochos del extractor cambiando la llave Allen usada por el operario por un desarmador eléctrico, puesto que los tornillos se ajustan con varias vueltas pero solo la última es la que aporta valor. Adicional a esto se propone usar el tiempo de ocio por parte del operador en la ejecución del “programa de estrella PASO - 1” para limar las rebabas del ranurado.

Tabla 56: Diagrama Hombre - Máquina / (Extractor - Paso 5)

SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA					
				A&M-FJ04	
				Hoja 1 de 5	
				Edición: 01	
Operación:	Mecanizado de tochos	Pieza:	Extractor (Estrella)		
Máquina:	Centro de mecanizado CNC	Producto:	Revólver ATI		
Operario		Tiempo (min)	Máquina		Tiempo (min)
Ajustar estrella en la matriz horizontal		0.13	Ajustar estrella en la matriz horizontal		0.13
Limar las rebabas del ranurado del eje		2.5	Ejecutar programa estrella PASO - 1		16
Espera		13.6			
Retirar la estrella de la matriz		0.08	Retirar la estrella de la matriz		0.08
Ajustar la estrella en la matriz vertical		0.13	Ajustar la estrella en la matriz vertical		0.13
Espera		18	Ejecutar el programa ESTRELLA PASO - 2		18
Retirar la estrella de la matriz		0.08	Retirar la estrella de la matriz		0.08
Limpiar la mesa con aire comprimido		0.08	Ocio		0.08

Resumen			
T.O = 34.6 min	Tiempo de trabajo (min)	Tiempo de Ocio (min)	Utilización
Operario:	3	31.6	8.7 %
Máquina:	34.5	0.08	99.7 %
Tiempo estándar:	35.2 min	F.D = 1.08	Supl.= 12%


Análisis: En el diagrama se muestra por separado el tiempo de operación del Centro de mecanizado CNC y el Trabajador, así como la relación en el tiempo de las distintas actividades del ciclo de operación. Se dispuso una secuencia óptima para la ejecución de las operaciones a fin de obtener un tiempo de ciclo mínimo en la fabricación del extractor. Se aprovecha el tiempo de ocio del operador mientras la máquina trabaja para completar operaciones y preparar los componentes de la siguiente etapa de mecanizado (actividades externas) (ver Tabla 56).

Tabla 57: Optimización de la operación de mecanizado (Tambor - Paso 3)

Tambor						
Nº	Actividades	AV	NAVN	NVA	Tiempo Actual	Tiempo Propuesto
1	Ajustar el tambor en la matriz Vertical		X		47.5	8
2	Ejecutar programa de TAMBOR PASO - 1	X			2728	2728
3	Retirar el tambor de la matriz		X		24.6	5
4	Limar rebabas de las recamaras del tambor	X			171.3	0
5	Ajustar el tambor en la matriz horizontal		X		52.5	12
6	Ejecutar programa de TAMBOR PASO - 2	X			379.6	379.6
7	Ejecutar programa de TAMBOR PASO - 3	X			367	367
8	Retirar el tambor de la matriz		X		28	5
9	Limpiar la mesa con aire comprimido		X		13.3	5
Tiempo total (s)					3811.8	3509.6
Variación (s)					302.2	
Optimización de tiempo					7.9 %	

Análisis: Se propone mejorar el método de anclaje del tocho de tambor cambiando la llave Allen usada por el operario por un desarmador eléctrico o una pistola de impacto. Se propone unir la programación de los pasos 2 a 3 y por último usar el tiempo de espera por parte del operador en la ejecución del “programa de tambor PASO - 1” para limar las rebabas del mecanizado y las recamaras del tambor (ver Tabla 57).

Tabla 58: Diagrama Hombre - Máquina / (Tambor - Paso 3)

SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA				 A&M-FJ04 Hoja 2 de 5 Edición: 01	
Operación:	Mecanizado de tochos	Pieza:	Tambor		
Máquina:	Centro de mecanizado CNC	Producto:	Revólver ATI		
Operario		Tiempo (min)	Máquina		Tiempo (min)
Ajustar el tambor en la matriz Vertical		0.13	Ajustar tambor en la matriz Vertical		0.13
Limar rebabas de recamaras del tambor		2.9	Ejecutar el programa de TAMBOR PASO - 1		45.4
Espera		42.5			
Retirar el tambor de la matriz		0.08	Retirar el tambor de la matriz		0.08
Ajustar el tambor en la matriz horizontal		0.2	Ajustar tambor en matriz horizontal		0.2
Espera		12.4	Ejecutar el programa de TAMBOR PASO - 2		12.4
Retirar el tambor de la matriz		0.08	Retirar el tambor de la matriz		0.08
Limpiar la mesa con aire comprimido		0.08	Ocio		0.08
Resumen					
T.O = 58.4 min		Tiempo de trabajo (min)	Tiempo de Ocio (min)		Utilización
Operario:		3.5	54.9		6 %
Máquina:		58.3	0.08		99.9 %
Tiempo estándar:		58.6 min	F.D = 1.08		Supl.= 12%


Análisis: En el diagrama se muestra por separado el tiempo de operación del Centro de mecanizado CNC y el Trabajador, así como la relación de las actividades que constituyen el ciclo de operación. Se dispuso una secuencia óptima para la ejecución de las operaciones a fin de obtener un tiempo de ciclo mínimo en la fabricación del Tambor. Se aprovecha el tiempo de ocio del operador mientras la máquina trabaja para completar operaciones y preparar los componentes de la siguiente etapa de mecanizado (actividades externas) (ver Tabla 58).

Tabla 59: Optimización de la operación de mecanizado (Brazo - Paso 6)

Brazo de tambor						
N°	Actividades	AV	NAVN	NVA	Tiempo Actual	Tiempo Propuesto
1	Ajustar los tochos en la matriz		X		64.8	10
2	Ejecutar el programa de BRAZOS PASO - 1	X			295.9	295.9
3	Reposicionar los pivotes del tocho		X		74.7	15
4	Ejecutar el programa de BRAZOS PASO - 2	X			618.8	618.8
5	Retirar los brazos de la matriz		X		48.8	8
6	Limpiar la mesa con aire comprimido		X		13	5
Tiempo total del par (s)					1116	952.7
Tiempo por unidad (s)					558	476.4
Variación (s)					81.65	
Optimización de tiempo					7.3 %	

Análisis: Se propone mejorar el método de anclaje de los tochos del brazo cambiando la llave Allen usada por el operario por un desarmador eléctrico (ver Tabla 59).

Tabla 60: Diagrama Hombre - Máquina / (Brazo - Paso 6)

SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA					
				A&M-FJ04	
				Hoja 3 de 5	
				Edición: 01	
Operación:	Mecanizado de tochos	Pieza:	Brazo		
Máquina:	Centro de mecanizado CNC	Producto:	Revólver ATI		
Operario	Tiempo (min)	Máquina	Tiempo (min)		
Ajustar los tochos en la matriz	0.16	Ajustar los tochos en la matriz	0.16		
Espera	4.9	Ejecutar el programa de BRAZOS PASO - 1	4.9		
Reposicionar los pivotes del tocho	0.25	Ocio	0.25		
Espera	10.3	Ejecutar el programa de BRAZOS PASO - 2	10.3		
Retirar los brazos de la matriz	0.13	Retirar los brazos de la matriz	0.13		
Limpiar la mesa con aire comprimido	0.08	Ocio	0.08		

Resumen			
T.O= 15.9 min/par	Tiempo de trabajo (min)	Tiempo de Ocio(min)	Utilización
Operario:	0.62	15.28	3.9 %
Máquina:	15.57	0.33	97.9 %
Tiempo estándar:	16 min	F.D = 1.08	Supl.= 12%


Análisis: Se toma en consideración que los brazos de mecanizan por pares. En el diagrama se muestra por separado el tiempo de operación del equipo y el trabajador. Se dispuso una secuencia óptima para la ejecución de las operaciones a fin de obtener un tiempo de ciclo mínimo en la fabricación del Brazo. Se aprovecha el tiempo de ocio del operador mientras la máquina trabaja para preparar los componentes de la siguiente etapa de mecanizado (actividades externas de preparación) (ver Tabla 60).

Tabla 61: Optimización de la operación de mecanizado (Armazón - Paso 7)

Armazón						
Nº	Actividades	AV	NAVN	NVA	Tiempo Actual	Tiempo Propuesto
1	Colocar el bloque del armazón en la matriz		X		47.1	10
2	Ajustar la mordaza		X		37.1	8
3	Correr el programa ARMAZON - Punto fijo	X			34.2	34.2
4	Limpieza con aire		X		41.9	6
5	Atornillar el pivote de fijación en el bloque		X		30.7	5
6	Correr el programa ARMAZON - PASO - 1	X			3879	3879
7	Verificar estado de las herramientas			X	431.3	0
8	Correr el programa ARMAZON - PASO - 2	X			5092.9	5092.9
9	Verificar estado de las herramientas			X	429.1	0
10	Correr el programa ARMAZON - PASO - 3	X			3261	3261
11	Verificar estado de las herramientas			X	429.2	46.6
12	Limpiar las guías del centro de mecanizado		X		43	30
13	Retirar el armazón del centro de mecanizado		X		22.4	5
Tiempo total (s)					12819	12377.7
Variación (s)					441.2	
Optimización de tiempo					3.5 %	

Análisis: Se propone mejorar el método de anclaje de los bloques del armazón cambiando la llave Allen usada por el operario por un desarmador eléctrico o una pistola de impacto aprovechando la red de aire. Además se recomienda realizar una sola inspección de herramientitas por cada ciclo de trabajo cumpliendo con la frecuencia de cambios de la (ver Tabla 35); y usando el tiempo de espera del operador mientras el equipo ejecuta los programas de mecanizado para preparar los nuevos insertos (ver Tabla 61).

Tabla 62: Diagrama Hombre - Máquina / (Armazón - Paso 7)

SANTA BÁRBARA EP			
DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS			
DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA			
			
			A&M-FJ04
			Hoja 4 de 5
			Edición: 01
Operación:	Mecanizado de tochos	Pieza:	Armazón
Máquina:	Centro de mecanizado CNC	Producto:	Revólver ATI
Operario	Tiempo (min)	Máquina	Tiempo (min)
Colocar bloque del armazón en la matriz	0.16	Colocar bloque armazón en la matriz	0.16
Ajustar la mordaza	0.13	Ajustar la mordaza	0.13
Espera	0.57	Correr programa de ARMAZON - Punto fijo	0.57
Limpieza con aire	0.1	Ocio	0.18
Atornillar el pivote de fijación en bloque	0.08		
Espera	64.7	Correr el programa de ARMAZON - PASO - 1	64.7
Limpiar con aire y verificar mecanizado	0.1	Ocio	0.1
Espera	84.9	Correr el programa de ARMAZON - PASO - 2	84.9
Limpiar con aire y verificar mecanizado	0.1	Ocio	0.1
Espera	54.4	Correr el programa de ARMAZON - PASO - 3	54.4
Verificar estado de las herramientas	0.8	Ocio	0.8
Limpiar guías del centro de mecanizado	0.5		0.5
Retirar el armazón	0.08	Retirar el armazón	0.08
Resumen			
T.O= 206.5 min	Tiempo de trabajo (min)	Tiempo de Ocio (min)	Utilización
Operario:	2	204.5	1 %
Máquina:	204.8	1.7	99.2 %
Tiempo estándar:	206.8 min	F.D = 1	Supl.= 12%

Análisis: En el diagrama Hombre-máquina se muestra por separado el tiempo de operación del Centro de mecanizado CNC y el Trabajador, así como la relación en el tiempo de las distintas actividades que constituyen el ciclo de operación. Se dispuso una secuencia óptima para la ejecución de las operaciones a fin de obtener un tiempo de ciclo mínimo en la fabricación del Armazón. Se aprovecha el tiempo de ocio del operador mientras la máquina trabaja para preparar los componentes de la siguiente etapa de mecanizado (actividades externas) (ver Tabla 62).

Tabla 63: Optimización de la operación de mecanizado (Cachas - Paso 2)

Cachas						
Nº	Actividades	AV	NAVN	NVA	Tiempo Actual	Tiempo Propuesto
1	Transportar a la máquina CNC			X	7	7
2	Ajustar la plancha en la Mordaza		X		76.6	10
3	Correr el programa de CACHAS PASO - 1	X			95.1	95.1
4	Girar y ajustar el tocho		X		111	20
5	Correr el programa de CACHAS PASO - 2	X			169.7	169.7
6	Colocar los pivotes de sujeción al tocho		X		77.1	10
7	Continuar el programa CACHAS PASO - 2	X			644.4	644.4
8	Retirar el tocho de la cabina		X		105.3	15
9	Extraer cachas del tocho	X			36.2	0
10	Limar las Aristas y rebabas	X			807.8	0
11	Colocar el par de cachas en la matriz		X		48.4	10
12	Correr el programa de CACHAS PASO - 3	X			216.9	216.9
13	Retirar cacha de la matriz		X		38.1	8
14	Limpiar la mesa con aire comprimido		X		13	5
Tiempo total (s)					2446.6	1211
Variación (s)					1235.5	
Optimización de tiempo					50.5 %	

Análisis: Se propone mejorar el método de anclaje del tocho de las cachas cambiando la llave Allen usada por el operario por un desarmador eléctrico. Además se dispone usar el tiempo de espera del operador mientras el equipo ejecuta los programas de mecanizado 1 y 2 para completar las operaciones de extracción del tocho y limar rebabas (ver Tabla 63).

Tabla 64: Diagrama Hombre - Máquina / (Cachas - Paso 2)


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA				 A&M-FJ04 Hoja 5 de 5 Edición: 01	
Operación:	Mecanizado de tochos	Pieza:	Cachas		
Máquina:	Centro de mecanizado CNC	Producto:	Revólver ATI		
Operario	Tiempo (min)	Máquina	Tiempo (min)		
Transportar a la máquina CNC	0.12	Ocio	0.12		
Ajustar la plancha en la Mordaza	0.17	Ajustar la plancha en la Mordaza	0.17		
Extraer cachas del tocho	0.6	Correr el programa de CACHAS PASO - 1	1.6		
Limar las aristas y rebabas	1				
Girar y ajustar el tocho	0.3	Ocio	0.3		
Limar las aristas y rebabas	2.8	Correr el programa de CACHAS PASO - 2	2.8		
Colocar los pivotes de sujeción al tocho	0.17	Ocio	0.17		
Limar las aristas y rebabas	9.7	Continuar con el programa CACHAS PASO - 2	10.7		
Espera	1				
Retirar el tocho de la cabina	0.25	Retirar el tocho de la cabina	0.25		
Colocar el par de cachas en la matriz	0.16	Colocar el par de cachas en la matriz	0.16		

Tabla 64: Continuación - Diagrama Hombre - Máquina / (Cachas - Paso 2)

Espera	3.6	Correr el programa de CACHAS PASO - 3	3.6
Retirar catcha de la matriz	0.13	Retirar catcha de la matriz	0.13
Limpiar la mesa con aire comprimido	0.08	Ocio	0.08
Resumen			
Tiempo de ciclo: 20.18 min	Tiempo de trabajo (min)	Tiempo de Ocio (min)	Utilización
Operario:	15.6	4.6	77.3 %
Máquina:	19.5	0.7	96.6 %
Tiempo estándar:	20.50 min	F.D = 1.08	Supl.= 12%

Análisis: En el diagrama Hombre-Máquina se muestra por separado el tiempo de operación del Centro de mecanizado CNC y el Trabajador, así como la relación en el tiempo de las distintas actividades que constituyen el ciclo de operación. Se dispuso una secuencia óptima para la ejecución de las operaciones y uso de recursos a fin de obtener un tiempo de ciclo mínimo en la fabricación de las cachas. Se aprovecha el tiempo de ocio del operador mientras la máquina trabaja para preparar los componentes de la siguiente etapa (actividades externas) (ver Tabla 64).

- **Aplicación de la metodología SMED**

Segunda estrategia: Se aplica la metodología SMED para optimizar las operaciones de preparación y disminuir su impacto en el tiempo total de operación. Se estudia detalladamente los procesos de Set-Up para cada componente, incorporando cambios en el método, utillaje y herramientas. Estos cambios implican la eliminación de ajustes innecesarios y la estandarización de las operaciones de preparación.

Fase 1 del SMED

Se identifican las actividades de preparación de la máquina para los 5 componentes que son fabricados y se clasifican dichas actividades en internas y externas según el método actual de cambio de configuración (ver Tabla 33).

Fase 2 del SMED

Se re-evalúan las actividades para determinar si algunos pasos están erróneamente considerados como internos, y de ser posible, convertir las operaciones internas en externas. En el caso del Centro de Mecanizado CNC no es factible convertir las operaciones internar a externas; ya que por funcionalidad del equipo y seguridad del operador estas deben realizarse necesariamente a máquina parada.

Fase 3 del SMED

Se perfeccionan las operaciones de preparación del equipo reduciendo el tiempo de ejecución de las actividades internas; para esto se propone, la eliminación de ajustes innecesarios mediante anclajes funcionales (ver Tabla 65) y el diseño un método de trabajo en paralelo con el apoyo de otro operario.

Tabla 65: Optimización de las actividades de preparación

SANTA BÁRBARA EP						A&M-FJ05	
DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS						Hoja 1 de 1	
HOJA DE OPTIMIZACIÓN							
NOMBRE DEL PRODUCTO		Revólver Calibre .38 ATI				Edición: 01	
ETAPA DE FABRICACIÓN		Fabricación de piezas		Elaborado por:		Jorge Jaramillo	
				Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre	
SET-UP						Clasificación actividades	
CENTRO DE MECANIZADO CNC							
Pieza	Actividades de preparación	Actual		Propuesto		Int.	Ext.
		Nº OP	Tiempo (min)	Nº OP	Tiempo (min)		
Brazo del tambor ATI-IC	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05	2	0.05		X
	Limpiar la cabina de la máquina, superficies, porta herramientas, mesa y quijadas		25		25	X	
	Buscar llaves, matriz, acoples y herramientas		1.6		1.6		X
	Desmontar mordazas del trabajo anterior y guardar en el anaquel		10		4	X	
	Montar matriz y mordazas para el trabajo de mecanizado de brazos		12.7		7	X	
	Verificar estado de las herramientas y cambiar insertos de ser necesario		19.8		10.9	X	
	Cargar herramientas en el controlador CNC		4.4		4.4	X	
	Setear y compensar cada herramienta para el trabajo de centrado		6		6	X	
	Ajustar las líneas de refrigeración en el ángulo adecuado		0.3		0.3	X	
Tiempo de cambio (min):			79.85	59.05	Opt= 25.8 %		

Tabla 65: Continuación - Optimización de las actividades de preparación

Cachas ATI-IE	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05	2	0.05		X
	Limpiar la cabina de la máquina, superficies, porta herramientas, mesa y quijadas		35		35	X	
	Buscar llaves, matriz de sujeción para cachas y herramientas		1.2		1.2		X
	Desmontar mordazas del trabajo anterior y guardar en el anaquel		40		4	X	
	Montar matriz y mordazas para el trabajo de mecanizado de cachas		7.3		3.6	X	
	Verificar estado de las herramientas y cambiar insertos de ser necesario		6.7		4.2	X	
	Cargar herramientas en el controlador CNC		1.5		1.5	X	
	Setear y compensar cada herramienta para el trabajo de mecanizado de cachas		2.7		2.7	X	
	Tiempo de cambio (min):		64.45		52.25	Opt= 19 %	
Armazón ATI-IE	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05	2	0.05		X
	Limpiar la cabina de la máquina, superficies, porta herramientas, mesa y quijadas		30		30	X	
	Buscar llaves, acoples y herramientas		1.8		1.8		X
	Desmontar mordazas del trabajo anterior y guardar en el anaquel		40		5	X	
	Montar cabezal en el cuarto eje y mordazas para el trabajo de mecanizado del armazón		26.5		15.5	X	
	Verificar estado de las herramientas y cambiar insertos de ser necesario		89.2		52.3	X	
	Cargar herramientas en el controlador CNC		10.2		10.2	X	
	Setear y compensar cada herramienta para el trabajo de mecanizado		29		29	X	
	Ajustar las líneas de refrigeración en el ángulo adecuado		0.3		0.3	X	
Tiempo de cambio (min):		197.05	144.15	Opt= 26.8 %			
Extractor ATI-1A	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05	2	0.05		X
	Limpiar la cabina de la máquina, superficies, porta herramientas, mesa y quijadas		20		20	X	
	Buscar llaves, matriz del extractor acoples y herramientas		1.6		1.6		X
	Desmontar mordazas del trabajo anterior y guardar en el anaquel		40		4	X	
	Montar matriz y mordazas para el trabajo de mecanizado de estrellas		42		6.8	X	
	Verificar estado de las herramientas y cambiar insertos de ser necesario		42.8		7.9	X	
	Cargar herramientas en el controlador CNC		3.6		3.6	X	
	Setear y compensar cada herramienta para el trabajo de centrado		5		5	X	
	Ajustar las líneas de refrigeración en el ángulo adecuado		0.3		0.3	X	
Tiempo de cambio (min):		65.35	49.25	Opt= 24.6 %			
Tambor ATI-1B	Recibir lote del material de trabajo	1	0.05	2	0.05		X
	Limpiar la cabina de la máquina, superficies, porta herramientas, mesa y quijadas		20		20	X	
	Buscar llaves, reloj palpador, escuadras acoples y herramientas		2		2		X
	Desmontar mordazas del trabajo anterior y guardar en el anaquel		40		4	X	

Tabla 65: Continuación - Optimización de las actividades de preparación

Tambor ATI-IB	Montar acople en el cuarto eje para el trabajo de mecanizado de ranuras del tambor	1	35	2	27.6	X	
	Montar matriz para la perforación de las recamaras del tambor		10.5		6.6	X	
	Verificar estado de las herramientas y cambiar insertos de ser necesario		19.4		12.2	X	
	Cargar herramientas en el controlador CNC		7.25		7.25	X	
	Setear y compensar cada herramienta para el trabajo de centrado		10		10	X	
	Ajustar las líneas de refrigeración en el ángulo adecuado		0.3		0.3	X	
Tiempo de cambio (min):			114.5		90		Opt= 21.4 %
Resumen							
Tiempo total de cambios de configuración (min)	Actual	Propuesto	Variación de tiempo (min)		125.1		
	521.2	396.1	Optimización		24 %		

Análisis: Se especifica las actividades de preparación y su tiempo actual para cada componente; se propone como alternativa de mejora, la implementación de un método de anclaje más eficiente. En base a pruebas de anclaje con un desarmador eléctrico se establece un porcentaje de mejora y un tiempo relativo de optimización.


Cabe destacar que el orden y limpieza del área de trabajo no son un problema en los cambios de configuración ya que las herramientas y matrices se encuentran bien organizadas en el anaquel de herramientas frente a la máquina CNC.

- **Trabajo en paralelo**

Se propone ejecutar las actividades internas de preparación del equipo en forma paralela con el fin de agilizar el proceso de preparación entre cambios de referencia. Se requiere del apoyo de un operador extra según la disponibilidad del personal; que pueden ser un operario del área de montaje sin carga de trabajo o la asistente técnica del jefe de producción que se encarga de operar únicamente la Electroerosionadora.

A continuación, se plantea una estrategia para cada configuración según la pieza a mecanizar de forma que pueda realizarse por dos operarios, sin comprometer la seguridad del personal, la funcionalidad del equipo y respetando la secuencia de preparación; puesto que existen actividades que no se pueden ejecutar sin antes concluir sus predecesoras.

Tabla 66: Diagrama de trabajo en paralelo / Preparación Brazo del tambor

SANTA BÁRBARA EP			
DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS		A&M-FJ06	
DIAGRAMA DE TRABAJO PARALELO		Hoja 1 de 5	
		Edición: 01	
Operación:	Preparación del equipo / Set-Up	Pieza:	Brazo del tambor
Máquina:	Centro de mecanizado CNC	Producto:	Revólver ATI
Operario #1	Tiempo (min)	Operario #2	Tiempo (min)
Limpiar la cabina de la máquina, superficies, porta herramientas, mesa y quijadas	25	Desmontar mordazas del trabajo anterior y guardar en el anaquel	4
		Montar matriz y mordazas para el trabajo de mecanizado de brazos	7
		Verificar estado de las herramientas y cambiar insertos de ser necesario	10.9
		Cargar herramientas en el controlador CNC	4.4
Ajustar líneas de refrigeración	0.3	Setear y compensar cada herramienta para el trabajo de centrado	6
Ocio	7		
Resumen			
Tiempo de Set-up (Actividades internas): 32.3 min	Tiempo de trabajo (min)	Tiempo de Ocio (min)	Utilización
Operario #1:	25.3	7	77.3 %
Operario #2:	32.3	0	100 %

Análisis: Se propone un método de trabajo que permita reducir el tiempo de preparación del equipo para mecanizar el Brazo de tambor, se toma en cuenta la secuencia de preparación y la posibilidad de dividir actividades entre operarios. Como resultado, el tiempo de Set-Up por cada lote de brazos se reduce a 32.3 min (ver Tabla 66).

Tabla 67: Diagrama de trabajo en paralelo / Cachas

SANTA BÁRBARA EP		DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS		DIAGRAMA DE TRABAJO PARALELO		A&M-FJ06	
						Hoja 2 de 5	
						Edición: 01	
Operación:	Preparación del equipo / Set-Up		Pieza:	Cachas			
Máquina:	Centro de mecanizado CNC		Producto:	Revólver ATI			
Operario #1		Tiempo (min)	Operario #2		Tiempo (min)		
Limpiar la cabina de la máquina, superficies, porta herramientas, mesa y quijadas		17.5	Limpiar la cabina de la máquina, superficies, porta herramientas, mesa y quijadas		17.5		
Desmontar mordazas del trabajo anterior y guardar en el anaquel		4	Verificar estado de las herramientas y cambiar insertos de ser necesario		4.2		
Montar matriz y mordazas para el trabajo de mecanizado de cachas		3.6	Cargar herramientas en el controlador CNC		1.5		
Ocio		2.7	Setear y compensar cada herramienta para el trabajo de mecanizado de cachas		2.7		
Resumen							
Tiempo de Set-up (Actividades internas) : 27.8 min		Tiempo de trabajo (min)		Tiempo de Ocio (min)		Utilización	
Operario #1:		25.01		2.7		90 %	
Operario #2:		25.9		1.9		93.2 %	


Análisis: Se propone un método de trabajo que permita reducir el tiempo de preparación en el equipo para mecanizar las Cachas, se toma en cuenta la secuencia de preparación y la posibilidad de dividir actividades entre operarios; por ejemplo la limpieza de la cabina. Como resultado, el tiempo de Set-Up por cada lote de cachas se reduce a 27.8 min (ver Tabla 67).

Tabla 68: Diagrama de trabajo en paralelo / Armazón

SANTA BÁRBARA EP		DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS		DIAGRAMA DE TRABAJO PARALELO		A&M-FJ06	
						Hoja 3 de 5	
						Edición: 01	
Operación:	Preparación del equipo / Set-Up		Pieza:	Armazón			
Máquina:	Centro de mecanizado CNC		Producto:	Revólver ATI			
Operario #1		Tiempo (min)	Operario #2		Tiempo (min)		
Limpiar la cabina de la máquina, superficies, porta herramientas, mesa y quijadas		30	Verificar estado de las herramientas y cambiar insertos de ser necesario		52.3		
Desmontar mordazas del trabajo anterior y guardar en el anaquel		5					
Montar cabezal en el cuarto eje y mordazas para el trabajo de mecanizado del armazón		15.5					
Ajustar las líneas de refrigeración		0.3					
Ocio		40.7	Cargar herramientas en el controlador CNC		10.2		
			Setear y compensar cada herramienta para el trabajo de mecanizado		29		
Resumen							
Tiempo de Set-up (Actividades internas) : 91.5 min		Tiempo de trabajo (min)		Tiempo de Ocio (min)		Utilización	
Operario #1:		50.8		40.7		55.5 %	
Operario #2:		91.5		0		100 %	


Análisis: Se propone un método de trabajo que permita reducir el tiempo de preparación en el equipo para mecanizar el Armazón, se toma en cuenta la secuencia de preparación y la posibilidad de dividir actividades entre operarios. Como resultado, el tiempo de Set-Up por cada lote de armazones se reduce a 91.5 min (ver Tabla 68).

Tabla 69: Diagrama de trabajo en paralelo / Extractor

SANTA BÁRBARA EP		DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS		DIAGRAMA DE TRABAJO PARALELO			
						A&M-FJ06	
						Hoja 4 de 5	
						Edición: 01	
Operación:	Preparación del equipo / Set-Up		Pieza:	Extractor			
Máquina:	Centro de mecanizado CNC		Producto:	Revólver ATI			
Operario #1		Tiempo (min)	Operario #2		Tiempo (min)		
Limpiar la cabina de la máquina, superficies, porta herramientas, mesa y quijadas		15	Limpiar la cabina de la máquina, superficies, porta herramientas, mesa y quijadas		15		
Desmontar mordazas del trabajo anterior y guardar en el anaquel		4	Verificar estado de las herramientas y cambiar insertos de ser necesario		7.9		
Montar cabezal en el cuarto eje y mordazas para el trabajo de mecanizado del armazón		6.8					
Ajustar las líneas de refrigeración		0.3	Cargar herramientas en el controlador CNC		3.6		
Ocio		5.4					Setear y compensar cada herramienta para el trabajo de mecanizado
Resumen							
Tiempo de Set-up (Actividades internas) : 31.5 min		Tiempo de trabajo (min)		Tiempo de Ocio (min)		Utilización	
Operario #1:		26.1		5.4		82.9 %	
Operario #2:		31.5		0		100 %	

Análisis: Se propone un método de trabajo que permita reducir el tiempo de preparación en el equipo para mecanizar el Extractor, se toma en cuenta la secuencia de preparación y la posibilidad de dividir actividades entre operarios, en este caso la limpieza de la cabina. Como resultado, el tiempo de Set-Up por cada lote de extractores se reduce a 31.5 min (ver Tabla 69).

Tabla 70: Diagrama de trabajo en paralelo / Tambor


SANTA BÁRBARA EP		DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS		DIAGRAMA DE TRABAJO PARALELO			
						A&M-FJ05	
						Hoja 1 de 5	
						Edición: 01	
Operación:	Preparación del equipo / Set-Up		Pieza:	Tambor			
Máquina:	Centro de mecanizado CNC		Producto:	Revólver ATI			
Operario #1		Tiempo (min)	Operario #2		Tiempo (min)		
Limpiar la cabina de la máquina, superficies, porta herramientas, mesa y quijadas		20	Desmontar mordazas del trabajo anterior y guardar en el anaquel		4		
			Montar acople en el cuarto eje para el trabajo de mecanizado de ranuras del tambor		27.6		
Verificar estado de las herramientas y cambiar insertos de ser necesario		12.2					
Cargar herramientas en el controlador CNC		7.25	Montar matriz para la perforación de las recamaras del tambor		6.6		
			Ajustar las líneas de refrigeración		0.3		
Setear y compensar cada herramienta para el trabajo de centrado		10	Ocio		11		
Resumen							
Tiempo de Set-up (Actividades internas) : 49.5 min		Tiempo de trabajo (min)		Tiempo de Ocio (min)		Utilización	
Operario #1:		49.5		0		100 %	
Operario #2:		38.5		11		77.8 %	

Análisis: Se propone un método de trabajo que permita reducir el tiempo de preparación necesario para mecanizar el Tambor, se toma en cuenta la secuencia de preparación y la posibilidad de dividir actividades entre operarios. Como resultado el tiempo de Set-Up por cada lote de extractores se reduce a 49.5 min (ver Tabla 70).

- **Resumen de la optimización del cuello de botella**

A continuación, se presenta los resultados de la propuesta de optimización para el cuello de botella del proceso; ambas estrategias tienen como objetivo alcanzar el Takt Time requerido de 352 min para una demanda máxima de 30 revólveres al mes.

Tabla 71: Resumen de Optimización del cuello de botella

SANTA BÁRBARA EP				
DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS			A&M-FJ06	
RESUMEN DE OPTIMIZACIÓN			Hoja 4 de 4	
			Edición: 01	
Etapa de fabricación	Ajustaje y ensamble		Tamaño del lote	15 unidades
Máquina-Herramienta	Centro de mecanizado CNC			
Piezas	Tiempo de preparación (min/lote)		Tiempo de ciclo (min/u)	
	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto
Extractor ATI-1A	65.35	31.5	39.6	35.2
Tambor ATI-1B	114.5	49.5	64.7	59.1
Brazo del tambor ATI-1C	79.85	32.3	9.66	8
Armazón ATI-1D	197.05	91.5	214.8	206.8
Cachas ATI-1E	64.45	27.8	45.36	20.50
Resultados				
Total:	521.2	232.6	374.07	329.6
Variación de tiempo:	288.6		44.47	
Optimización:	55.37 %		11.88 %	
Tiempo total de operación actual:	408.8 min/u			
Tiempo total de operación propuesto:	345.1 min/u			

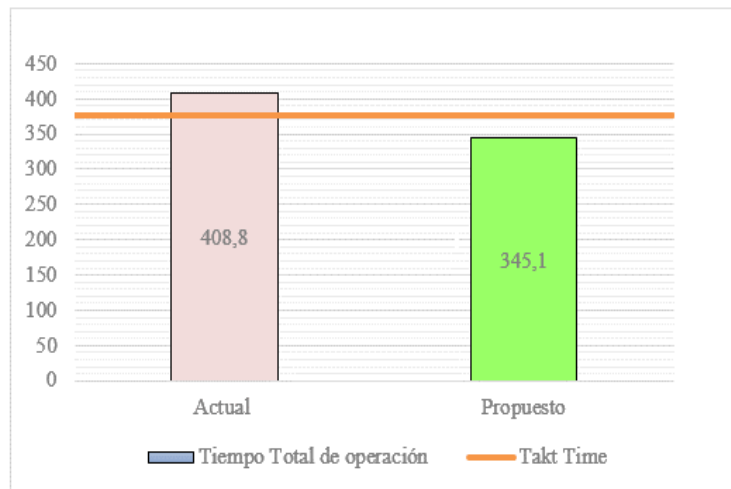


Figura N° 85: Optimización del cuello de botella del proceso

Análisis: Se obtuvo una optimización del 55.37 % aplicando la metodología SMED en los cambios de configuración del equipo; mientras que, eliminando las actividades de que no agregan y mejorando el método de trabajo el tiempo de ciclo se logra optimizar en un 11.88% (ver Tabla 71).

Por medio de la ecuación (7) se calcula el tiempo total de operación propuesto el cual logra cumplir con el Takt Time como se indica en la figura 85.

$$\mathbf{T tiempo\ total\ de\ operacion} = \frac{T.\ de\ preparacion}{Tamaño\ lote} + T.C$$

$$\mathbf{TT\ Propuesto} = \frac{232.6}{15} + 329.6$$

$$\mathbf{TT\ Propuesto} = 345.1\ min$$

$$\mathbf{CP\ mensual} = \frac{1}{345.1\ min} \times (480\ min/día) \times (22\ días)$$

$$\mathbf{CP\ mensual} = 30.6 = 31\ u/mes$$

Como resultado de la optimización del cuello de botella la capacidad de producción paso de 25 u/mes a 31 u/mes lo que supone un aumento del 19.7 % en la eficacia mensual del proceso de fabricación de revólveres, esto que permitirá cumplir con la demanda mensual sin recurrir a horas extra de trabajo (ver Figura 85).

$$\mathbf{Eficacia} = \frac{Unidades\ producidas}{Unidades\ requeridas}$$

$$\mathbf{Eficacia\ actual} = \frac{25\ u/mes}{30\ u/mes} \times (100\%) = 83.3\%$$

$$\mathbf{Eficacia\ Propuesta} = \frac{31\ u/mes}{30\ u/mes} \times (100\%) = 103\ %$$

$$\mathbf{Mejora\ en\ la\ Eficacia} = 19.7\ %$$

Estandarización de la secuencia de maquinado

Según Taiichi Ohno: “Donde no hay un estándar, no puede haber una actividad de mejora”. Sin un trabajo estandarizado no hay disciplina, no hay control del proceso, no se pueden medir datos y en consecuencia no se pueden documentar las mejoras.

Una correcta secuencia de ejecución de los trabajos de mecaniza para cumplir una orden de producción del revólver, permite alcanzar un uso más eficiente de los equipos reduciendo desperdicios como: el tiempo de espera entre procesos, atrasos, trabajos en curso (WIP), tiempos de permanencia en el sistema (tps) entre otros indicadores de que son de interés para la optimización del proceso. Además, la secuencia permitirá definir un protocolo de cambio de referencia en el tablero Kanban.

- **Análisis del problema JSSP en la etapa de Fabricación de piezas**

Secuenciar los trabajos de mecanizado es una de las tareas más difíciles que enfrentan las empresas que cuentan con sistemas de taller de trabajo, ya que un manejo poco eficiente de sus recursos es una fuente constante de desperdicios. El área de fabricación de armas de fuego de Santa Bárbara EP es un entorno de taller de trabajo “Job Shop”, donde cada pieza que conforma el Revólver ATI pasa por distintas etapas y máquinas hasta ser ensambladas. Por lo tanto reducir el tiempo de completamiento de todos los trabajos “MakeSpan” mediante optimización combinatoria, resulta indispensable para la reducción del Lead time y la optimización del proceso. La resolución de los problemas de optimización combinatoria JSSP (Job Shop Scheduling Problem) en los talleres de trabajo con (M) máquinas y (N) trabajos permiten acercarse a valores óptimos respecto a una función objetivo.

La etapa de Fabricación de piezas utiliza 5 máquinas diferentes para fabricar 28 de las 45 piezas que componen el Revólver ATI cada una con su proceso de fabricación; por lo tanto se trata de un problema de secuenciación de $M= 5$ y $N= 28$.

Según la Teoría NP, que clasifica los problemas de acuerdo a la complejidad, un JSSP con más de 3 máquinas y 3 trabajos cae en la clase de problemas NP-HARD de forma que encontrar una solución exacta demandaría una gran cantidad de recursos en tiempo y capacidad de procesamiento, por lo tanto, es necesario el uso de un ordenador que encuentre una solución óptima en un tiempo de ejecución razonable.

Tabla 72: Precedencia de las operación de mecanizado / Fabricación de piezas

N	M	Torno	Fresadora universal	Electro - erosionadora	Centro CNC	Troqueladora
Extractor ATI-1A		1 → 2	← 3			
Tambor ATI-1B		1			2	
Brazo de tambor ATI-1C		1 → 2	← 3			
Armazón ATI-1D					1	
Cachas ATI-1E					1	
Candado ATI-2A			2 ← 1			
Bloque retroceso ATI-2B			3 ← 2 ← 1			
Elevador ATI-2C			2 ← 1			
Gatillo ATI-2D			2 ← 1			
Martillo ATI-2E			2 ← 1			
Cerrojo ATI-3A		1 ← 2				
Percutor ATI-3B		1 ← 2				
Cilindro retención ATI-3C		1 ← 3		2		
Placa principal ATI-4A						1
Tapa lateral ATI-4B			1			

Tabla 72: Continuación - Precedencia de las operación de mecanizado / Fabricación de piezas

Pin central ATI-4C					1
Seguro pulgar ATI-5A		1 \Rightarrow 2			
Mira ATI-5B		1			
Fiador ATI-5C		1			
Liberado ATI-5D		1			
Anillo extr. ATI-6A	1				
Eje del brazo ATI-6B	1				
Cañón ATI-6C	1 \Rightarrow 2				
Cilindro Parada ATI-6D	1				
Eje principal tambor ATI-6E	1 \Rightarrow 2				
Pin Estrella ATI-6F	1				
Pin retención ATI-6G	1				
Pin Tambor ATI-6H	1				

Interpretación: En base a los datos de la Tabla 47 se plantea un esquema del problema JSSP. Se indica la precedencia de cada operación O ligado a las N tareas y M máquinas (ver Tabla 72). Los tiempos de preparación de la máquina también se consideran parte de la secuencia de trabajo y se ingresan como datos en el programa de optimización Legin.

- **Ingreso de datos en el programa Lekin**

Una vez levantados los datos del proceso y definida la precedencia (P) de las operaciones de mecanizado, se ingresa al programa Lekin. Al iniciar el programa se pedirá crear un nuevo entorno de fabricación que defina el tipo de problema como se indica en la Figura N° 86.

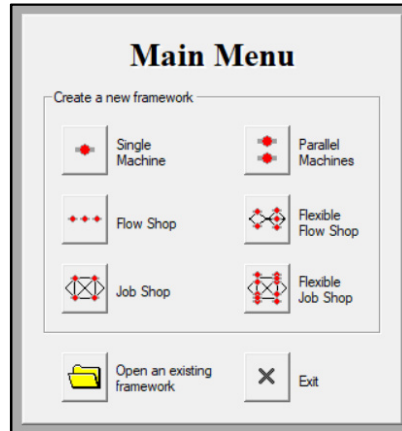


Figura N° 86: Menú principal de Lekin

Ya seleccionado el entorno se, despliega un cuadro de diálogo donde se especifica el número de máquinas y trabajos (ver Figura N° 87).

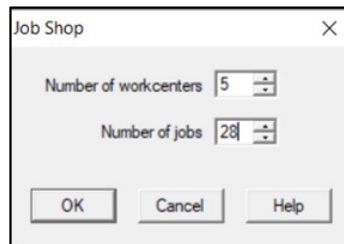


Figura N° 87: Numero de máquinas y trabajos

Una vez ingresados los valores de M y N, se despliegan las ventanas de máquinas “Machine park” y trabajos “Job Pool” donde se van introduciendo uno a uno los datos del proceso (ver Figura N° 88).

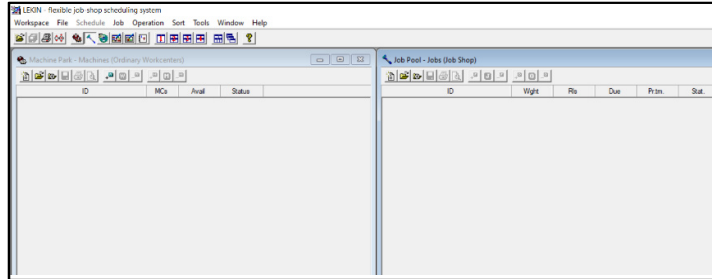


Figura N° 88: Ingreso de trabajos y máquinas

El paso siguiente es ingresar la información de las máquinas M . Para esto se pulsa el botón “Add a machine”, varios datos tienen que ser añadidos, incluyendo el número de máquinas (sólo en el caso de la disposición de máquinas en paralelo), fecha de disponibilidad, la situación de partida (si la máquina tiene una configuración inicial por defecto), y la matriz de configuración donde se indica el tiempo de cambio entre modelos en función de los datos de la Tabla 47 (ver Figura N° 89).

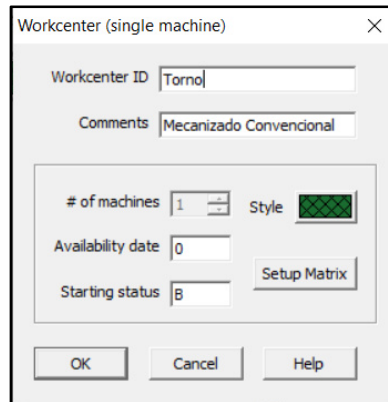


Figura N° 89: Ingreso de datos de la máquina

Después de la configuración de las máquinas los trabajos tienen que ser añadidos. En la ventana “Job Pool” se pulsa el botón “Add a job”, hay que añadir datos de la fecha de pedido r_j , la fecha de vencimiento d_j , el peso (importancia relativa del trabajo) w_j , y la matriz de enrutamiento. Cabe destacar que los trabajos corresponden a las piezas del ensamble a ser mecanizadas y las operaciones son la ruta que siguen a través de los equipos (ver Figura N° 90).

Figura N° 90: Ingreso de los datos del trabajo

Para introducir los datos de la matriz de enrutamiento se pulsa el botón “Edit Route”. La precedencia de cada trabajo a través de las máquinas se indica en la Tabla 72; a la par, los tiempos de procesamiento P_{ij} de cada operación también son introducidos en el campo “Process time” según el resumen del estudio de tiempos de la etapa de fabricación de partes presentado en la Tabla 47. Por último, el campo de “Status” hace referencia al cambio de configuración necesario en el la máquina para iniciar el mecanizado (ver Figura N° 91).

Workcenter	Pr. Tm.	Status
Torno	55	B
Centro CNC	35	B
	1	A

Figura N° 91: Ingreso de los datos de precedencia

Una vez que se han ingresado todos los datos del problema se puede iniciar el proceso de secuenciación de las operaciones. Este proceso se lleva a cabo mediante la opción de “Schedule” en el menú principal. Existen 2 métodos de resolución; mediante reglas de secuenciación, que buscan acercarse a una solución eficiente en función de un objetivo y mediante algoritmos heurísticos como el Cuello de botella variable o Local Search que están diseñados específicamente para la programación de talleres de trabajo y que por lo general se acercan más a una solución óptima.

- **Secuenciación de la etapa de Fabricación de piezas**

La etapa de fabricación de piezas consiste de 5 máquinas (M), 28 trabajos (N) y un total de 46 operaciones (O) a secuenciar. El tamaño del lote para cada componente es de 15 unidades, de igual manera el tiempo de ciclo se expresa por lotes.

Tabla 73: Máquinas / Etapa de fabricación de piezas

ID	M/Cs	Avail	Status
Torno	1		
Torno.01		0	A
Fresadora Un	2		
Fresadora Uni		0	A
Fresadora Uni		0	A
Electroerosion	1		
Electroerosion		0	A
Centro CNC	1		
Centro CNC.0		0	A
Troqueladora	1		
Troqueladora		0	A

Tabla 74: Trabajos y operaciones / Etapa de fabricación de piezas

ID	Wght	Rts	Due	Pr.tm.	Stat.	ID	Wght	Rts	Due	Pr.tm.	Stat.
Pin central -	1	0	5280	4		Cilindro reté	28	0	5280	387	
Troqueladora				4	C	Torno				155	G
Placa Princ -	1	0	5280	4		Electroerosionadora				232	B
Troqueladora				4	B	Eje princ - A	32	0	5280	423	
Pin tambor -	4	0	5280	39		Torno				423	L
Torno				39	O	Cañon - ATI-	53	0	5280	443	
Pin retenc - A	4	0	5280	47		Torno				443	J
Torno				47	N	Fiador - ATI-	37	0	5280	505	
Anillo extr -	4	0	5280	49		Fresadora Universal				505	L
Torno				49	H	Elevador - A	45	0	5280	651	
Mira - ATI-S	5	0	5280	60		Electroerosionadora				513	C
Fresadora Universal				60	K	Fresadora Universal				138	D
Cilindro par-	8	0	5280	107		Brazo - ATI-I	92	0	5280	667	
Torno				107	K	Torno				515	D
Percutor - A	10	0	5280	122		Centro CNC				152	D
Torno				84	F	Candado - A	52	0	5280	718	
Fresadora Universal				38	H	Electroerosionadora				632	C
Tapa later- A	12	0	5280	129		Fresadora Universal				86	B
Fresadora Universal				129	I	Bloque retro	55	0	5280	744	
Pin estrella -	14	0	5280	183		Electroerosionadora				618	C
Torno				183	M	Fresadora Universal				126	C
Eje del brazo	15	0	5280	189		Tambor- ATI-	118	0	5280	1192	
Torno				189	I	Torno				305	C
Cerrojo - A	17	0	5280	220		Centro CNC				887	C
Torno				150	E	Extractor - A	128	0	5280	1346	
Fresadora Universal				70	G	Torno				818	B
Cachas - ATI-	53	0	5280	308		Centro CNC				528	B
Centro CNC				308	F	Gatillo - ATI-	139	0	5280	1940	
Liberador - A	24	0	5280	332		Electroerosion				1496	C
Fresadora Universal				332	M	Fresadora Universal				444	E
Seguro pulg-	25	0	5280	338		Martillo - A	146	0	5280	2061	
Fresadora Universal				338	J	Electroerosionad				1929	C
						Fresadora Universal				132	F
						Armazon - A	343	0	5280	3194	
						Centro CNC				3194	E

El peso w_j es asignado por el investigador a fin de introducir la noción de prioridad en los indicadores de cada algoritmo, para este caso se toma como peso al valor de tiempo total de operación (p) de forma que se tiene como prioridad a los trabajos más demorosos. La fecha límite d_j para la finalización para todos los trabajos es igual al Pitch que se calcula según la formula N° 2.

$$\text{Pitch} = \text{Takt time} \times \text{Piezas por lote}$$

$$\text{Pitch} = 352 \frac{\text{min}}{\#} \times \frac{15\#}{1 \text{ Lote}}$$

$$\text{Pitch} = 5280 \frac{\text{min}}{\text{Lote}}$$

Ya con los datos de la etapa se corren una a una las programaciones (ver Tabla 75) a fin de obtener las estadísticas de:

- Máximo tiempo de completamiento o Makespan (C_{max})
- Máximo tiempo de demora (T_{max})
- Número total de trabajos atrasados (ΣU_j)
- Tiempo de flujo total o Flow time (ΣC_j)
- Tiempo total de demora (ΣT_j)
- Tiempo de flujo ponderado total *Flow time* ($\Sigma w_j C_j$)
- Tardanza ponderada total ($\Sigma w_j T_j$)

Tabla 75: Estadística de programas (Schedule) / Etapa de fabricación de piezas

Schedule	Time	C_{max}	T_{max}	ΣU_j	ΣC_j	ΣT_j	$\Sigma w_j C_j$	$\Sigma w_j T_j$
CR	1	5432	152	2	86060	226	5195794	7586
EDD	1	5432	152	2	73111	224	5096945	14768
FCFS	1	5432	152	2	71734	224	4973757	14768
General SB Routine / Cmi	4	5432	152	2	94577	226	5274396	7586
General SB Routine / sum	1	5432	152	2	85941	166	5194044	4984
General SB Routine / sum	1	5432	152	2	85757	166	5171188	4984
LPT	1	5432	152	2	86060	226	5195794	7586
MS	1	5432	152	2	86060	226	5195794	7586
ATCS (1.1)	1	5588	308	1	80140	308	5014181	13860
WSPT	1	5588	308	2	67911	507	4817544	37342
SPT	1	5611	331	1	41792	331	4632467	48326

Cada programa de secuenciación está pensado para acercarse a valores óptimos respecto a una función objetivo; a un menor “Makespan” mayor tiempo de permanencia en el sistema tps y en consecuencia un mayor número de trabajos en curso, como se indica en la figura en la Figura N° 92.

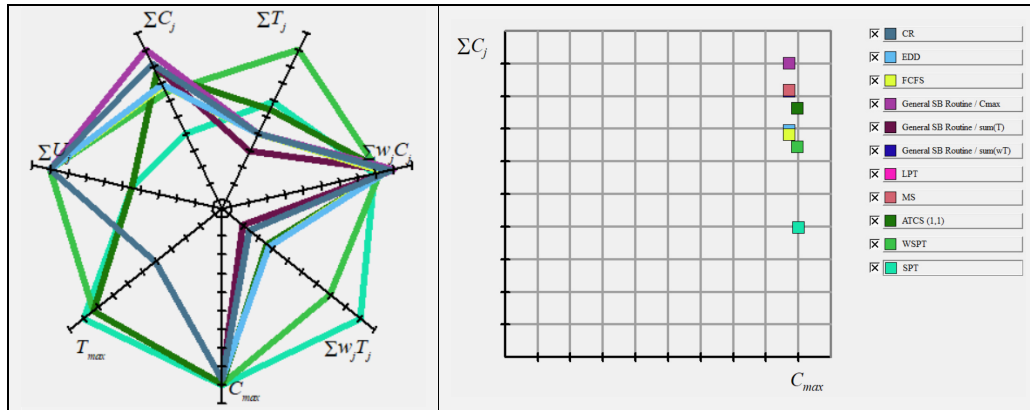


Figura N° 92: Estadística de programas (Schedule) / Etapa de fabricación de piezas

Este comportamiento se puede explicar mediante la Ley de Little aplicada a la teoría de secuenciación de trabajos.

$$WIP = TH \times CT$$

Donde:

- **WIP**= Trabajos en curso en un régimen permanente.
- **TH**= Throughput (Unidades no defectuosas producidas por unidad de tiempo)
- **CT**= Tiempo en que una unidad tarda en completar su proceso.

Adaptando a la notación usada en teoría de secuenciación se tendría que:

- **WIP**= Número promedio de trabajos en el sistema entre el instante inicial y el final del último trabajo.

$$WIP = \bar{N}(0, C_{max})$$

- **TH**= Numero de trabajos sobre el Tiempo de finalización del último trabajo

$$TH = \frac{n}{C_{max}}$$

- **CT**= Tiempo promedio de permanencia en el sistema.

$$CT = C_{med} = tps$$

$$C_{med} = \frac{\sum C_j}{n}$$

Sustituyendo en la fórmula original tenemos que:

$$\bar{N}(0, C_{max}) = n \frac{C_{med}}{C_{max}}$$

Si bien las estadísticas del programa pueden ser útiles para identificar que tan óptimo es un programa respecto a una función objetivo; es necesario un análisis más profundo de las necesidades del proceso para seleccionar el programa adecuado.

Para esto se plantean cuatro medidas de desempeño:

- Tiempo promedio en el sistema (**tps**)
- Tasa de utilización de los equipo (**t.u**)
- Inventario en proceso promedio (**WIP**)
- Retraso promedio (**r.p**)

Por ejemplo, con la regla de secuenciación CR (Relación crítica) se tendría los siguientes resultados respecto a las medidas de desempeño.

$$tps = \frac{\sum C_j}{n}$$

$$tps = \frac{86060}{28} = 3074 \text{ min}$$

$$t. u = \frac{\sum P_{ij}}{tps}$$

$$t. u = \frac{\frac{C_{max}}{\#}}{\frac{\sum C_j}{\#}} = \frac{5432}{86060} * 100 = 6.3 \%$$

$$WIP = n \frac{C_{med}}{C_{max}}$$

$$WIP = 28 \times \frac{3074}{5432} = 16 \text{ trabajos}$$

$$r.p = \frac{\sum T_j}{n}$$

$$r.p = \frac{249}{28} = 8.1 \text{ min}$$

A continuación, en la Tabla 76 se analizan los programas de secuenciación respecto a los indicadores de desempeño.

Tabla 76: Medidas de desempeño de las programaciones / Etapa de fabricación de piezas

Schedule	C_{max}	tps	$t.u$	WIP	$r.p$
CR	5432	3074	6.3	16	8.1
EDD	5432	2611	7.4	13	8
FCFS	5432	2562	7.6	13	8
General SB / C_{max}	5432	3378	5.7	17	8.1
General SB / $\sum T_j$	5432	3069	6.3	16	5.9
General SB / $W*T$	5432	3063	6.3	16	5.9
LPT	5432	3074	6.3	16	8.1
MS	5432	3074	6.3	16	8.1
ATCS	5588	2862	7.0	14	11
WSPT	5588	2425	8.2	12	18.1
SPT	5611	1493	13.4	8	11.8

Análisis: Toda estrategia de optimización debe estar acorde a las necesidades del proceso. Una vez que se receipta un pedido de revólveres la prioridad del Jefe de producción es entregar lo antes posible todos los lotes de piezas al área de montaje para ser ensambladas, por lo cual el tiempo de completamiento de todas las tareas C_{max} y el tiempo promedio en el sistema de cada trabajo son los indicadores más importantes a la hora de secuenciar los mecanizados, seguido de los trabajos en curso WIP y el retraso promedio de las piezas. A fin de seleccionar el programa adecuado se aplica en método de proceso analítico jerárquico AHP para la toma de decisiones multicriterio.

Selección multicriterio de la mejor secuencia de mecanizado

Una vez planteado el problema y definidas las alternativas de secuenciación, se explica la metodología AHP al Jefe de producción, para consultar su valoración respecto a cada uno de los criterios.

Para el caso de la etapa de fabricación de piezas se presentan 10 alternativas de decisión tomando en consideración 5 criterios:

- **Makespan (Cmax):** Es el tiempo que se tarda en completar todos los trabajos.
- **Tiempo promedio en el sistema (tps):** Mide el tiempo que en promedio tarda cada trabajo en el sistema hasta su terminación, incluyendo el tiempo de espera por no disponibilidad de las máquinas, tiempos de aislamiento, retrasos de entrega, preparación y procesamiento; por lo que es necesario minimizarlo.
- **Tasa de utilización de los equipos (t.u):** Es el porcentaje de tiempo que las máquinas permanecen ocupadas. Y debe incrementarse para alcanzar una mayor eficiencia en el sistema.
- **Inventario en proceso promedio (WIP):** Es la media de los trabajos entre máquinas que están esperando a ser procesados. El WIP supone costos de inventario, capital retenido, espacio de almacenamiento y oculta los problemas del proceso hasta es muy tarde para corregirlos.
- **Retraso promedio (r.p):** Indica la tardanza en la finalización de los trabajos.

A continuación, en la Figura N° 93 se representa en esquema jerárquico de decisión como una forma estructurada de modelar el problema.

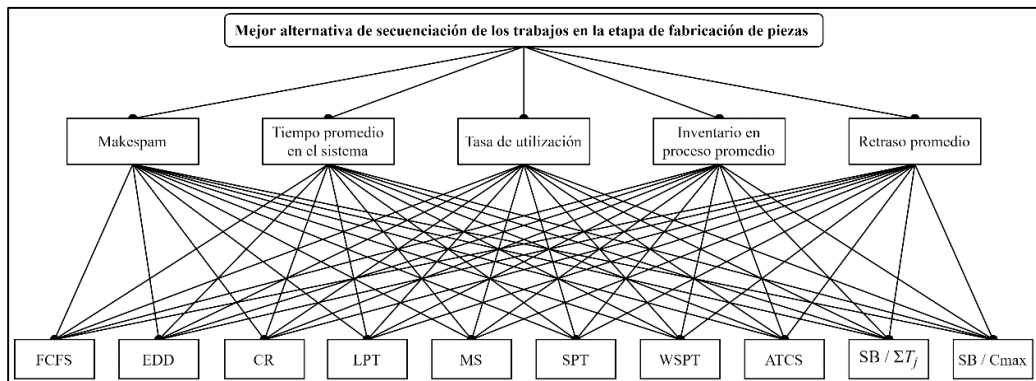


Figura N° 93: Árbol jerárquico de decisión multicriterio

- **Ingreso de datos en el programa Expert Choice**

Se utiliza el software de toma de decisiones Expert Choice V11 para facilitar la aplicación del método AHP. Una vez definida la Jerarquía de decisión se ingresan los datos al programa.

Ya en el programa, se especifica el objetivo a ser alcanzado en el cuadro de diálogo “Goal Description”, que para el caso será “**Selección de la mejor alternativa de secuenciación de los trabajos en la etapa de fabricación de piezas**”, seguido de una breve descripción como se indica en la Figura N° 94.

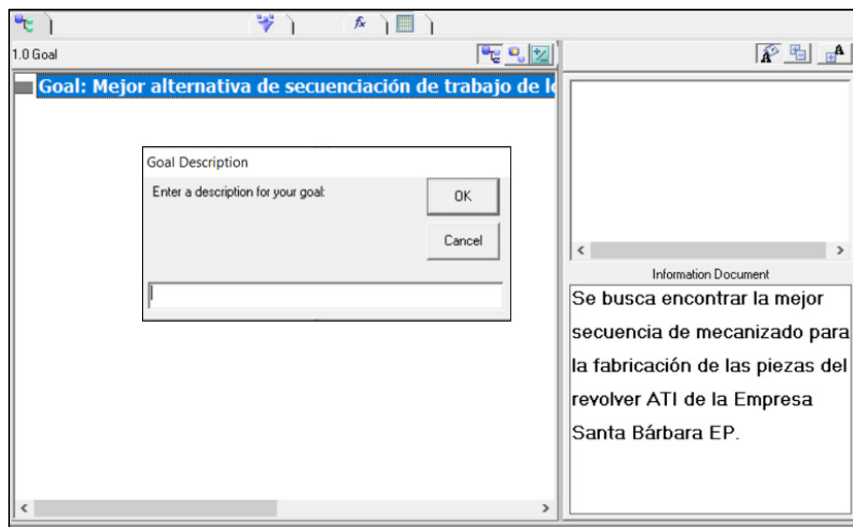


Figura N° 94: Descripción del objetivo en Expert Choice.

El paso siguiente consisten en agregar los criterios de decisión sobre los cuales se evalúan las alternativas según el método AHP, para ello se ubica el cursor sobre el objetivo y se presiona el comando “Ctrl + H” para generar un nodo “child of current Node” donde se especifica el criterio. Se repite el proceso para cada criterio como se indica en la Figura N° 95.

Siguiendo con la metodología, una vez ingresados los criterios es necesario ponderarlos entre sí por medio de la escala de comparación pareada de Thomas Saaty (ver Tabla 2), de esta forma se determina el porcentaje de influencia de cada criterio sobre la alternativa de solución.

Se marca el objetivo “Goal” y se presiona el comando “Ctrl + Q” para desplegar la matriz de la importancia relativa. Se procede a comparar por pares a los criterios según la escala de puntuación como se indica en la Figura N° 96.

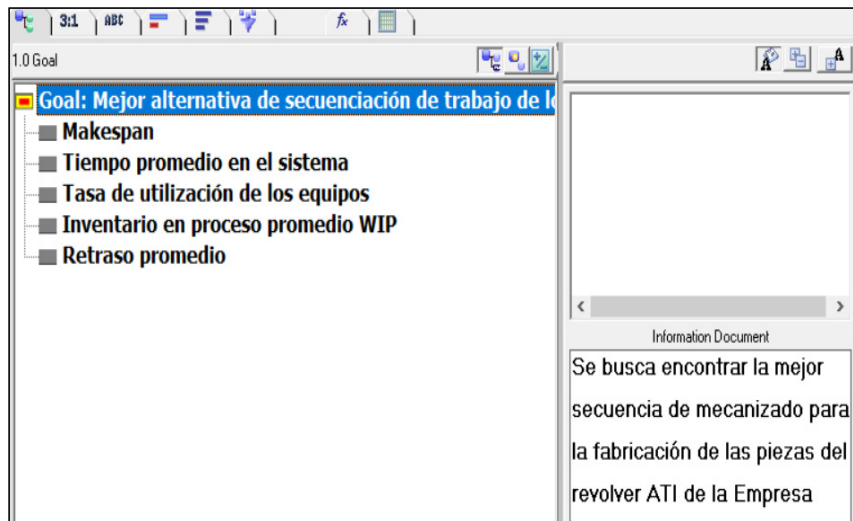


Figura N° 95: Ingreso de los criterios de decisión en Expert Choice

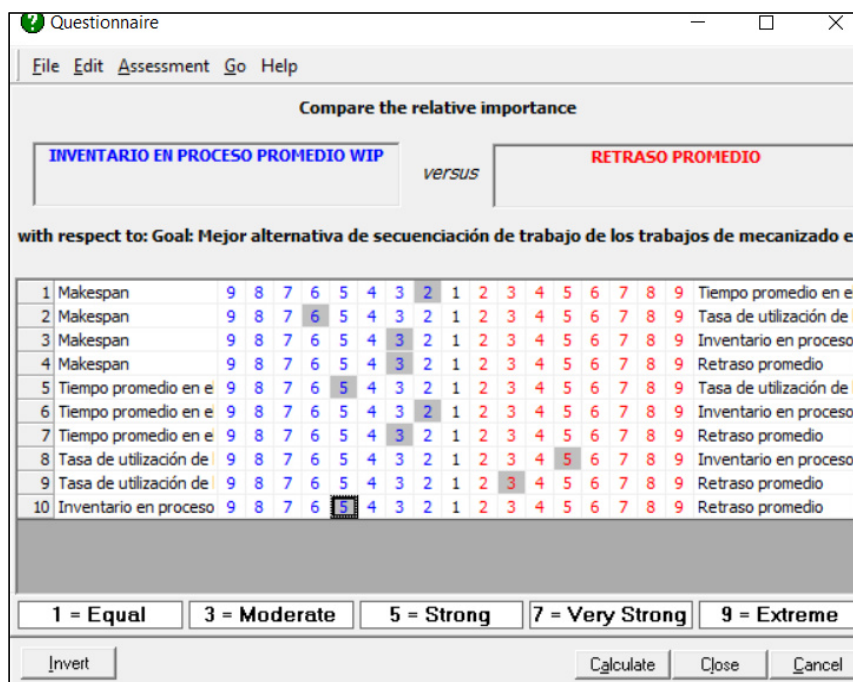


Figura N° 96: Matriz de comparación de los criterios

La ponderación se realiza bajo el criterio del investigador con asesoría del Jefe de producción quien conoce las necesidades del proceso. Se presiona el botón “Calculate” para encontrar el porcentaje de importancia de cada criterio respecto al objetivo del problema como se indica en la Figura N° 97.

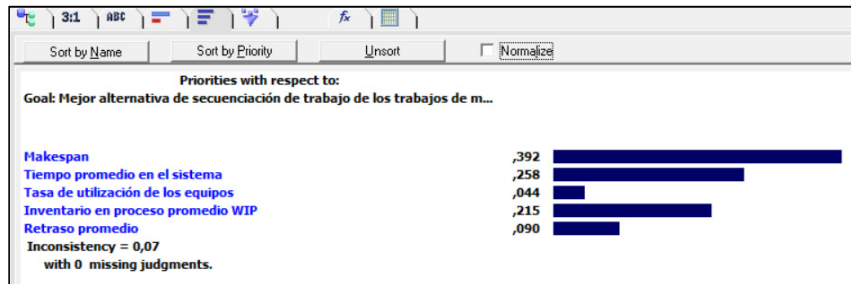


Figura N° 97: Prioridad de los criterios de decisión

Interpretación: Se obtuvo como resultado que el criterio con mayor importancia es el Makespan con un 39.2% de prioridad, en segundo lugar el Tiempo promedio en el sistema de cada trabajo con un 25.8%, en tercero el inventario en proceso con un 21.5% seguido del retraso promedio con 9% y por último el menos importante el retraso promedio con 4.4%. La matriz tiene una inconsistencia del 7% por lo que es válida.

Cabe destacar que la validez de una matriz de comparación está dada por su índice de inconsistencia, este indica si la información que se ha ingresado es coherente, y en consecuencia, que tan válidos son los resultados obtenidos. Una matriz es válida siempre y cuando su radio de inconsistencia sea menor al 10% (≤ 0.10).

A continuación se ingresan las alternativas de solución, que para este caso son 10 posibles secuencias de mecanizado. En la parte superior derecha se encuentra el cuadro de alternativas, se da clic sobre el botón “Add Alternative”, este proceso se repite para cada alternativas como se indica en la Figura N° 98.

De acuerdo al método AHP, el paso siguiente es comparar por pares las alternativas respecto a cada uno de los criterios de decisión, siguiendo el método de valoración anterior como se indica en la Figura N° 99. La valoración de las alternativas se realiza en función de la Tabla 76 donde se indican las medidas de desempeño de cada programación respecto a los criterios.

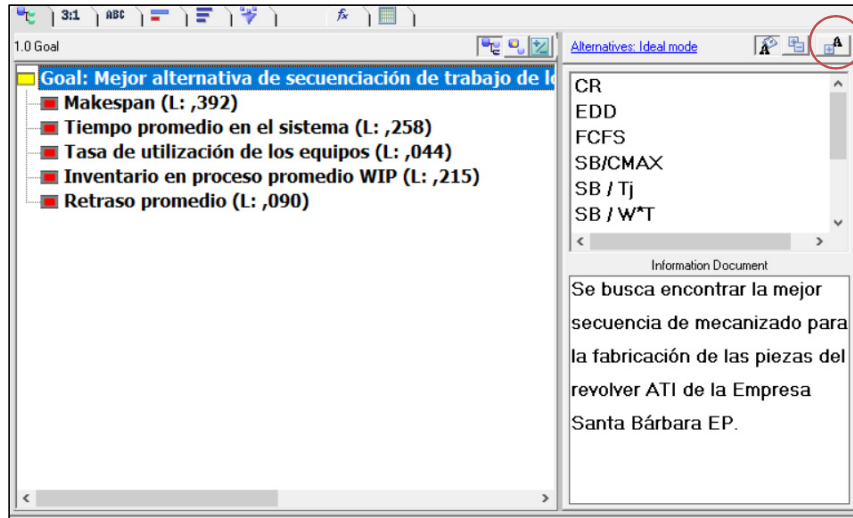


Figura N° 98: Ingreso de las alternativas en Expert Choice

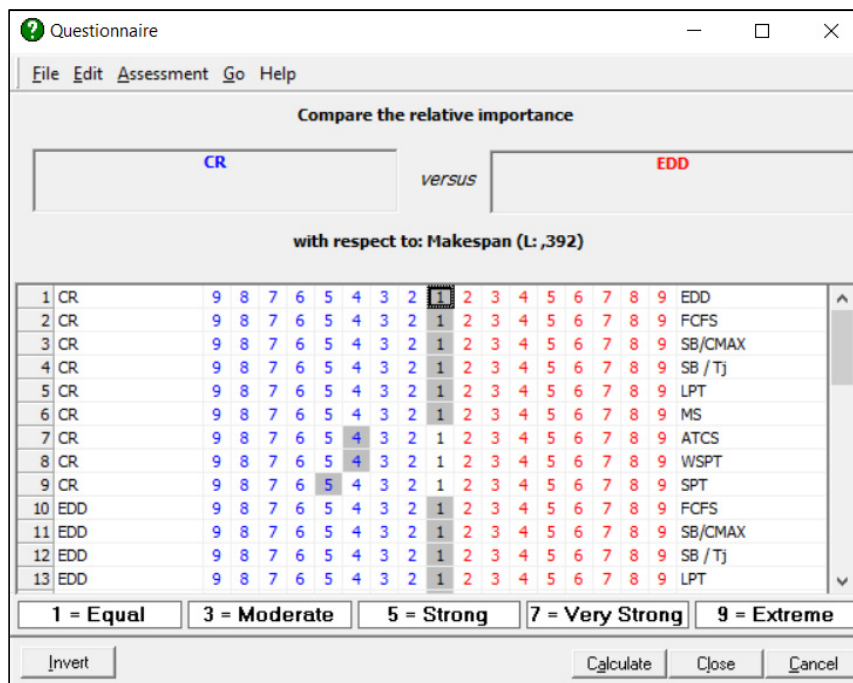


Figura N° 99: Matriz de comparación de las alternativas respecto al Makespan

Una vez hecha la comparación para cada uno de los criterios es necesario encontrar el porcentaje prioridad, es decir, la preferencia que tiene cada alternativa frente a una determinada medida de desempeño. Se presiona el botón "Calculate" para encontrar los resultados frente a cada criterio como se muestra a continuación (ver Figuras N°100 a 104).

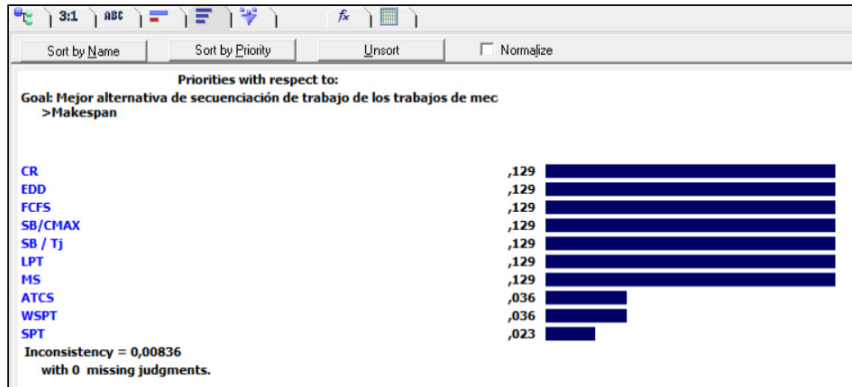


Figura N° 100: Prioridad de las alternativas respecto al Makespan

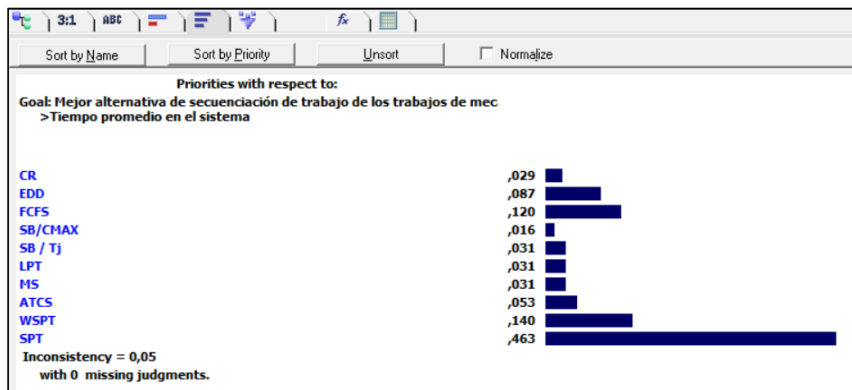


Figura N° 101: Prioridad de las alternativas respecto al Tiempo promedio en el sistema

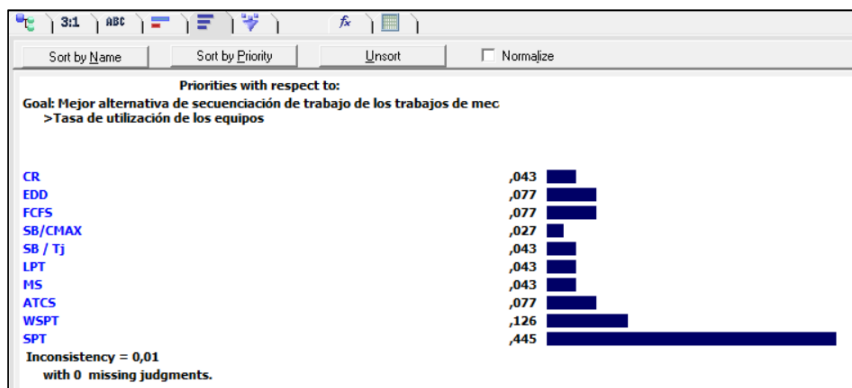


Figura N° 102: Prioridad de las alternativas respecto a la Tasa de utilización de los equipos

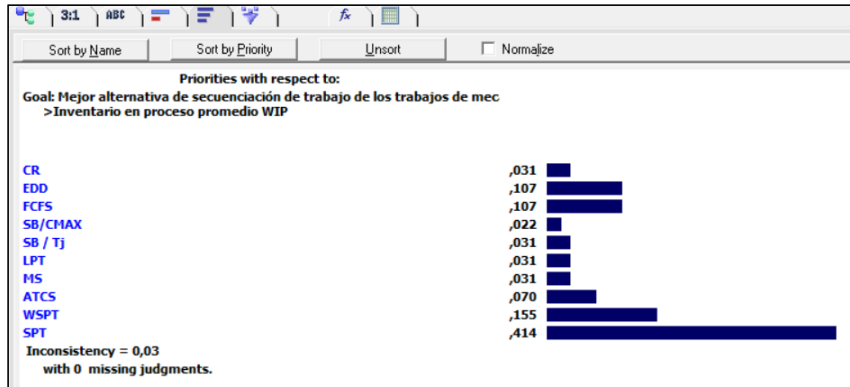


Figura N° 103: Prioridad de las alternativas respecto a al WIP

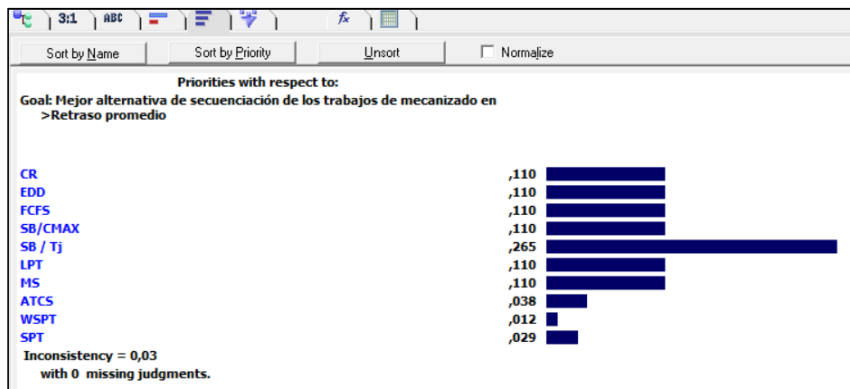


Figura N° 104: Prioridad de las alternativas respecto al retraso promedio

Después de ponderar los criterios de selección y determinar la prioridad de cada alternativa se puede calcular el resultado de la toma de decisiones por el método de selección multibriterio AHP. Se da clic sobre el ícono “Synthesis Results” para calcular los resultados como se indica en la Figura N°105.

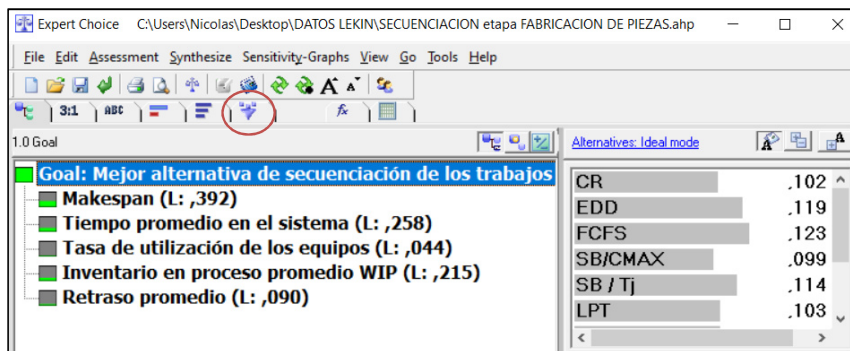


Figura N° 105: Solución del problema de decisión multicriterio

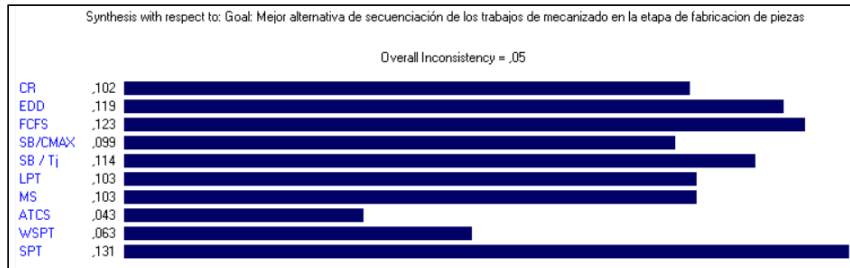


Figura N° 106: Síntesis de resultados

Interpretación: El programa Expert Choice permite general una síntesis de resultados de las alternativas de solución, a fin de presentar la mejor alternativa respecto a todos los criterios de decisión, la gráfica se indica el porcentaje de preferencia lo que permite identificar a la alternativa ganadora. Cabe destacar que el índice de inconsistencia es del 5% (0.05) lo que indica que el proceso se ha llevado acabo de forma correcta.

- **Análisis de sensibilidad**

Para este caso, la mejor alternativa de solución es el método de secuenciación SPT (Tiempo de procesamiento más breve) con un porcentaje de preferencia del 13.1 % (ver Figura N° 108); si bien su makespan es relativamente el peor de entre todas las reglas de secuencias su eficiencia frente al resto de criterios permite una mayor optimización de la etapa de fabricación de piezas.

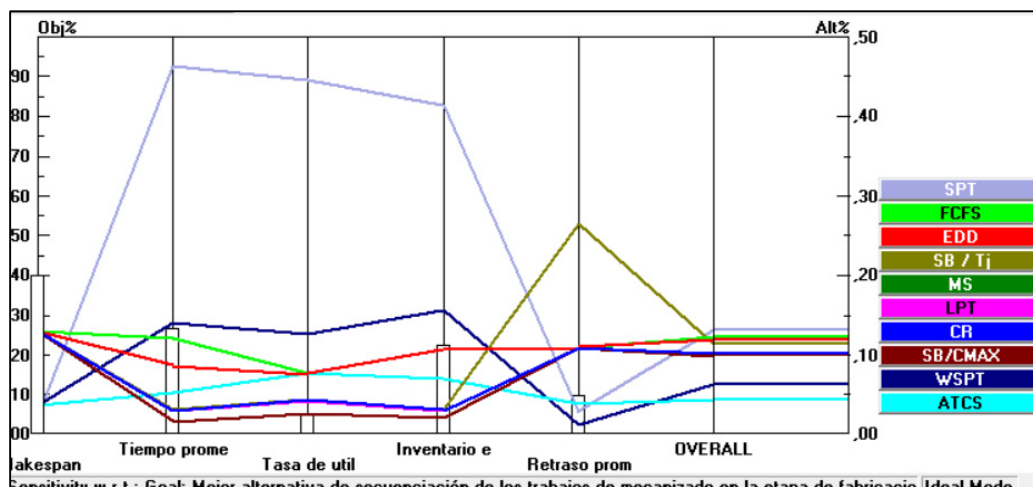


Figura N° 107: Gráfica de sensibilidad

En la Figura N°109 se plantea una gráfica de comparación cara a cara entre las dos mejores propuestas de solución, FCFS (Primeras llegadas primeras salidas) con un

12.3 % versus la alternativa ganadora SPT (Tiempo de procesamiento más breve) con un 13.1 % respecto a la prioridad de los criterios.

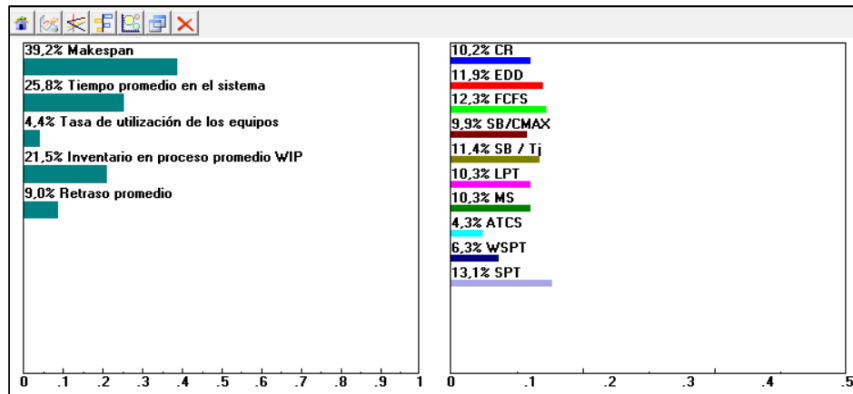


Figura N° 108: Parámetros de sensibilidad

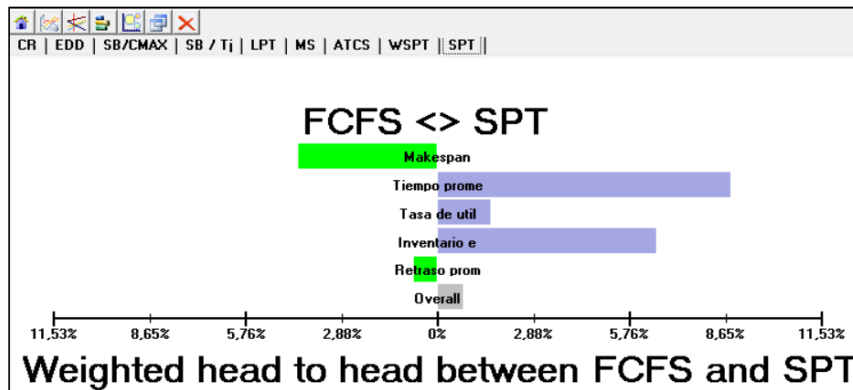


Figura N° 109: Comparación de las mejores alternativas

El objetivo que se busca a partir de la secuenciación de todos los trabajos de mecanizado es optimizar el proceso de fabricación de piezas en función de las medidas de desempeño puesto que esta etapa restringe a todo el sistema. Mediante el análisis de decisión multicriterio AHP se determina que la mejor opción es la regla de prioridad SPT.

A continuación, en la Tabla 77 se indica la secuencia de mecanizado que cada máquina herramienta debe seguir para cumplir con la orden de producción de los lotes de piezas según la regla SPT. Por medio de un gráfico de Gantt (Figura N°110) es posible visualizar de mejor manera el plan de trabajo, indicando el tiempo de fabricación previsto para cada lote de piezas a lo largo del tiempo total de terminación. Cabe destacar que los tiempos de producción corresponden a un lote de cada componente.

Tabla 77: Secuencia de mecanizado de piezas según la regla SPT

Mch/Job	Setup	Start	Stop	Pr.tn	
Torno.01		378			3628
Pin tambor - A		11	11	50	39
Pin retenc - A		11	61	108	47
Anillo extr - A		12	120	169	49
Cilindro parad		27	196	303	107
Percutor - AT		14	317	401	84
Pin estrella - A		23	424	607	183
Eje del brazo		27	634	823	189
Cerrojo - AT		21	844	994	150
Cilindro reten		25	1019	1174	155
Eje princ - AT		54	1228	1651	423
Cañon - AT-6		50	1701	2144	443
Brazo - AT-10		0	2144	2780	636
Extractor - AT		72	2852	3670	818
Tambor - AT-1		31	3701	4006	305
Centro CNC		234			4945
Cachas - AT		28	28	336	308
Armazon - AT		92	428	3530	3102
Brazo - AT-10		32	3562	3682	120
Extractor - AT		32	3714	4242	528
Tambor - AT-1		50	4292	5179	887
Troqueladora		21			8
Pin central - A		10	10	14	4
Placa Princ - A		11	25	29	4

Mch/Job	Setup	Start	Stop	Pr.tn	
Fresadora Ur		178			1426
Mira - AT-5E		9	9	69	60
Liberador - AT		34	103	435	332
Percutor - AT		6	441	479	38
Elevador - AT		18	533	671	138
Cerrojo - AT		9	1003	1073	70
Candado - AT		10	1159	1245	86
Bloque retroc		23	2051	2177	126
Gatillo - AT-2		47	3573	4017	444
Martillo - AT		22	5479	5611	132
Fresadora Ur		100			972
Tapa later AT		17	17	146	129
Seguro pulg- A		38	184	522	338
Fiador - AT-5		45	567	1072	505
Electroerosio		12			2421
Elevador - AT		2	2	515	513
Candado - AT		2	517	1149	632
Cilindro reten		2	1176	1408	232
Bloque retroc		2	1410	2028	618
Gatillo - AT-2		2	2030	3526	1496
Martillo - AT		2	3528	5457	1929

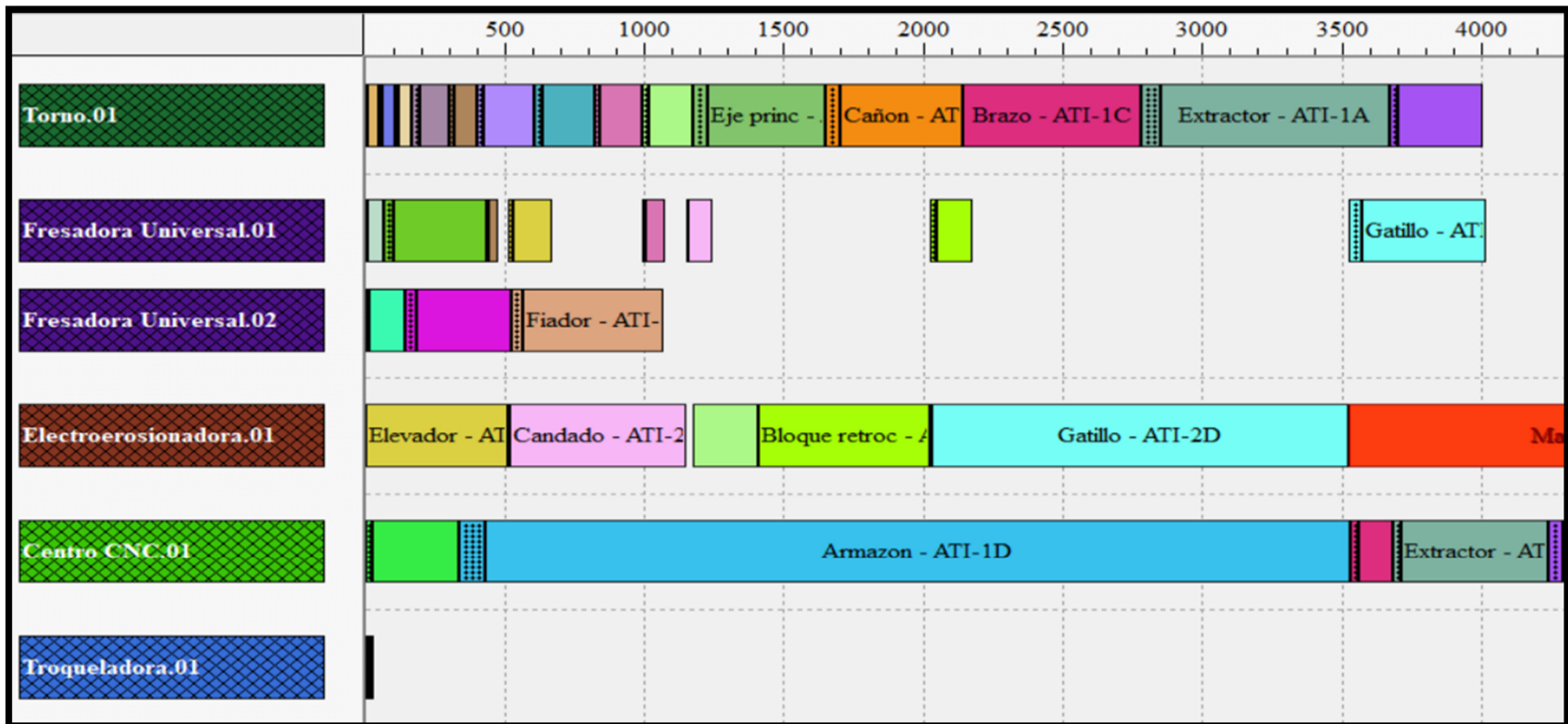


Figura N° 110: Gráfico de Gantt de la orden de producción según la regla SPT

Balanceo de carga de trabajo en área de montaje

El área de montaje se encarga del ensamble de todos los componentes producidos en la etapa de fabricación de piezas, actualmente se encuentra organizado como una celda de manufactura en “U” facilitando un flujo continuo y secuencial de las partes que son ensambladas hasta completar el producto terminado.

La distribución celular de las estaciones permite reducir inventario en proceso, transportes y defectos, además, de permitir flexibilidad a la hora de adaptarse a la demanda. Sin embargo, la carga de trabajo asignada a las estaciones para cumplir con la demanda máxima de revólveres debe optimizarse.

Tabla 78: Actividades para el ensamble del revólver ATI

Tarea	Descripción	T.E (min/u)	Precedencia
A	Modelado del armazón	95.5	-
B	Chaflanado del eje del brazo	6.1	-
C	Ajustaje de la estrella	10.4	-
D	Chaflanado del cilindro	4.5	-
E	Ensamble del gatillo - SD	24	-
F	Ensamble del martillo - SC	22.3	-
G	Ensamble del liberador del eje central - SA	30.9	-
H	Ajustaje del marco del arma	60	A-B
I	Ensamble del mecanismo de extracción - YB/YC	46.2	C-D
J	Modelado de cachas	24.9	H
K	Ensamble de la tapa lateral	29.8	H
L	Perforado del armazón	37.1	H
M	Perforado del brazo	11.6	H
N	Elaboración de pasadores	12.7	-
O	Ensamble principal del marco del arma - A1/A2	22.8	L-N
P	Fresado de la mira y detalles	29.1	O
Q	Ensamble mecanismo carga y alimentación YA/SB	24.9	I-M
R	Ensamble principal del marco del arma - A3/A5	70.8	P-K
S	Elaboración de pernos de la tapa lateral	15.1	-
T	Sincronización	84.3	E-F-G-Q-R-S
U	Prueba de funcionamiento	19.3	T
V	Terminados	66.7	U
W	Pavonado	45.8	V
X	Lubricación y armado	15.9	J-W
Y	Control de calidad	9.8	X
Z	Empaquetado y almacenamiento	5.2	Y
TIEMPO TOTAL (min/u)		825.7	

Para visualizar la relación entre tareas se procede a elaborar el diagrama de precedencia (Figura N°111), aquí se indica la secuencia en la cual se deben ejecutar las actividades en el área de montaje para la elaboración del revólver (ver Tabla 78).

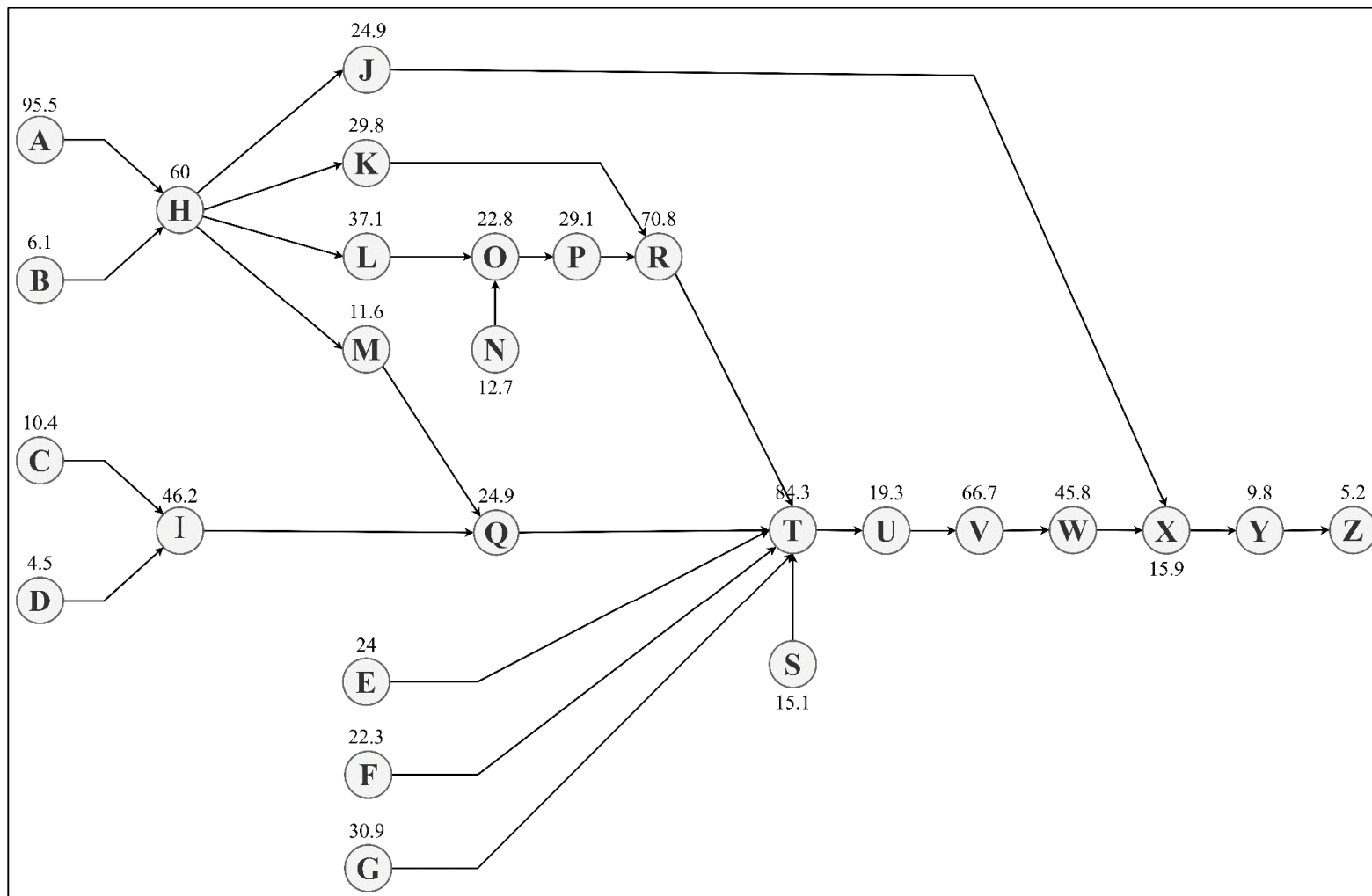


Figura N° 111: Diagrama de precedencia para el ensamble del revólver ATI

- **Estado actual del área de montaje**

Para el balance de las cargas de trabajo se toma el tiempo total de operación de cada tarea que se obtuvo en el estudio de tiempos (ver Tabla 48 y 49), donde también se especifica la distribución actual del trabajo, cabe aclarar que la producción se realiza por lotes de 15 unidades y no por unidad del producto. El área cuenta con 5 operarios fijos cada uno es su respectiva estación de trabajo.

$$K_{Actual} = 5 \text{ estaciones de trabajo}$$

El tiempo necesario para producir una unidad es la suma de todas las tareas de montaje.

$$\sum_{t=1}^n t_i = 825,7 \text{ min/u}$$

Se calcula el tiempo de ciclo, que determina el tiempo máximo permitido por estación de trabajo, para una demanda máxima de 30 revólveres al mes, cabe destacar que el tiempo de ciclo coincide con el Takt time.

$$TC = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Unidades requeridas}}$$

$$TC = \frac{480 * 22}{30} = 352 \text{ min/u}$$

Antes de evaluar la eficiencia actual, es necesario conocer el tiempo muerto total de las estaciones de trabajo, es decir el tiempo de ocio en el cual no realizan ningún trabajo.

$$TM = k * TC - \sum_{t=1}^n t_i$$

$$TM = 5 * 352 - 825.7$$

$$TM = 934.3 \text{ min/ciclo}$$

Una vez conocidos los datos del proceso de ensamble se calcula la eficiencia actual del área de montaje.

$$Eficiencia = \frac{\sum_{t=1}^n ti}{K * TC} * 100 \%$$

$$Eficiencia actual = \frac{825,7}{5 * 352} * 100 \% = 46.9 \%$$

Con la distribución actual de la carga de trabajo se tiene una muy baja eficiencia de tan solo el 46.9 % y un tiempo ocioso total de 934.3 min/ciclo, por lo que se puede decir que existe un manejo poco óptimo de los recursos. A continuación se calcula el retraso del balance o porcentaje de mano de obra ociosa como un indicador del margen de mejora al que se puede aspirar.

$$RB = 100 - Eficiencia$$

$$RB actual = 100 - 46.9 = 53.1 \%$$

Para identificar de mejor manera la distribución de la carga de trabajo actual se realiza un diagrama de barras (ver Figura N°112), donde se indique el tiempo asignado en cada estación de trabajo para el ensamble del revólver (ver Tabla 48), tomando como límite de asignación al tiempo de ciclo calculado para cumplir con la demanda.

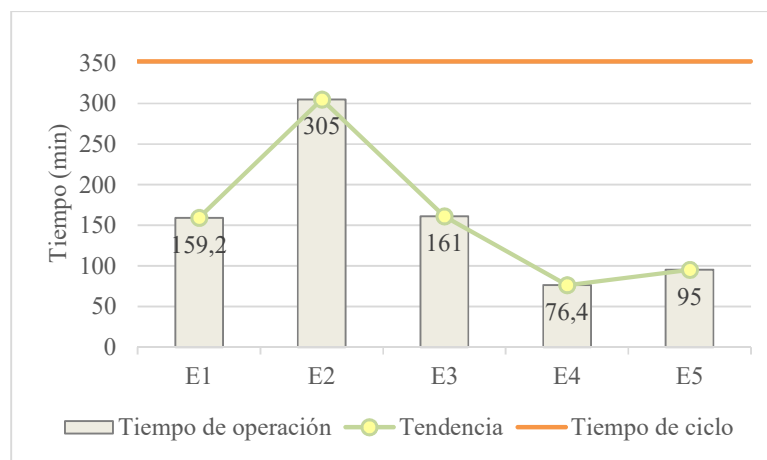


Figura N° 112: Distribución actual de carga de trabajo en el Área de montaje

- **Propuesta del balance de cargas**

En base a los datos de la situación actual se procede con la formulación de estrategias que permitan la optimización del área de montaje. Se calcula el número mínimo teórico de estaciones de trabajo necesarias para cumplir con la producción requerida.

$$K = \frac{\sum_{t=1}^n t_i}{TC}$$

$$K = \frac{825.7}{352} = 2.34 = 3 \text{ estaciones de trabajo}$$

El número mínimo de estaciones para cumplir con la demanda es igual a 3. Cabe aclarar que este mínimo teórico de estaciones no siempre se cumple debido a las restricciones de precedencia que rigen al proceso de ensamble.

El paso siguiente consiste en seleccionar la regla de asignación de tareas de acuerdo a los métodos heurísticos. Se utiliza el software de resolución de problemas de la gestión de la producción POM-QM con el objetivo de seleccionar el método más eficiente.

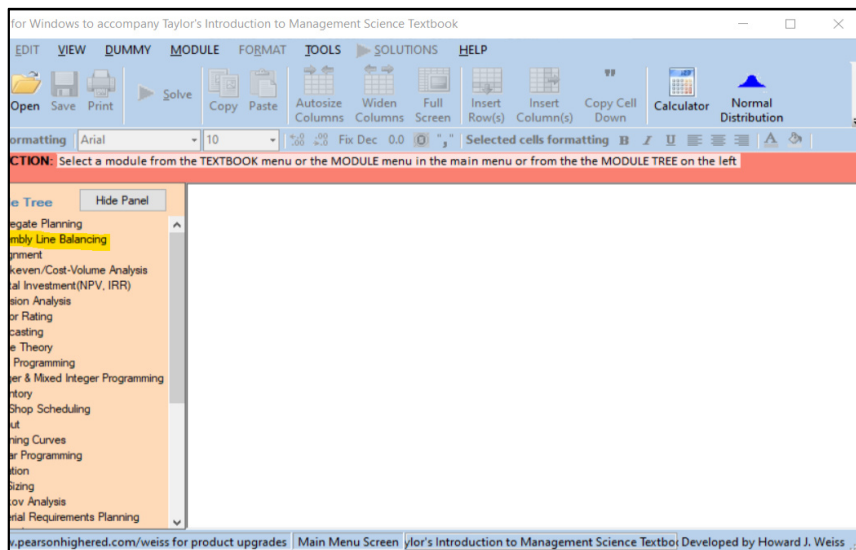


Figura N° 113: Menú de inicio en POM-QM

En el menú inicial se selecciona el módulo de balanceo de líneas de ensamble “Assembly Line Balancing”. Se despliega la ventana de parámetros donde se ingresan los datos generales del problema como son: el número de tareas a ser asignadas, su nombre y las unidades en las que esta expresado el tiempo de operación de cada operación.

Figura N° 114: Parámetros generales del problema de balanceo

A continuación se despliega la matriz de datos donde ingresa la precedencia de cada tarea y su tiempo de ejecución (ver Tabla 78). En el campo “Cycle time” se especifica la demanda de revólveres por mes.

INSTRUCTION: Enter the value for x for predecessor 2. Almost any character is permissible.

Method	Cycle time computation		Task time unit	
Longest operation time	<input type="radio"/> Given	30 units per 10560	<input type="radio"/> seconds	Minutes
	<input checked="" type="radio"/> Computed		<input checked="" type="radio"/> minutes	
			<input type="radio"/> hours	

Balanceo de la carga de trabajo del Área de montaje

TASK	Minutes	Predecessor 1	Predecessor 2	Predecessor 3	Predecessor 4	Predecessor 5	Predecessor 6
E	24						
F	22,3						
G	30,9						
H	60	A	B				
I	46,2	C	D				
J	24,9	H					
K	29,8	H					
L	37,1	H					
M	11,6	H					
N	12,7						
O	22,8	L	N				
P	29,1	O					
Q	24,9	I	M				
R	70,8	P	K				
S	15,1						
T	84,3	E	F	G	Q	R	S
U	19,3	T					
V	66,7	U					
W	45,8	V					
X	15,9	J	W				
Y	9,8	X					
Z	5,2	Y					

Figura N° 115: Ingreso de datos al programa POM-QM

Una vez ingresados los datos del problema, se da clic sobre el botón “Solve” para calcular los resultados. Se selecciona la pestaña “Summary of heuristic result” para ver la comparación entre las distintas heurísticas.

1000 Solution	
Method	Number of stations
Longest operation time	3
Most following tasks	3
Ranked positional weight	3
Shortest operation time	3
Fewest following tasks	3

Figura N° 116: Comparación del número de estaciones entre heurísticas

Para este caso, bajo las condiciones del proceso, todas las reglas de asignación heurísticas resultan igual de eficientes en la distribución del trabajo, ya que el mínimo teórico concuerda con el número de estaciones para todos los casos. Por lo que se toma como regla de asignación al tiempo más largo para una tarea (ver Tabla 79).

Tabla 79: Asignación de tareas a estaciones en POM-QM

Estaciones de trabajo	Tareas	Tiempo de operación	Tiempo no asignado	Candidatos para la estación
E1	A	95,5	256.5	B,C,D,E,F,G,N,S
	G	30,9	225.6	B,C,D,E,F,N,S
	E	24	201.6	B,C,D,F,N,S
	F	22,3	179.3	B,C,D,N,S
	S	15,1	164.2	B,C,D,N
	N	12,7	151.5	B,C,D
	C	10,4	141.1	B,D
	B	6,1	135	D,H
	H	60	75	D,J,K,L,M
	L	37,1	37.9	D,J,K,M,O
	K	29,8	8.1	D,J,M,O
D	4,5	3.6 Ocio	J,M,O,I	
E2	I	46,2	305.8	J,M,O
	J	24,9	280.9	M,O
	O	22,8	258.1	M,P
	P	29,1	229	M,R
	R	70,8	158.2	M
	M	11,6	146.6	Q
	Q	24,9	121.7	T
	T	84,3	37.4	U
	U	19,3	18.1 Ocio	V

Tabla 79: Continuación - Asignación de tareas a estaciones en POM-QM

E3	V	66,7	305.8	W
	W	45,8	280.9	X
	X	15,9	258.1	Y
	Y	9,8	229	Z
	Z	5,2	158.2 Ocio	
Summary Statistics				
Cycle time			352	Minutes
Actual # of stations			3	
Time needed (sum of task times)			825,7	Minutes/unit
Idle time (allocated-needed)			230,3	Minutes/cycle
Efficiency (needed/allocated)			78,2%	
Balance Delay (1-efficiency)			21,8%	

En base a los datos del proceso se procede a calcular el número necesario de operarios para cumplir con la demanda máxima de revólveres en el área de montaje. Cuando la empresa busca una eficacia del 95 % por parte de sus trabajadores y el índice de productividad IP es igual a la capacidad de producción requerida.

$$NO = \frac{\sum_{t=1}^n ti \times IP}{Eficacia}$$

$$NO = \frac{825,7 \times \frac{1}{352}}{0.95} = 2.6 = 3 \text{ operarios}$$

En la Figura N° 77 se presenta la distribución de la cargas propuesta, donde se logra alcanzar un 78.6 % de eficiencia disminuyendo a 3 el número de estaciones de trabajo.

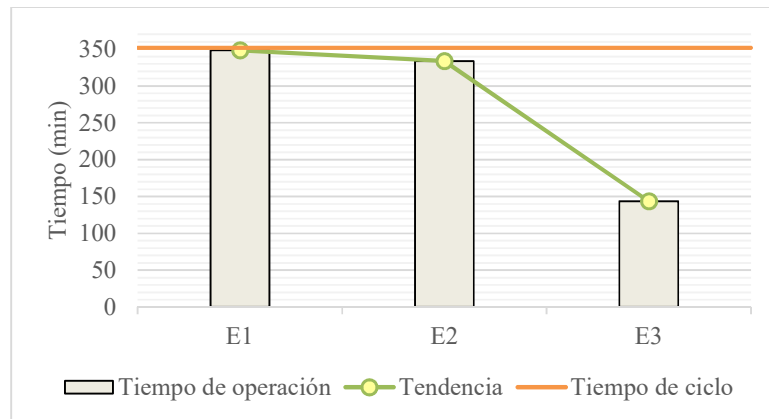


Figura N° 117: Distribución propuesta de carga de trabajo en el Área de montaje

- **Resumen de la optimización del área de montaje**

A continuación se presenta una comparación entre la propuesta del balance de cargas y la distribución actual del trabajo para la producción del Revólver ATI.

Tabla 80: Resumen de optimización del área de montaje

SANTA BÁRBARA EP		A&M-FJ07
DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS		Hoja 1 de 1
RESUMEN DE OPTIMIZACIÓN		Edición: 01
Área de montaje	Tamaño del lote	15 unidades
Parámetros del proceso	Actual	Propuesto
Estaciones de trabajo	5	3
Operarios	5	3
Tiempo de ocio (min/ciclo)	934.3	230.3
Eficiencia	46.9 %	78.6 %
Mano de obra ociosa	53.1 %	21.8 %
Resultados		
Variación del tiempo de ocio:	704 min/ciclo	
Optimización tiempo de trabajo:	75.4 %	
Aumento de eficiencia:	32 %	

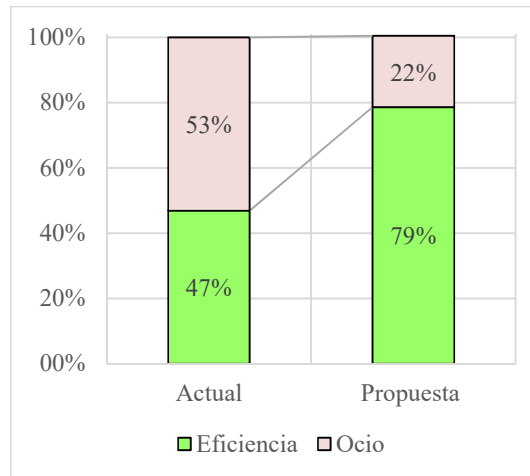


Figura N° 118: Propuesta de optimización del área de montaje

Interpretación: Mediante la propuesta de optimización se logra reducir el tiempo de ocio de la mano de obra en un 75.4 % lo que permitirá un uso más eficiente del tiempo de trabajo de los operadores respecto a la asignación actual, de forma que es posible cumplir con la demanda empleando menos recursos (ver Tabla 80). La propuesta permite un aumento del 32 % de eficiencia en el área de montaje como resultado de una mejor asignación de la carga de trabajo (ver Figura 118).

VSM del estado futuro.

El VSM futuro busca la optimización general de todo el sistema y no de áreas individuales. El estudio finaliza con el mapa de la situación futura donde se procede a plasmar las propuestas de optimización. La implementación de las herramientas Lean se irán dando de forma periódica en la cadena de valor y precisamente el VSM futuro será el que guíe el proceso de la mejora continua.

Cabe destacar que cada propuesta a partir de este punto deberá pasar por el ciclo PDCA para la mejora continua, ya que es posible que a medida que se vayan implantando las acciones en el proceso aparezcan nuevas ideas que complementen a la propuesta.

- **Supermercado Kanban**

Dada la cantidad de equipos y rutas de fabricación no es posible crear un flujo continuo entre las etapas de fabricación de piezas y montaje, razón por la cual se plantea la creación de un supermercado controlado mediante Kanban.

La idea es tener un stock controlado y constante de materiales para el proceso de ensamble del revólver, de forma que la celda de manufactura pueda tener un flujo continuo de piezas cuando lo requiera (PULL system). Mediante la aplicación de esta herramienta se busca obtener los siguientes beneficios:

- Limitar la acumulación excesiva de trabajo y el WIP entre máquinas
- Reducir el tiempo de espera haciendo que los materiales lleguen en el momento preciso y en la cantidad necesaria.
- Asegurar el cumplimiento de la secuenciación de mecanizado.
- Distribuir los recursos laborales de manera uniforme
- Reducir de la supervisión directa.
- Evitar la especulación y producir lo justo.

La implementación de los supermercados partirá de dos sistemas que el área de armas de fuego ya estaba manejando, el sistema kanban de gavetas para la reposición de tochos y el lote de transferencia de todas las partes del ensamble.

Supermercado de tochos

Las referencias del supermercado de tochos se consumen según la secuencia de mecanizado de piezas. Se lanza una orden de reposición del lote después de que se consume las unidades de la gaveta. El sistema usado para este supermercado será el “2Bin” o dos gavetas. De forma que la señal kanban de reabastecimiento será la propia gaveta vacía en el supermercado (ver Figura N° 119).

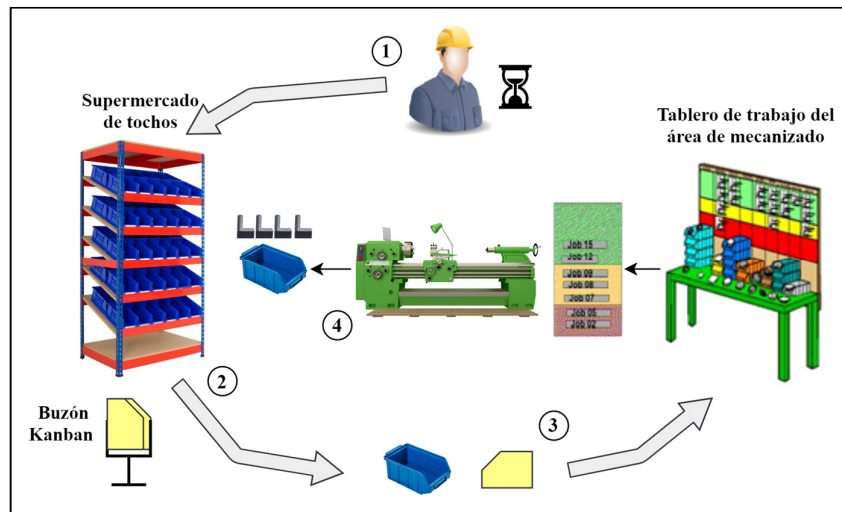


Figura N° 119: Sistema de reposición del supermercado de tochos

El protocolo de funcionamiento del sistema será el siguiente:

- El supervisor del área de mecanizado convencional, revisará periódicamente el supermercado de tochos en busca de las gavetas vacías que han sido consumidas por la etapa de fabricación de piezas.
- Una vez identificadas se toman las gavetas acompañadas su kanban de producción y se colocan en el en el tablero de trabajos del área de mecanizados.
- La gaveta junto al kanban de producción recorren las máquinas de su ruta de fabricación y se ejecutarán según la carga de trabajo de cada máquina.
- Finalmente el lote de tochos se deposita nuevamente en el supermercado y su tarjeta kanban de producción se coloca en el buzón.

La demanda de revólveres es de 30 u/mes y con cada gaveta se podrán fabricar 15 piezas de un componente del ensamble por lo que el aprovisionamiento de material se producirá cada dos semanas aproximadamente. No será necesario un kanban de transporte ya que el supermercado está junto a la siguiente etapa.

Supermercado de piezas

Las referencias del supermercado de piezas se despachan al mismo tiempo y en la misma cantidad. Se reponen siguiendo la secuencia de mecanizado óptima “Protocolo de cambio de referencias” que permita cumplir con el plazo de entrega.

Para lograr un flujo continuo producto a producto a través de la célula de manufactura sus estaciones requieren que todas las piezas que componen el revólver estén presentes sobre la mesa de trabajo para ajustar las piezas y montar del arma. Esto significa que el proceso cliente (la celda de manufactura) retira de una sola vez todas las referencias del supermercado de piezas por lo que se usa un lote de transferencia de todas las partes (ver Figura N° 120). Las etapas no se encuentran cerca una de otra por lo que es necesario usar un kanban de transferencia. El sistema usado para este supermercado será el de kanban de retiro y producción:

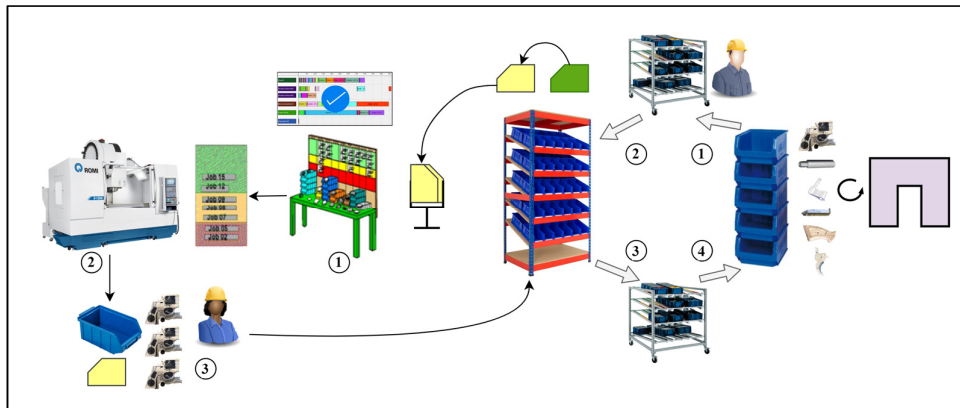


Figura N° 120: Sistema de reposición del supermercado de piezas

El protocolo de funcionamiento del sistema para el consumo será el siguiente:

- Una vez que se consuma todo el material en la celda de manufactura se toma el Kanban de retiro del lote de transferencia de todas las piezas.
- El operario encargado del reabastecimiento lleva el carrito de transporte y el kanban de retiro hasta el supermercado para reemplazar las partes consumidas.
- Retira del supermercado todas las referencias, extrae el kanban de producción de cada una y los deposita en el buzón kanban del proveedor.
- Por último el operario lleva las piezas a la célula de manufactura para inicial el montaje del revólver.

El protocolo de funcionamiento del sistema para la reposición será el siguiente:

- Al momento en que el operario cliente retira el lote de transferencia y coloca los kanban de cada referencia en el buzón, se da la señal que autoriza el inicio de la producción de piezas de acuerdo a la secuencia de cambio de referencias para cada máquina.
- El buzón se vacía y se colocan los Kanban de producción en el en el tablero de trabajos en el orden que dicta la secuencia de cambios.
- La gaveta junto al kanban de producción recorren las máquinas de su ruta de fabricación produciendo solo la cantidad indicada por el kanban.
- Finalmente los lotes de piezas se deposita nuevamente en el rack del supermercado que le corresponde y junto a su kanban de producción.

El diseño de las tarjetas podría ser:



 	Código	ATI-2D	Procesos de mecanizado	
	Referencia	Gatillo	Corte por hilo	✓
	Etapa	Fabricación de piezas	Electroerosionadora	
	Anaqueles	xxxxxxx	Ranurado	✓
	Cantidad	15 u	Fresadora universal	
Tarjeta kanban 1 de 1		Revólver ATI .38		

Figura N° 121: Kanban de producción


		Transporte
Código	xxxxxxx	Etapa anterior: Fabricación de piezas
Descripción	Lote de transferencia	
Móvil	Carrito de transporte	Etapa siguiente: Ajuste y montaje
Capacidad de contenedores	15 u	
Tarjeta kanban 1 de 1		

Figura N° 122: Kanban de retiro

Se calcula el número de tarjetas para cada referencia del supermercado de piezas (ver Tabla 81), mediante la ecuación:

$$\#Kanban = \frac{DL(1+S)}{C}$$

Donde:

- **D** = Demanda de la referencia en un periodo de tiempo.
- **L** = Tiempo de reabasteciendo de un pedido (Contenedor de piezas).
- **S** = Coeficiente de seguridad (puede valorarse de 0 a 1).
- **C** = Tamaño del contenedor

La demanda de cada componente es uniforme ya que se requiere 1 u. de cada pieza para ensamblar un solo revólver como se indica en la lista de piezas de la Tabla 12, por lo que la demanda de cada pieza del ensamble será de 30 u./mes. El tiempo de reabastecimiento de obtuvo del resumen de tiempos de la Tabla 54 y el cociente de seguridad será del 20 %.

Tabla 81: Cálculo del número de tarjetas Kanban por referencia

Pieza	D u./mes	L min/lote	C #u.	# Kanban	
Brazo de tambor ATI-1C	30	861	15	0.17	1.00
Cachas ATI-1E	30	744.9	15	0.14	1.00
Armazón ATI-1D	30	3418.35	15	0.66	1.00
Tapa lateral ATI-4B	30	145.8	15	0.03	1.00
Eje del brazo ATI-6B	30	216.3	15	0.04	1.00
Cañón ATI-6C	30	492.75	15	0.10	1.00
Anillo extr. ATI-6A	30	61.05	15	0.01	1.00
Eje principal del tambor ATI-6E	30	477.3	15	0.09	1.00
Pin Estrella ATI-6F	30	206.1	15	0.04	1.00
Pin Tambor ATI-6H	30	50.1	15	0.01	1.00
Pin retención ATI-6G	30	57.9	15	0.01	1.00
Extractor ATI-1A	30	1548.9	15	0.30	1.00
Tambor ATI-1B	30	1421.1	15	0.27	1.00

Tabla 82: Continuación - Cálculo del número de tarjetas Kanban por referencia

Cerrojo ATI-3A	30	249.45	15	0.05	1.00
Percutor ATI-3B	30	142.05	15	0.03	1.00
Cilindro retención ATI-3C	30	412.5	15	0.08	1.00
Seguro pulgar ATI-5A	30	375.75	15	0.07	1.00
Mira ATI-5B	30	68.55	15	0.01	1.00
Fiador ATI-5C	30	550.2	15	0.11	1.00
Liberador ATI-5D	30	366	15	0.07	1.00
Placa principal ATI-4A	30	14.55	15	0.01	1.00
Pin central ATI-4C	30	14.1	15	0.01	1.00
Candado ATI-2A	30	729.3	15	0.14	1.00
Bloque de retroceso ATI-2B	30	769.35	15	0.15	1.00
Elevador ATI ATI-2C	30	670.65	15	0.13	1.00
Gatillo ATI-2D	30	1988.1	15	0.38	1.00
Martillo ATI-2E	30	2085.15	15	0.40	1.00

Con la implantación de los sistemas kanban en el taller de trabajo los operadores saben lo que hay que hacer en su estación de trabajo y solicitan ayuda cuando es necesario. En consecuencia, el operador cuya cola se vacía puede trasladarse inmediatamente a las estaciones que necesiten ayuda optimizando el tiempo de trabajo de la mano de obra.

El VSM futuro (ver Figura N° 123) busca el flujo continuo de los materiales de forma que sea posible reducir el Lead Time del proceso, implementando los supermercados en las etapas donde no puede crearse un flujo continuo y un FIFO lane para los procesos que por su naturaleza no pueden adaptarse a un flujo por pieza de forma que pueda acumularse una cantidad reducida y controlada de trabajos en curso.

Se definen los circuitos del proceso de producción del revólver:

- Circuito de fabricación de componentes.
- Circuito de ajuste y ensamble.
- Circuito de terminados y control de calidad.

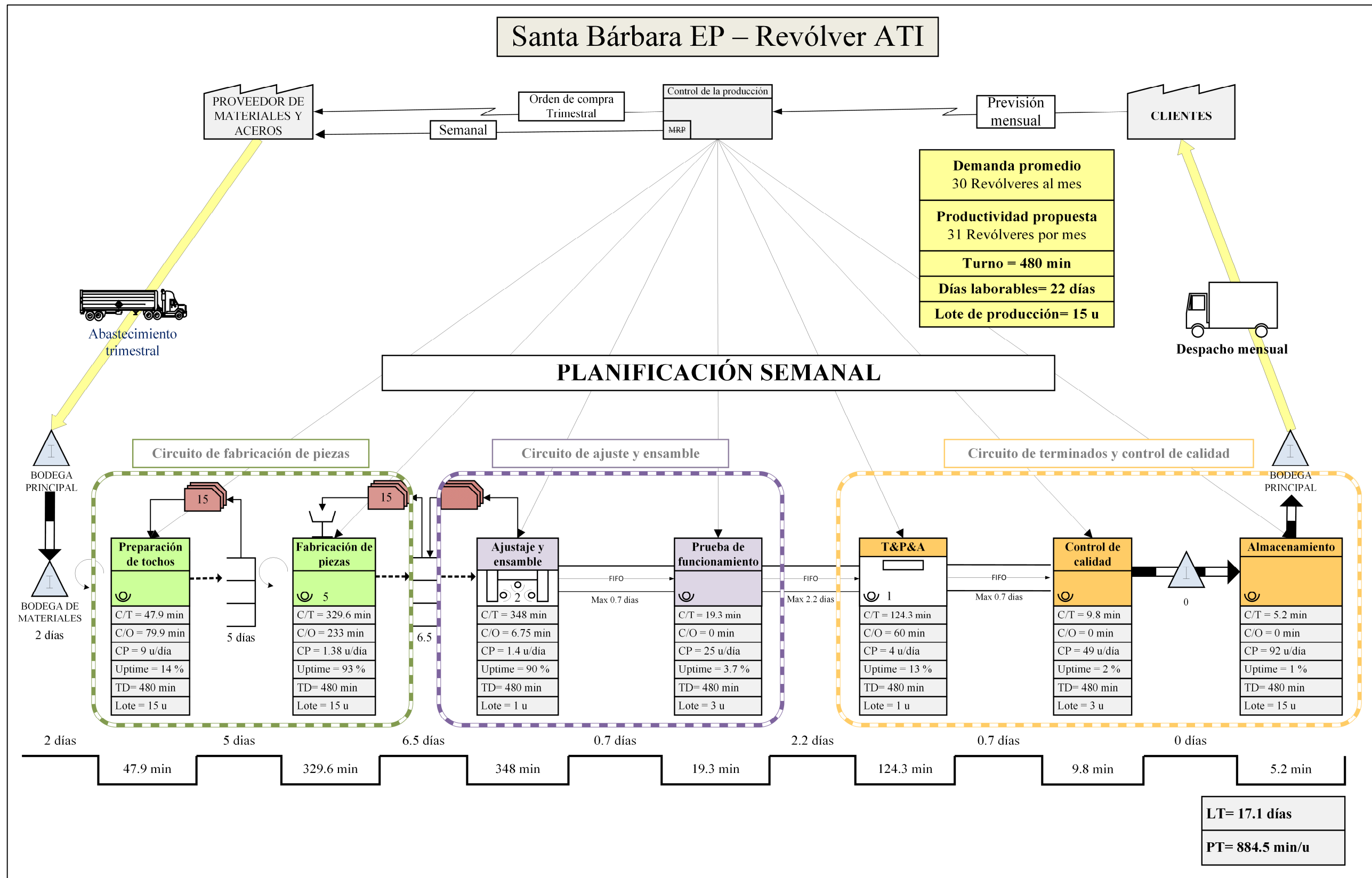


Figura N° 123: VSM del estado futuro

A continuación, se plantean indicadores de productividad como medida para evaluar el desempeño de la propuesta de optimización respecto al uso eficiente de los recursos de la empresa.

$$\mathbf{Productividad} = \frac{\mathbf{Producción Obtenida}}{\mathbf{Recursos Utilizados}}$$

$$\mathbf{Productividad actual} = \frac{25 \text{ unidades}}{1 \text{ mes de trabajo}} = 25 \text{ unidades/mes}$$

$$\mathbf{Productividad Propuesta} = \frac{31 \text{ unidades}}{1 \text{ mes de trabajo}} = 31 \text{ unidades/mes}$$

$$\Delta \mathbf{Productividad Mensual} = \frac{31 - 25}{25} * 100\% = 24\%$$

Como resultado de optimizar las restricciones del sistema, la capacidad de producción mensual paso de un máximo de 25 a 31 unidades por mes de trabajo lo que significa un incremento del 24% en la productividad mensual.

Respecto al recurso humano, la mejora y estandarización de métodos de trabajo más eficientes aplicando herramientas de manufactura esbelta, permiten alcanzar un incremento de hasta el 55% en la productividad de la mano de obra, de forma que se puedan fabricar más productos invirtiendo menos recursos.

$$\mathbf{Productividad actual} = \frac{25 \frac{\text{unidades}}{\text{mes}}}{10 \text{ operarios} \times 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 22 \frac{\text{día}}{\text{mes}}}$$

$$\mathbf{Productividad mano de obra Actual} = 0.0142 \frac{\text{unidades}}{\text{hora} \rightarrow \text{hombre}}$$

$$\mathbf{Productividad propuesta} = \frac{31 \frac{\text{unidades}}{\text{mes}}}{8 \text{ operarios} \times 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 22 \frac{\text{día}}{\text{mes}}}$$

$$\mathbf{Productividad mano de obra Propuesta} = 0.022 \frac{\text{unidades}}{\text{hora} \rightarrow \text{hombre}}$$

$$\Delta \textit{Productividad Mano de obra} = \frac{0.022 - 0.0142}{0.0142} * 100\% = 55\%$$

Por último, implantar la propuesta en la empresa Santa Bárbara EP no requiere de una mayor inversión, puesto que principalmente se enfoca en optimizar los recursos que actualmente posee la división de armas de fuego y mecanizados. Por otro lado, tomando en cuenta la capacidad propuesta y el costo de venta del revólver calibre .38 ATI, que actualmente ronda los 1000 dólares, se podría alcanzar un beneficio extra de hasta 6000 dólares por ventas al mes.

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Gracias al estudio de tiempos se estableció un punto de referencia para el proceso de mejora continua en el área de fabricación de armas de fuego; determinando el tiempo necesario para la ejecución de los trabajos y clasificando las actividades según su valor añadido. El estudio permitió medir la capacidad actual del proceso y ofrecer una base objetiva para comparar el desempeño de la propuesta de optimización, respecto a los indicadores de productividad.
- A través del uso del VSM como una herramienta de diagnóstico de la situación actual fue posible graficar la cadena de valor facilitando entender el flujo de los materiales, recursos e información involucrados en la fabricación de armas de fuego, asimismo se detectaron las áreas de oportunidad y en base a estas se tomaron las decisiones sobre cómo y qué mejorar mediante la propuesta de optimización. Finalmente, se elaboró un VSM del estado futuro con el que se espera lograr una reducción del 46.5% en el Lead Time del proceso. Esta herramienta será la guía para implantar la propuesta de optimización y dar inicio al proceso de la mejora continua.
- El desarrollo de una estrategia basada en la eliminación de los desperdicios permitió optimizar el tiempo total de operación en el cuello de botella hasta cumplir con el Takt time del proceso. La estrategia se enfocó en dos frentes: la disminución de las actividades de no valor agregado, con lo que se obtuvo una optimización del 12% en el tiempo de ciclo; y la reducción del tiempo de preparación interno de la máquina, donde se logró una optimización del 55.4% empleando la metodología SMED.
- Por medio del análisis de la situación actual se identificó que el principal problema en la etapa de fabricación de piezas es la falta de estandarización. Puesto que cada vez que se recibe una orden de fabricación todos los trabajos

de mecanizado se realizan de forma arbitraria; dando lugar a especulaciones sobre cuánto producir y en qué orden hacerlo. Esta es la causa raíz de algunos desperdicios como: inventarios en curso, cambios de Set-Up innecesarios, tiempos de inactividad en máquinas y retrasos en la entrega del lote de transferencia. Este uso ineficiente de los equipos impide el flujo continuo de materiales y es la razón por la que actualmente la etapa de fabricación de piezas es incapaz de cumplir con el Takt time y Pitch del proceso.

- El planteamiento de una secuencia de mecanizado permitió optimizar la etapa de fabricación de piezas respecto a distintos indicadores de desempeño. Usando el software Legin se resolvió el problema JSSP de tipo NP-HARD, con 5 máquinas (M), 28 trabajos (N) y 46 operaciones (O) a programar. Se evaluaron distintos algoritmos y reglas de prioridad, cada una con resultados diferentes respecto a los indicadores de interés. La selección de la mejor alternativa se realizó mediante un análisis multicriterio AHP en el software Expert Choice siendo la alternativa óptima la regla de prioridad STP. La propuesta logró alcanzar un Makespan de 11.6 días, un tiempo promedio en el sistema 3.1 días por cada lote, una tasa de utilización de los equipos del 13.4%, un inventario promedio de 8 trabajos en curso y un retraso en la entrega del lote de transferencia de 0.6 días; teniendo en cuenta que con el método actual este retraso puede llegar a ser hasta de 3 días.
- La aplicación de un balance de cargas de trabajo permitió reducir el tiempo de ocio de la mano de obra en el área de montaje en un 75.4%, logrando un uso más eficiente de los recursos respecto a la asignación actual y aumentado la eficiencia del área en un 32%. Bajo el concepto Lean de SHOJINKA, el personal sin una carga de trabajo es reubicado para dedicarse a otros proyectos dentro de la división.
- Con la mejora del sistema actual de supermercados y Kanban se reguló el flujo de los materiales a través del taller de trabajo permitiendo adaptarse a un sistema Pull. El objetivo es fabricar solo lo necesario cuando sea necesario manteniendo bajo control un stock limitado de piezas y ensambles.
- Mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta se diseñó una propuesta de optimización para las áreas de oportunidad detectadas en el proceso de fabricación de armas de fuego, alcanzando un incremento del 24%

en la capacidad mensual del proceso y una mejora del 55% en la productividad de la mano de obra; lo que permite cumplir con la demanda empleando menos recursos. Los resultados indican que bajo el enfoque correcto es factible aplicar la metodología Lean en los taller de trabajo (Job shop) con bajos volúmenes de producción y gran variedad de referencias.

4.2 Recomendaciones

- Se sugiere integrar otras metodologías aparte de Lean Manufacturing como puede ser el Quick Response Manufacturing (QRM); esta metodología es dirigida a empresas con un bajo volumen de producción y gran variedad de productos, busca la reducción de los tiempos de respuesta en toda la organización eliminando tiempos muertos. Cabe aclarar que ambas metodologías no son excluyentes, sino que pueden trabajar a la par en la optimización de los procesos. Una de las herramientas de QRM que podría evaluarse en Santa Bárbara EP, es una alternativa a las tarjetas Kanban conocido como sistema POLCA (Paired-Cell Overlapping Loops of Cards with Authorization). Este sistema está destinado a regular el flujo de trabajos en entornos de producción flexibles. Una de las ventajas de POLCA es que puede adaptarse a los tableros Kanban por lo que es una excelente alternativa a ser estudiada.
- Se propone seguir con el proceso de la mejora continua y usar la propuesta actual como base para la aplicación de teoría de restricciones (TOC) en el sistema. Esta es una metodología focalizada en el cuello de botella del proceso con el objetivo de asegurar la máxima fluidez a lo largo de toda la cadena de producción. Específicamente se propone el método Drum-Buffer-Rope (DBR) a fin de aumentar la eficiencia del sistema y tener una mayor capacidad de reacción ante la demanda.
- No ignorar el área de oportunidad detectada respecto al desperdicio generado por los transportes en el proceso de fabricación del revólver. Y mediante un análisis más profundo evaluar alternativas viables aparte de la redistribución de las instalaciones para poder reducirlo, en especial en las pruebas de funcionamiento.

- A fin de asegurar la disponibilidad y confiabilidad del proceso, se recomienda aplicar un sistema de gestión de mantenimiento de los equipos aplicando TPM (Mantenimiento Productivo Total); como un método para alinear la producción y el mantenimiento en la mejora continua.
- Para alcanzar resultados más cercanos al óptimo desarrollar algoritmos de mayor complejidad para la programación de la secuencia de mecanizado en una orden de producción del revólver. Si bien las reglas de prioridad ofrecen un resultado aceptable se pueden perfeccionar aplicando algoritmos de alto nivel como: algoritmos genéticos, búsquedas locales, redes neuronales, tabú, enjambres, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. M. Pedraza, “Mejoramiento productivo aplicando herramientas de manufactura esbelta,” *Soluciones Postgrado EIA*, no. 5, pp. 175–190, Mar. 2010.
- [2] F. González Correa, “Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales Herramientas,” *Rev. Panor. Adm.*, vol. 1, no. 2, pp. 85–112, 2007.
- [3] C. M. Sempere, “La industria de defensa. principales características y eficiencia de un sector estratégico,” *Econ. Ind.*, vol. 388, no. PYME y emprendimiento innovador, pp. 169–182, 2013.
- [4] Santa Bárbara EP, “Misión, Visión y Valores Empresariales – Santa Bárbara EP,” *Santa Bárbara EP*. [Online]. Available: <http://www.santabarbara.gob.ec/mision-y-valores-empresariales/>.
- [5] EL COMERCIO, “La EP Santa Bárbara se recupera tras pérdidas sucesivas en el área de fabricación de municiones | El Comercio,” *Diario EL COMERCIO*, Quito, Oct. 17, 2018.
- [6] T. Fujimoto, *The Evolution of a Manufacturing System at Toyota*. New York: Oxford University Press, 1999.
- [7] J. G. A. Posada, “Interacción y conexiones entre las técnicas 5s, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo,” *Tecnura*, vol. 10, no. 20, pp. 139–148, 2007.
- [8] J. F. Krafcik, “Triumph of the lean production system,” *Sloan Manage. Rev.*, vol. 30, no. 1, p. 41, 1988.
- [9] T. Bramble, “Book Reviews : The Machine That Changed the World,” *J. Ind. Relations*, vol. 34, no. 1, pp. 182–183, Mar. 1992.
- [10] M. Holweg, “The genealogy of lean production,” *J. Oper. Manag.*, vol. 25, no. 2, pp. 420–437, Mar. 2007.
- [11] F. Madariaga, *Lean manufacturing exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos.*, Bubok Publ. Madrid: Bubok, 2013.
- [12] J. A. Giraldo, C. A. Toro, and F. A. Jaramillo, “Aprendiendo sobre la Secuenciación de Trabajos en un Job Shop mediante el Uso de Simulación,” *Form. Univ.*, vol. 6, no. 4, pp. 27–38, May 2013.
- [13] T. L. Jackson, *Implementing a lean management system*. Portland: Productivity Press, 1996.
- [14] A. Haider and J. Mirza, “An implementation of lean scheduling in a job shop environment,” *Adv. Prod. Eng. Manag.*, pp. 5–17, Mar. 2015.

- [15] Douglas Electrical Components, “Applying Lean Manufacturing To The Job Shop,” New Jersey , Apr. 2017. [Online]. Available: https://dougselectrical.com/images/DE_WP_Lean.pdf.
- [16] J. Schaefers, C. M. Briquet, and J. Colin, “A Generic Kanban Based Push-Pull Schedule in a Job Shop,” *IFAC Proc. Vol.*, vol. 33, no. 17, pp. 585–590, Jul. 2000.
- [17] M. GRAVEL and W. L. PRICE, “Using the Kanban in a job shop environment,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 26, no. 6, pp. 1105–1118, Jun. 1988.
- [18] T. Brink and G. Ballard, “SLAM — A Case Study in Applying Lean to Job Shops,” in *Construction Research Congress 2005*, Aug. 2005, pp. 1–12, doi: 10.1061/40754(183)1.
- [19] A. A. Benavides Diaz, “Análisis y propuesta de mejoras en una línea de producción de municiones 9x19MM de una fábrica de armas y municiones, aplicando herramientas de Lean Manufacturing,” Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2018.
- [20] J. A. González Bermúdez and L. D. Correa Muñoz, “Mejoramiento del sistema productivo de la planta de producción Ayco Ltda,” Universidad Tecnológica de Pereira, 2016.
- [21] J. M. Rodríguez Benites, “Implementación de Lean Manufacturing para mejorar la calidad del producto en la empresa productora de " Calzado Lupita " S.A.,” *Innov. EN Ing.*, vol. 2, no. 1, p. 10, Dec. 2016.
- [22] D. R. Morillo Sosa, “Impacto en la productividad de la planta de sanitarios de franz viegener ecuador de la aplicación de herramientas de manufactura esbelta en su proceso de manufactura,” Escuela Politécnica Nacional, 2017.
- [23] D. A. Valle Medina, “Programación de rutas de materiales en configuración de trabajo job-shop con algoritmos genéticos,” CIATEC, 2013.
- [24] A. L. E. Molina Barrón, “Lean manufacturing en los procesos de un centro de distribución para incrementar la productividad,” Universidad Autónoma del Estado de México, 2016.
- [25] J. C. Hernández Matías and A. Idoipe, *Lean Manufacturing: concepto, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EoI, 2013.
- [26] R. CHASE and R. JACOBS, *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros*, 13th ed. Mexico: McGraw-Hill / Interamericana Editores, 2014.
- [27] M. R. Carreras and L. García, *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Madrid: Editorial Díaz de Santos, S.A., 2010.
- [28] B. Salazar López, “Kaizen: Mejora continua,” *Ingeniería Industrial Online*, Jun. 17, 2019. [Online]. Available:

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-y-control-de-calidad/kaizen-mejora-continua/>.

- [29] M. Rodríguez and Instituto Nacional de Tecnología Industrial, “Reducción del tiempo de Setup (SMED).” Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Buenos Aires, Oct. 2011. [Online]. Available: <https://slideplayer.es/slide/9029439/>.
- [30] J. E. Wevar Oller, “Implementación del método SMED en centros de mecanizado vertical y horizontal,” Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Escuela de Ingeniería Industrial, Córdoba, 2014.
- [31] O. J. Parra Ortega, “Sistemas de producción tipo kanban: Descripción, componentes, diseño del sistema, y bibliografía relacionada,” *Panorama*, vol. 2, no. 6, pp. 11–22, 2013.
- [32] Strategos, “Kanban For The Job Shop Adapting Kanban for Low-Volume & High Variety,” *Strategos-International*, 2007. [Online]. Available: http://www.strategosinc.com/kanban_1.htm.
- [33] A. Cordovés García, J. J. Sanzano Tamayo, A. M. Lastre Aleaga, and R. Ávila Rondón, “Procedimiento para la fabricación de elementos de máquinas mediante tecnología de grupo en la pequeña y mediana empresa,” *Ingeniare. Rev. Chil. Ing.*, vol. 25, no. 2, pp. 255–263, Jun. 2017.
- [34] C. R. Romeva, *Diseño concurrente*. Catalunya: UPC, S.L., Edicions, 2002.
- [35] M. Groover, “Group Technology and Cellular Manufacturing,” in *Automation, Production Systems, and Computer-integrated Manufacturing*, Ilustrada., Prentice Hall, Ed. Pearson Higher Education, 2008, pp. 504–506.
- [36] C. Abraham, *Manual de tiempos y movimientos: Ingeniería de métodos*. México: Limusa, 2008.
- [37] B. Niebel and A. Freivalds, *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*, 12th ed. México, DF: Mc Graw-Hill Interamericana, 2009.
- [38] A. Neira, *Técnicas de medición del trabajo.*, 2nd ed. Madrid: Fundación Confemetal, 2006.
- [39] W. I. Vilema Endara, “Modelo de gestión en el proceso de montaje de las industrias de manufactura de calzado de cuero a través de la metodología de cambio rápido de herramientas (SMED),” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.
- [40] V. Fernandez, “Entornos de Fabricación - Sistemas Productivos,” *organizaciondelaproduccion.com*. [Online]. Available: <http://www.organizaciondelaproduccion.com/entornos-fabricacion.php>.
- [41] R. Carro and D. A. González Gómez, “Diseño y selección de procesos.” Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del plata, pp. 2–13, 2012.

- [42] G. Mailing, “Algoritmos heurísticos y el problema de job shop scheduling,” Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 2003.
- [43] H. S. Cardona Zapata, “Aplicación del algoritmo genético con el fin de optimizar las tareas operativas de los ambientes de trabajo tipo job-shop,” Universidad Tecnológica de Pereira, 2019.
- [44] A. A. Nogueira, “Algoritmos para el problema de Job-Shop Scheduling basados en Programación Dinámica,” Universidad de Buenos Aires, 2015.
- [45] DOKRY Desarrollo, “¿Cuáles son las diferencias entre NP, NP-Complete y NP-Hard?,” *DOKRY*, 2017. [Online]. Available: <https://www.dokry.com/9266>.
- [46] N. Gaither and G. Frazier, “Planeación y control de piso de taller en la manufactura,” in *Administración de producción y operaciones*, 8th ed., Mexico: International Thomson Editores, 2000, pp. 445–447.
- [47] R. Britto Agudelo, G. Mejía Delgadillo, and J. P. Caballero Villalobos, “Programación de la producción en sistemas de manufactura tipo taller con el algoritmo combinado cuello de botella móvil y búsqueda tabú,” *Ing. Y Univ.*, vol. 11, no. 2, pp. 203–224, 2007.
- [48] J. Heizer and B. Render, “Programación a corto plazo,” in *Principios de Administración de Operaciones*, 7th ed., México: Pearson Educación, 2009, pp. 612–618.
- [49] J. Osorio Gómez and J. Orejuela Cabrera, “El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. ejemplo de aplicación,” *Sci. Tech.*, vol. 2, no. 39, pp. 247–252, 2008.
- [50] G. B. Toskano Hurtado, “El Proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores aplicación en la selección del proveedor para la Empresa Gráfica Comercial MyE S.R.L,” Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2005.
- [51] B. Ramírez Cardona, “El sistema productivo del Job Shop en el salón de clase,” Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira, 2007.
- [52] A. Ishizaka and A. Labib, “Analytic Hierarchy Process and Expert Choice: Benefits and limitations,” *OR Insight*, vol. 22, no. 4, pp. 201–220, Dec. 2009.
- [53] H. J. Weiss, “POM-QM for Windows,” *Pearson*, 2016. [Online]. Available: https://wps.prenhall.com/bp_weiss_software_1/.
- [54] SECURITAS, “Armamento,” *Formación en Seguridad - Área Instrumental*. SECURITAS, Madrid, pp. 7–10, 2018. [Online]. Available: <http://secciosindicalugtsecuritasatalunya.blogspot.com/2018/01/armamento.html>.

ANEXOS

Anexo 1: Tabla de suplementos

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES				
		Hombres	Mujeres	
A. Suplementos por necesidades personales		5	7	
B. Suplemento base por fatiga		4	4	
2. SUPLEMENTOS VARIABLES				
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4		
B. Suplemento por postura anormal				
Ligeramente incomoda	0	1		
Incomoda (inclinado)	2	3		
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7		
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)				
Peso Levantado [kg]				
2,5	0	1		
5	1	2		
10	3	4		
25	9	20		
35,5	22	max		

D. Mala iluminación				
Ligeramente por debajo de la Potencia calculada.	0	0		
Bastante por debajo	2	2		
Absolutamente insuficiente	5	5		
E. Condiciones atmosféricas				
Índice de enfriamiento kata				
16	0			
8		10		
4		45		
2		100		
F. Concentración intensa				
Trabajos de cierta concentración	0	0		
Trabajos precisos o fatigosos	2	2		
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos.	5	5		
G. Ruido				
Continuo	0	0		
Intermitente y fuerte	2	2		
Intermitente y muy fuerte estridente y fuerte	5	5		
H. Tensión mental				
Proceso bastante complejo	1	1		
Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4		
Muy complejo	8	8		
I. Monotonía				
Trabajo algo monótono	0	0		
Trabajo bastante monótono	1	1		
Trabajo muy monótono	4	4		
J. Tedio				
Trabajo algo aburrido	0	0		
Trabajo bastante aburrido	2	1		
Trabajo muy aburrido	5	2		

Anexo 2: Estudio de tiempos y movimientos

- **Etapas de preparación de tochos y fabricación de piezas.**

Tabla 83: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación del tocho / Extractor (Estrella) - Paso 1


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS																		
														A&M-FJ01				
														Hoja 2 de 88				
														Edición: 01				
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:		M. Convencional			Máquina:		Cierra de vaivén			Comienzo:		10/08/2019		
				Operación:		Corte			Material:		Acero DF2			Término:		05/12/2019		
				Pieza:		Extractor (Estrella)			Elaborado por:		Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades				
				Familia:		ATI-1A			Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre							
N°	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Traer el material de bodega			62	75	75	50	45	60	55	55	55	60	592	59.20			X
2	Colocar en la mordaza y ajustar el largo del eje			60	50	53	51	45	50	50	42	50	50	501	50.10		X	
3	Cortar el eje a una longitud total de 84 mm			305	278	300	300	270	284	290	290	272	290	2879	287.90	X		
4	Trasportar al torno Universal #1			12	10	10	12	10	10	11	15	12	10	112	11.20			X
HOMBRE - MÁQUINA												Total=	4084	408.4				
												T. H=		120				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,												F.D=	1					
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,												T.N=		120				
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias, T.H= Tiempo de Hombre, T.M= Tiempo de máquina												Supl=	14	28				
												T.M=		288				
												T.E (s)=		436				

Tabla 84: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación del tocho / Extractor (Estrella) - Paso 2


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS														 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01													
NOMBRE DEL PRODUCTO														Revólver Calibre .38 ATI														Método: Cronometraje con vuelta a cero		
														PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES														Área: M. Convencional		
Operación: Desbaste de material			Material: Acero DF2			Término: 05/12/2019																								
Pieza: Extractor (Estrella)			Elaborado por: Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades																								
Familia: ATI-1A			Aprobado por: Ing. Franklin Tigre																											
N°	Actividades	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA														
1	Ajustar eje en la pinza	10	16	14	12	12	12	10	9	10	12	117	11.70		X															
2	Cilindrar hasta mantener un diámetro de Ø 9mm * 38mm	465	513	465	500	500	473	482	480	470	492	4840	483.95	X																
3	Refrentar el eje x 2mm	83	82	84	86	82	83	85	87	84	87	843	84.30	X																
4	Verificar medidas del eje	22	23	23	24	23	22	23	24	23	23	230	23.00		X															
5	Retirar el eje de la pinza	4	5	5	5	5	4	4	4	5	4	45	4.50		X															
6	Cambiar de pinza	18	15	16	16	16	17	15	15	20	12	160	16.00		X															
7	Ajustar eje en la pinza	20	15	14	15	20	22	14	17	14	14	165	16.50		X															
8	Cilindrar hasta mantener un diámetro de 27mm x 10mm	29	23	27	23	28	26	29	26	21	29	261	26.10	X																
9	Verificar medidas	6	6	5	8	5	7	6	7	5	8	63	6.30		X															
10	Retirar pieza	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	38	3.80		X															
Total=												6762	676.2																	
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.												F.D=		1.19																
												T.N=			805															
												Supl=		14	113															
												T.E (s)=			917															
Cantidad: 2 unidades																														

Tabla 85: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación del tocho / Extractor (Estrella) - Paso 3


<p style="text-align: center;">SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS</p>																					
													A&M-FJ01								
													Hoja 4 de 88								
													Edición: 01								
NOMBRE DEL PRODUCTO							Revólver Calibre .38 ATI						Método: Cronometraje con vuelta a cero								
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES							Área:		M. Convencional		Máquina:		Torno # 1		Comienzo:		10/08/2019				
							Operación:		Acabados		Material:		Acero DF2		Término:		05/12/2019				
							Pieza:		Extractor (Estrella)		Elaborado por:		Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades						
							Familia:		ATI-1A		Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre								
Nº	Actividades						T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Ajustar pieza en la pinza						29	35	35	31	32	35	33	38	35	28	331	33.10		X	
2	Cilindrar con un diámetro de Ø 6 mm x 38mm						163	167	146	159	178	152	167	151	180	171	1634	163.40	X		
3	Refrentar la base del eje x 3mm						80	85	91	82	81	85	81	83	104	85	857	85.70	X		
4	Perder arista viva						7	7	7	4	7	7	4	4	4	8	59	5.90	X		
5	Verificar medidas						30	24	18	35	35	18	31	34	19	24	268	26.80		X	
6	Ajustar el contrapunto						5	7	7	7	4	8	6	8	8	6	66	6.60		X	
7	Perforar con broca de centros						7	6	9	6	8	7	7	8	7	6	71	7.10	X		
8	Cambiar de broca						20	18	16	13	16	17	13	20	16	16	165	16.50		X	
9	Perforar base del eje con broca de Ø 3.4 mm x 30mm						115	114	114	111	117	114	108	98	104	98	1093	109.30	X		
10	Cambiar de broca						14	12	18	15	14	19	14	18	17	14	155	15.50		X	
11	Perforar base del eje con broca de Ø 4 mm x 7.5mm						30	29	26	35	26	29	32	27	27	30	291	29.10	X		
12	Cambiar de broca						14	14	10	13	14	16	16	9	12	13	131	13.10		X	
13	Pulir contorno del eje						210	197	197	179	187	208	200	189	189	179	1935	193.50	X		
14	Limpiar con aire y verificar medidas						93	94	96	111	102	109	107	98	108	106	1024	102.40		X	
15	Verificar funcionamiento con un patrón						15	16	15	15	14	16	16	16	13	15	151	15.10		X	
16	Retirar pieza						7	7	6	6	8	8	7	6	6	8	69	6.90		X	
Total=																8300	830				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,																F.D=		1.19			
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,																T.N=			988		
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.																Supl=		14	138		
Cantidad: 2 unidades																T.E (s)=			1126		

Tabla 86: Hoja de Operaciones y Tiempos / Extractor (Estrella) - Paso 4


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS																					
														A&M-FJ01							
														Hoja 5 de 88							
														Edición: 01							
NOMBRE DEL PRODUCTO							Revólver Calibre .38 ATI							Método: Cronometraje con vuelta a cero							
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES							Área:		M. Convencional			Máquina:		Torno # 1			Comienzo:	10/08/2019			
							Operación:		Torneado			Material:		Acero DF2			Término:	05/12/2019			
							Pieza:		Extractor (Estrella)			Elaborado por:		Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades				
							Familia:		ATI-1A			Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre							
Nº	Actividades						T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Ajustar pieza en la pinza						23	17	19	16	24	16	19	15	17	17	183	18.30		X	
2	Tronzar el tocho a la mitad						160	178	157	163	154	166	190	151	153	199	1671	167.10	X		
3	Cambiar de pinza						32	33	27	32	35	29	27	31	33	31	310	31.00		X	
4	Ajustar eje en la pinza						37	36	39	35	41	39	35	37	39	41	379	37.90		X	
5	Cilindrar con diámetro de Ø 24.2mm x 2.1mm						331	302	316	325	330	323	319	333	318	328	3225	322.50	X		
6	Cilindrar corona con diámetro de Ø 12.4mm x 1.8mm						594	598	563	605	577	560	595	563	599	596	5850	585.00	X		
7	Perder la arista viva						51	43	54	51	52	49	51	44	49	45	489	48.90	X		
8	Limpiar con aire y verificar medidas						50	59	49	57	59	58	54	50	49	48	533	53.30		X	
9	Ajustar el contrapunto						12	9	11	9	9	9	9	8	10	10	96	9.60		X	
10	Perforar axialmente con broca de Ø 3mm x 8.7mm						169	190	161	170	178	182	182	188	171	161	1752	175.20	X		
11	Retirar pieza de la pinza						6	6	7	5	6	7	7	7	6	5	62	6.20		X	
12	Verificar medidas						43	57	56	50	51	49	50	56	52	51	515	51.50		X	
13	Transportar pieza al centro de mecanizado CNC						75	70	84	65	70	70	75	90	80	70	749	74.90			X
Total=																	15814	1581.4			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,																	F.D=	1.19			
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,																	T.N=		1882		
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.																	Supl=	14	263		
																	T.E (s)=		2145		

Tabla 87: Hoja de Operaciones y Tiempos / Extractor (Estrella) - Paso 5



SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS																					
														A&M-FJ01							
														Hoja 6 de 88							
														Edición: 01							
NOMBRE DEL PRODUCTO							Revólver Calibre .38 ATI							Método: Cronometraje con vuelta a cero							
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES							Área:		M. Convencional		Máquina:		Centro de mecanizado			Comienzo:		10/08/2019			
							Operación:		Mecanizado		Material:		Acero DF2			Término:		05/12/2019			
							Pieza:		Extractor (Estrella)		Elaborado por:		Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades					
							Familia:		ATI-1A		Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre								
N°	Actividades						T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Ajustar la estrella en la matriz Horizontal						38	34	39	37	36	38	39	39	41	36	377	37.70		X	
2	Ejecutar el programa de estrella PASO - 1						967	964	960	960	963	965	966	963	965	961	9634	963.40	X		
3	Retirar la estrella de la matriz						21	18	19	20	22	17	21	23	19	21	201	20.10		X	
4	Limar las rebabas del ranurado del eje						145	144	151	144	150	156	149	156	151	155	1501	150.10	X		
5	Ajustar la estrella en la matriz vertical						32	34	26	27	27	28	33	28	28	34	297	29.70		X	
6	Ejecutar el programa de ESTRELLA PASO - 2						1091	1084	1080	1088	1087	1085	1090	1090	1080	1080	10855	1085.5	X		
7	Retirar la estrella de la matriz						23	20	18	20	17	18	24	18	17	23	198	19.80		X	
8	Limpiar la mesa con aire comprimido						15	15	12	12	11	14	13	12	11	15	130	13.00		X	
HOMBRE - MÁQUINA														Total=		23193	2319.3				
														T. H=			270				
														F.D=		1.08					
														T.N=			292				
														Supl=		12	35				
														T.M=			2049				
														T.E (s)=			2376				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias, T.H= Tiempo de Hombre, T.M= Tiempo de máquina																					

Tabla 88: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación del tocho / Tambor - Paso 1

SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS																		
														A&M-FJ01				
														Hoja 7 de 88				
														Edición: 01				
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:		M. Convencional				Máquina:		Torno # 1				Comienzo:		10/08/2019
				Operación:		Desbaste de material				Material:		Acero DF2				Término:		05/12/2019
				Pieza:		Tambor				Elaborado por:		Jorge Jaramillo				Clasificación de las actividades		
				Familia:		ATI-1B				Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre						
N°	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Medir y ajustar el largo del eje en la pinza			35	31	36	34	36	31	34	37	35	31	340	34.00		X	
2	Refrentar el eje x 3mm			64	66	65	71	69	65	65	73	71	68	677	67.70	X		
3	Ajustar el contrapunto			10	10	7	9	8	10	7	8	9	10	88	8.80		X	
4	Perforar axialmente el eje con broca de Ø 9 mm x 126 mm			157	162	156	161	156	152	161	148	154	159	1566	156.60	X		
5	Cilindrar con diámetro de Ø 42 mm x 45mm			551	508	521	550	529	519	530	511	529	545	5293	529.30	X		
6	Cambiar la herramienta			10	12	13	12	11	13	12	10	12	13	118	11.80		X	
7	Tronzar el eje a una altura de 45mm			136	136	132	135	145	141	144	142	144	139	1394	139.40	X		
Total=														9476	947.6			
F.D=														1.13				
T.N=															1071			
Supl=														14	150			
T.E (s)=															1221			

T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.

Tabla 89: Hoja de Operaciones y Tiempos / Tambor - Paso 2


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS																		
														A&M-FJ01				
														Hoja 8 de 88				
														Edición: 01				
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:		M. Convencional				Máquina:		Torno # 1				Comienzo:	10/08/2019	
				Operación:		Acabados				Material:		Acero DF2				Término:	05/12/2019	
				Pieza:		Tambor				Elaborado por:		Jorge Jaramillo				Clasificación de las actividades		
				Familia:		ATI-1B				Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre						
N°	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Ajustar eje en la matriz			76	71	70	73	70	75	71	76	74	76	732	73.20		X	
2	Fijar el contrapunto			26	23	25	24	23	23	22	26	23	25	240	24.00		X	
3	Cilindrar con un diámetro de Ø 39 mm			167	167	178	174	174	176	169	172	171	176	1724	172.40	X		
4	Refrentar el eje x 3mm			138	135	131	139	132	131	132	131	138	133	1340	134.00	X		
5	Verificar medidas			24	24	22	21	22	24	24	21	21	23	226	22.60		X	
6	Retirar eje de la matriz			39	39	38	39	40	36	36	39	40	36	382	38.20		X	
7	Cambiar la matriz por un contrapunto			60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	600	60.00		X	
8	Ajustar el eje entre puntos			10	12	10	11	11	11	10	11	11	12	109	10.90		X	
9	Cilindrar con un diámetro de Ø 38.2 mm			135	136	146	130	140	144	142	144	134	137	1388	138.80	X		
10	Verificar medidas			52	54	53	50	53	51	50	55	55	55	528	52.80		X	
11	Refrentar la base del eje x 0.3mm			158	175	167	167	151	173	172	157	170	165	1655	165.50	X		
12	Pulir la superficie del tambor			102	99	101	97	99	104	105	92	93	90	982	98.20	X		
13	Trasportar al centro de mecanizado CNC			80	75	75	70	70	75	95	70	86	76	772	77.20			X
Total=														10678	1067.8			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,														F.D=	1.13			
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,														T.N=		1207		
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.														Supl=	14	169		
														T.E (s)=		1376		

Tabla 90: Hoja de Operaciones y Tiempos / Tambor - Paso 3


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS														 Santa Bárbara EP			
														A&M-FJ01			
														Hoja 9 de 88			
														Edición: 01			
NOMBRE DEL PRODUCTO			Revólver Calibre .38 ATI											Método: Cronometraje con vuelta a cero			
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES			Área:		Mecanizado CNC				Máquina:		Centro de mecanizado				Comienzo:		10/08/2019
			Operación:		Mecanizado				Material:		Acero DF2				Término:		05/12/2019
			Pieza:		Tambor				Elaborado por:		Jorge Jaramillo				Clasificación de las actividades		
			Familia:		ATI-1B				Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre						
N°	Actividades		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Ajustar el tambor en la matriz Vertical		45	51	52	42	43	50	49	44	50	49	475	47.50		X	
2	Ejecutar el programa de TAMBOR PASO - 1		2750	2748	2722	2704	2729	2726	2729	2716	2711	2745	27280	2728.00	X		
3	Retirar el tambor de la matriz		24	24	26	24	23	25	26	26	24	24	246	24.60		X	
4	Limar las rebabas de las recamaras del tambor		175	170	170	175	165	175	177	168	172	166	1713	171.30	X		
5	Ajustar el tambor en la matriz horizontal		55	53	49	55	52	55	50	52	54	50	525	52.50		X	
6	Ejecutar el programa de TAMBOR PASO - 2		381	377	372	377	385	372	372	387	386	387	3796	379.60	X		
7	Ejecutar el programa de TAMBOR PASO - 3		370	370	367	368	365	368	365	371	365	361	3670	367.00	X		
8	Retirar el tambor de la matriz		30	28	25	27	25	26	24	32	32	31	280	28.00		X	
9	Limpiar la mesa con aire comprimido		15	15	12	15	12	12	15	12	12	13	133	13.30		X	
HOMBRE - MÁQUINA												Total=	38118	3811.8			
												T. H=	3372	337			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias, T.H= Tiempo de Hombre, T.M= Tiempo de máquina												F.D=	1.08				
												T.N=		364			
												Supl=	12	44			
												T.M=	34746	3475			
												T.E (s)=		3882			

Tabla 91: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación del tocho / Brazo del tambor - Paso 1


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS														 Santa Bárbara EP								
														A&M-FJ01								
														Hoja 10 de 88								
														Edición: 01								
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero								
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:				M. Convencional				Máquina:		Sierra de vaivén		Comienzo:	10/08/2019					
				Operación:				Corte				Material:		Acero AISI 1045		Término:	05/12/2019					
				Pieza:				Brazo de tambor				Elaborado por:		Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades						
				Familia:				ATI-1C				Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre								
N°	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA				
1	Oxicorte de la plancha a medida 95mm * 3000mm			1857	1802	1844	1830	1871	1837	1810	1843	1900	1874	18468	1846.80	X						
2	Transportar plancha a la cierra vaivén			398	478	383	421	352	434	464	392	454	474	4250	425.00			X				
3	Ajustar plancha en la mordaza			67	67	62	68	58	61	63	64	62	55	627	62.70		X					
4	Cortar la plancha cada 65mm			530	557	542	544	523	526	535	554	550	560	5421	542.10	X						
5	Transportar el tocho a la limadora			13	15	14	14	14	15	13	13	13	13	137	13.66			X				
HOMBRE - MÁQUINA														Total=		6942		694		Observaciones		
														T. H=				90		El tiempo de Oxicorte es por un lote de piezas por lo que debe prorratearse para obtener el tiempo por unidad.		
F.D=		1																				
T.N=				90																		
Supl=		14		13																		
T.M=				604																		
Cantidad: 30 unidades														T.E (s)=		707						

Tabla 92: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación del tocho / Brazo del tambor - Paso 2


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01			
															Hoja 11 de 88			
															Edición: 01			
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Limadora			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:			Limado de rebabas			Material:			Acero AISI 1045			Término:		05/12/2019
				Pieza:			Brazo de tambor			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:			ATI-1C			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Nivelar y ajustar tocho en la mordaza			88	85	92	84	95	96	85	87	85	82	879	87.90		X	
2	Posicionar la herramienta			250	270	255	255	260	260	260	250	245	260	2565	256.50		X	
3	Planear caras irregulares y con rebabas del tocho			574	613	630	628	602	615	599	629	603	631	6124	612.40	X		
4	Limpiar con aire y verificar medidas			25	15	20	20	25	30	30	35	20	20	240	24.00		X	
5	Transportar el tocho a la Fresadora universal			8	12	12	8	8	8	12	9	10	10	97	9.70			X
													Total=	9905	990.5			
													F.D=	0.87				
													T.N=		862			
													Supl=	14	121			
													T.E (s)=		983			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.																		
Cantidad: 2 unidades																		

Tabla 93: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación del tocho / Brazo del tambor - Paso 3


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01			
															Hoja 12 de 88			
															Edición: 01			
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Fresadora universal # 1			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:			Desbaste de material			Material:			Acero AISI 1045			Término:		05/12/2019
				Pieza:			Brazo de tambor			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:			ATI-1C			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Nivelar y ajustar tocho en la mordaza			42	50	50	48	56	59	56	56	58	64	539	53.90		X	
2	Ranurar transversalmente en tocho 52mm x 35.5 mm			988	783	813	814	992	667	816	954	861	949	8637	863.70	X		
3	Verificar la medida especificada			19	13	13	20	19	16	17	13	18	13	161	16.10		X	
4	Limpiar con aire y verificar mediadas			10	13	15	15	15	14	16	12	10	10	130	13.00		X	
5	Trasportar el tocho a la cierra vaivén			14	13	15	13	14	15	12	14	15	10	135	13.50			X
Total=													9602	960.2				
F.D=													1.19					
T.N=														1143				
Supl=													14	160				
T.E (s)=														1303				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.																		
Cantidad: 2 unidades																		

Tabla 94: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación del tocho / Brazo del tambor - Paso 4



SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01			
															Hoja 13 de 88			
															Edición: 01			
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI											Método: Cronometraje con vuelta a cero			
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Sierra de vaivén			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:			Corte			Material:			Acero AISI 1045			Término:		05/12/2019
				Pieza:			Brazo de tambor			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:			ATI-1C			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Medir y ajustar tocho en la mordaza			27	27	23	21	22	24	28	27	22	27	248	24.80		X	
2	Cortar transversalmente tocho a la mitad			270	268	269	273	253	271	261	259	266	254	2644	264.40	X		
3	Transportar tocho al torno #1			9	9	9	8	8	14	8	10	10	12	97	9.70			X
HOMBRE - MÁQUINA												Total=		2892	289.2			
												T. H=			34.6			
												F.D=		1				
												T.N=			35			
												Supl=		14	5			
												T.M=			264			
												T.E (s)=			304			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias, T.H= Tiempo de Hombre, T.M= Tiempo de máquina																		
Cantidad: 2 unidades																		

Tabla 95: Hoja de Operaciones y Tiempos / Brazo de tambor - Paso 5

SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS																														
NOMBRE DEL PRODUCTO														Revólver Calibre .38 ATI														A&M-FJ01 Hoja 14 de 88 Edición: 01		
														PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES														Área: M. Convencional		
Operación: Torneado			Material: Acero AISI 1045			Término: 05/12/2019																								
Pieza: Brazo de tambor			Elaborado por: Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades																								
Familia: ATI-1C			Aprobado por: Ing. Franklin Tigre																											
Nº	Actividades	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA														
1	Ajustar tocho en la mordaza	30	27	30	29	28	27	29	30	27	27	284	28.40		X															
2	Redondear eje cuadrado a un diámetro de Ø 10.5 mm	460	475	506	465	460	460	475	440	450	470	4661	466.10	X																
3	Verificar medidas	16	14	15	16	16	14	16	14	14	16	151	15.10		X															
4	Refrentar base del eje x 3mm	110	99	103	102	107	109	102	108	106	102	1048	104.77	X																
5	Verificar medidas	7	6	6	7	7	7	6	6	7	7	66	6.60		X															
6	Ajustar el contrapunto	12	12	15	15	15	10	22	15	9	10	135	13.50		X															
7	Perforar con broca de centros	10	8	8	8	9	10	8	10	9	9	89	8.90	X																
8	Cambiar de broca	13	11	13	12	12	13	13	12	12	12	123	12.33		X															
9	Perforar base del eje con broca Ø 3mm x 52 mm	54	50	51	50	53	53	51	52	52	51	517	51.70	X																
10	Cambiar de broca	19	23	23	20	25	24	23	24	23	24	228	22.80		X															
11	Perforar base del eje con broca Ø 5mm x 52 mm	67	60	61	60	67	63	61	61	65	62	627	62.67	X																
12	Cambiar de broca	25	18	20	25	20	20	20	22	20	25	215	21.50		X															
13	Perforar base del eje con broca Ø 7mm x 33 mm	35	32	34	34	33	33	33	35	34	34	337	33.70	X																
14	Cambiar de broca	19	20	20	20	20	20	25	20	22	20	206	20.60		X															
15	Perforar base del eje con broca Ø 7.5mm x 33 mm	20	25	20	20	20	19	25	22	20	25	216	21.60	X																
16	Cambiar y ajustar broca inicial	19	17	18	19	19	18	19	18	19	18	184	18.40		X															
17	Sacar pieza del mandril	13	12	13	13	12	12	12	12	13	13	125	12.50		X															
18	Limpiar con aire y verificar medidas	26	23	24	26	24	26	26	26	26	26	253	25.33		X															
Total=												9465	946.5																	
F.D=												1.19																		
T.N=													1126																	
Supl=												14	158																	
T.E (s)=													1284																	

T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,
 T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,
 NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.

Tabla 96: Hoja de Operaciones y Tiempos / Brazo de tambor - Paso 6


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01			
													Hoja 15 de 88						
													Edición: 01						
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Torno # 1			Comienzo:		10/08/2019	
				Operación:			Acabados			Material:			Acero AISI 1045			Término:		05/12/2019	
				Pieza:			Brazo de tambor			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades			
				Familia:			ATI-1C			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre						
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Colocar pieza en la matriz			25	21	23	22	22	22	23	24	25	22	229	22.90		X		
2	Ajustar el contrapunto			10	9	9	9	9	10	10	9	10	9	94	9.40		X		
3	Cilindrar el eje con diámetro de Ø 9.3 mm			319	299	330	350	306	345	317	336	320	301	3223	322.30	X			
4	Verificar medidas			61	54	58	55	55	58	59	58	59	59	576	57.60		X		
5	Pulir secciones del eje			39	41	38	38	38	32	45	48	35	31	385	38.50	X			
6	Limpiar con aire y verificar medidas			24	20	23	23	23	21	20	23	22	21	220	22.00		X		
7	Verificar funcionalidad con un patrón			20	14	19	18	16	19	14	20	14	19	173	17.30		X		
8	Retirar pieza de la Matriz			7	4	7	5	6	4	4	6	4	7	54	5.40		X		
9	Transportar pieza al centro de mecanizado CNC			70	75	85	74	75	85	73	77	70	70	754	75.40			X	
													Total=		5708	570.8			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,													F.D=		1.19				
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,													T.N=			679			
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.													Supl=		14	95			
													T.E (s)=			774			

Tabla 97: Hoja de Operaciones y Tiempos / Brazo de tambor - Paso 7


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01			
															Hoja 16 de 88			
															Edición: 01			
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:		Mecanizado CNC				Máquina:		Centro de mecanizado				Comienzo:	10/08/2019	
				Operación:		Mecanizado				Material:		Acero AISI 1045				Término:	05/12/2019	
				Pieza:		Brazo de tambor				Elaborado por:		Jorge Jaramillo				Clasificación de las actividades		
				Familia:		ATI-1C				Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre						
N°	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Ajustar los tochos en la matriz			65	62	67	65	61	62	69	66	62	69	648	64.80		X	
2	Ejecutar el programa de BRAZOS PASO - 1			297	293	297	297	297	295	297	297	293	296	2959	295.90	X		
3	Reposicionar los pivotes del tocho			70	79	74	72	78	76	70	79	72	77	747	74.70		X	
4	Ejecutar el programa de BRAZOS PASO - 2			615	617	629	630	621	616	617	614	618	611	6188	618.80	X		
5	Retirar los brazos de la matriz			45	52	49	47	50	50	50	48	46	51	488	48.80		X	
6	Limpiar la mesa con aire comprimido			13	14	15	15	14	11	11	13	12	12	130	13.00		X	
HOMBRE - MÁQUINA												Total=	11160	1116.0				
												T. H=	2013	201				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias, T.H= Tiempo de Hombre, T.M= Tiempo de máquina												F.D=	1.08					
												T.N=		217				
												Supl=	12	26				
Cantidad: 2 unidades												T.M=	9147	915				
												T.E (s)=		1158				

Tabla 98: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación del tocho / Armazón - Paso 1


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01					
															Hoja 17 de 88					
															Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero						
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Sierra de vaivén			Comienzo:		10/08/2019		
				Operación:			Corte			Material:			Acero DF2			Término:		05/12/2019		
				Pieza:			Armazón			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades				
				Familia:			ATI-1D			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre							
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA		
1	Oxicorte de la plancha a medida 165mm * 3000mm			1989	2188	2196	2235	2063	2235	2175	2097	2157	2181	21516	2151.60	X				
2	Transportar plancha a la cierra vaivén			396	407	432	419	443	458	424	396	419	412	4206	420.60			X		
3	Ajustar plancha en la mordaza			66	57	52	67	71	57	63	59	65	58	615	61.50		X			
4	Cortar la plancha cada 137mm			791	795	795	785	795	785	784	790	790	787	7897	789.70	X				
5	Transportar el tocho a la Fresadora universal #2			11	12	12	11	12	9	9	10	11	9	106	10.60			X		
HOMBRE - MÁQUINA												Total=		9904		990		Observaciones		
												T. H=				94				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias, T.H= Tiempo de Hombre, T.M= Tiempo de máquina												F.D=		1				El tiempo de Oxicorte es por un lote de piezas por lo que debe prorratearse para obtener el tiempo por unidad.		
												T.N=				94				
												Supl=		14		13				
Cantidad: 20 Unidades												T.M=				896				
												T.E (s)=				1003				

Tabla 99: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación del tocho / Armazón - Paso 2


<p style="text-align: center;">SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS</p>													 <p style="text-align: right;">Santa Bárbara EP</p>			A&M-FJ01		
													Hoja 18 de 88					
													Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Fresadora Universal #1			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:			Planeado de caras			Material:			Acero DF2			Término:		05/12/2019
				Pieza:			Armazón			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:			ATI-1D			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Nivelar y ajustar tocho en la mordaza			69	62	69	63	70	62	70	74	62	62	663	66.30		X	
2	Planear cara del tocho hasta alcanzar 44mm de ancho			512	455	500	546	587	506	541	523	555	560	5285	528.50	X		
3	Limpiar con aire y verificar medidas			23	19	22	22	23	22	24	22	21	25	223	22.30		X	
4	Transportar tocho a la limadora			13	9	14	11	9	12	12	11	11	13	115	11.50			X
Total=													6286	629				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.													F.D=	1.05				
													T.N=		660			
													Supl=	14	92			
													T.E (s)=		752			

Tabla 100: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación del tocho / Armazón - Paso 3


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01			
													Hoja 19 de 88						
													Edición: 01						
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Limadora			Comienzo:		10/08/2019	
				Operación:			Limado de rebabas			Material:			Acero DF2			Término:		05/12/2019	
				Pieza:			Armazón			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades			
				Familia:			ATI-1D			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre						
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Nivelar y ajustar tocho en la mordaza			72	80	88	83	72	90	72	92	75	80	804	80.40		X		
2	Posicionar la herramienta			185	250	225	254	260	260	300	250	265	226	2475	247.50		X		
3	Planear caras irregulares con rebabas del tocho			758	802	775	785	800	780	770	854	765	750	7839	783.90	X			
4	Limpiar con aire y verificar medidas			30	20	20	20	15	30	25	35	20	20	235	23.50		X		
5	Transportar el tocho al centro de mecanizado CNC			82	70	75	75	75	70	85	70	70	72	744	74.40			X	
													Total=		12097	1210			
													F.D=		0.98				
													T.N=			1186			
													Supl=		14	166			
													T.E (s)=			1352			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.																			

Tabla 101: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación del tocho / Armazón - Paso 4



SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01			
															Hoja 20 de 88			
															Edición: 01			
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			Mecanizado CNC			Máquina:			Centro de mecanizado			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:			Centrado			Material:			Acero DF2			Término:		05/12/2019
				Pieza:			Armazón			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:			ATI-1D			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Colocar el bloque del armazón en la matriz			15	19	17	19	19	15	18	16	17	16	171	17.10		X	
2	Ajustar la mordaza			36	35	40	37	37	37	38	38	36	37	371	37.10		X	
3	Ejecutar el programa Marcado de centros			542	541	594	560	544	541	556	582	578	592	5630	563.00	X		
4	Trasporte del tocho al Taladro radial			15	15	12	15	15	15	15	12	15	15	144	14.40			X
HOMBRE - MÁQUINA												Total=		6316	631.6			
												T. H=		686	69			
												F.D=		1				
												T.N=			69			
												Supl=		12	8			
												T.M=		5630	563			
												T.E (s)=			640			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias, T.H= Tiempo de Hombre, T.M= Tiempo de máquina																		

Tabla 102: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación del tocho / Armazón - Paso 5

<p style="text-align: center;">SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS</p> 													A&M-FJ01					
													Hoja 21 de 88					
													Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Taladro Radial			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:			Perforado			Material:			Acero DF2			Término:		05/12/2019
				Pieza:			Armazón			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:			ATI-1D			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Ajustar tocho en la matriz			50	46	45	50	46	47	50	45	50	45	474	47.40		X	
2	Posicionar y fijar el usillo con broca de centros			44	41	42	42	40	41	42	43	40	45	420	42.00		X	
3	Cambio de broca			18	18	20	18	18	19	18	19	17	19	184	18.40		X	
4	Perforar el tocho con broca de Ø 29 mm			188	195	180	192	195	192	190	183	191	189	1895	189.50	X		
5	Cambio de broca			18	17	19	20	16	17	20	18	17	17	179	17.90		X	
6	Posicionar y fijar el usillo con broca de centros			22	23	20	23	23	21	20	23	20	20	215	21.50		X	
7	Cambio de broca			17	17	20	19	16	18	17	16	18	20	178	17.80		X	
8	Perforar el tocho con broca de Ø 25 mm			91	91	96	95	95	90	94	93	93	95	933	93.30	X		
9	Cambio de broca			18	17	20	16	18	20	18	16	19	19	181	18.10		X	
10	Posicionar y fijar el usillo con broca de centros			45	43	46	40	40	44	46	43	46	40	433	43.30		X	
11	Cambio de broca			20	19	18	18	17	17	18	19	18	17	181	18.10		X	
12	Perforar el tocho con broca de Ø 13 mm			190	187	188	181	191	183	190	180	191	184	1865	186.50	X		
13	Retirar tocho de la matriz			31	30	35	33	37	36	31	33	35	38	339	33.90		X	
14	Transportar a la sierra de vaivén			40	48	51	52	47	40	46	45	52	46	467	46.70			X
Total=													7944	794				
F.D=													1.08					
T.N=														858				
Supl=													14	120				
T.E (s)=														978				

T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.

Tabla 103: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación del tocho / Armazón - Paso 6


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01												
NOMBRE DEL PRODUCTO													Revólver Calibre .38 ATI													Método: Cronometraje con vuelta a cero		
													PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES													Área: M. Convencional		
N° Actividades													Operación: Corte			Material: Acero DF2			Término: 05/12/2019			Clasificación de las actividades AV NAVN NVA						
													Pieza: Armazón			Elaborado por: Jorge Jaramillo												
													Familia: ATI-1D			Aprobado por: Ing. Franklin Tigre												
													T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Ajustar tocho en la mordaza												30	27	35	31	29	28	25	32	32	27	296	29.60		X		
2	Cortar la primera cara con exceso de material												757	754	779	752	776	781	780	768	769	782	7698	769.80	X			
3	Ajustar tocho en la mordaza												27	32	28	33	29	28	32	32	32	34	307	30.70		X		
4	Cortar la segunda cara con exceso de material												758	765	766	759	775	777	769	753	764	782	7668	766.80	X			
5	Transportar tocho al centro de mecanizado CNC												75	68	72	68	69	67	74	71	74	71	709	70.90			X	
HOMBRE - MÁQUINA										Total=		16678	1667.8															
										T. H=			131															
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias, T.H= Tiempo de Hombre, T.M= Tiempo de máquina										F.D=		1																
										T.N=			131															
										Supl=		14	18															
										T.M=			1537															
										T.E (s)=			1901															

Tabla 104: Hoja de Operaciones y Tiempos / Armazón - Paso 7



SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS														 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01		
Hoja 23 de 88																			
Edición: 01																			
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:				Mecanizado CNC				Máquina:		Centro de mecanizado		Comienzo:		10/08/2019	
				Operación:				Mecanizado				Material:		Acero DF2		Término:		05/12/2019	
				Pieza:				Armazón				Elaborado por:		Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades			
				Familia:				ATI-1D				Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Colocar el bloque del armazón en la matriz			15	19	17	19	19	15	18	16	17	16	171	17.10		X		
2	Ajustar la mordaza			36	35	40	37	37	37	38	38	36	37	371	37.10		X		
3	Correr el programa de ARMAZON - Punto fijo			36	35	33	35	35	35	32	36	34	31	342	34.20	X			
4	Limpieza con aire			12	10	13	12	11	12	12	11	13	13	119	11.90		X		
5	Atornillar el pivote de fijación en el bloque			30	29	34	29	33	29	33	33	26	31	307	30.70		X		
6	Correr el programa de ARMAZON - PASO - 1			3890	3896	3884	3881	3855	3905	3904	3855	3864	3856	38790	3879.00	X			
7	Verificar estado de las herramientas			134	135	132	130	131	127	135	125	131	133	1313	131.30			X	
8	Correr el programa de ARMAZON - PASO - 2			5113	5074	5093	5082	5079	5106	5078	5084	5118	5102	50929	5092.90	X			
9	Verificar estado de las herramientas			130	130	127	130	124	136	127	125	128	134	1291	129.10			X	
10	Correr el programa de ARMAZON - PASO - 3			3279	3264	3276	3245	3231	3267	3272	3243	3263	3270	32610	3261.00	X			
11	Verificar estado de las herramientas			128	128	126	135	132	133	123	130	128	129	1292	129.20			X	
12	Limpieza de las guías del centro de mecanizado			37	37	43	46	37	44	49	38	50	49	430	43.00		X		
13	Retirar el armazón del centro de mecanizado			25	18	25	23	23	25	19	18	23	25	224	22.40		X		
HOMBRE - MÁQUINA													Total=	128189	12818.9				
													T. H=	5518	552				
													F.D=	1					
													T.N=		552				
													Supl=	12	66				
													T.M=	122671	12267				
													T.E (s)=		12885				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias, T.H= Tiempo de Hombre, T.M= Tiempo de máquina																			

Tabla 105: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación de tochos / Cachas - Paso 1

<p style="text-align: center;">SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS</p>													 <p style="margin-left: 10px;">Santa Bárbara EP</p>		A&M-FJ01								
NOMBRE DEL PRODUCTO															Revólver Calibre .38 ATI			Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES															Área: M. Convencional Operación: Perforado Pieza: Cachas Familia: ATI-1E		Máquina: Taladro de pedestal Material: Madera Elaborado por: Jorge Jaramillo Aprobado por: Ing. Franklin Tigre		Comienzo: 10/08/2019 Término: 05/12/2019		Clasificación de las actividades		
N°	Actividades	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA							
1	Marcar las esquinas de la plancha de madera	47	48	50	47	50	45	48	46	50	46	477	47.70	X									
2	Perforar las esquinas de la plancha	56	60	60	66	57	55	69	55	60	55	593	59.30	X									
3	Transportar tocho al centro de mecanizado CNC	8	8	8	8	9	8	10	8	9	7	83	8.30			X							
Total=												1153	115.3										
F.D=												1.08											
T.N=													125										
Supl=												12	15										
T.E (s)=													140										

T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,
 T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,
 NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.

Tabla 106: Hoja de Operaciones y Tiempos / Cachas - Paso 2


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01 Hoja 25 de 88 Edición: 01		
NOMBRE DEL PRODUCTO			Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES			Área: Mecanizado CNC				Máquina: Centro de mecanizado				Comienzo: 10/08/2019							
			Operación: Mecanizado				Material: Madera				Término: 05/12/2019							
			Pieza: Cachas				Elaborado por: Jorge Jaramillo				Clasificación de las actividades							
			Familia: ATI-1E				Aprobado por: Ing. Franklin Tigre											
N°	Actividades		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Transportar a la máquina CNC		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	70	7.00			X	
2	Ajustar la plancha en la Mordaza		77	78	77	78	74	75	75	77	77	78	766	76.60		X		
3	Correr el programa de CACHAS PASO - 1		90	95	92	96	94	96	98	95	97	98	951	95.10	X			
4	Girar y ajustar el tocho		106	106	109	105	111	115	115	117	118	108	1110	111.00		X		
5	Correr el programa de CACHAS PASO - 2		173	169	169	170	170	170	170	167	171	168	1697	169.70	X			
6	Colocar los pivotes de sujeción al tocho		75	83	77	73	81	76	73	81	79	73	771	77.10		X		
7	Continuar con el programa CACHAS PASO - 2		654	632	639	651	644	645	651	650	630	648	6444	644.40	X			
8	Retirar el tocho de la cabina		105	107	106	100	110	103	104	105	105	108	1053	105.30		X		
9	Extraer cachas del tocho		40	34	39	35	35	40	37	30	37	35	362	36.20	X			
10	Limar las Aristas y rebabas		815	840	815	767	840	833	827	787	734	820	8078	807.80	X			
11	Colocar el par de cachas en la matriz		46	52	47	50	50	48	44	49	45	53	484	48.40		X		
12	Correr el programa de CACHAS PASO - 3		215	219	220	212	217	219	211	220	218	218	2169	216.90	X			
13	Retirar cacha de la matriz		39	36	41	39	39	38	36	38	37	38	381	38.10		X		
14	Limpiar la mesa con aire comprimido		15	15	11	12	11	13	15	11	14	13	130	13.00		X		
HOMBRE - MÁQUINA												Total=	24466	2446.60				
												T. H=		1321				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,												F.D=	1.08					
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,												T.N=		1426				
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias, T.H= Tiempo de Hombre, T.M= Tiempo de máquina												Supl=	12	171				
												T.M=		1126				
												T.E (s)=		2723				

Tabla 107: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación de platinas - Paso 1


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01						
NOMBRE DEL PRODUCTO															Revólver Calibre .38 ATI			Método: Cronometraje con vuelta a cero			
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES															Área: M. Convencional		Máquina: Cierra de vaivén		Comienzo: 10/08/2019		
															Operación: Corte		Material: Acero DF2		Término: 05/12/2019		
															Pieza: Platinas rectificadas		Elaborado por: Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades		
															Familia: ATI-2		Aprobado por: Ing. Franklin Tigre				
N°	Actividades	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA					
1	Traer el material de bodega	45	50	50	50	68	60	55	55	60	40	533	53.30			X					
2	Medir y ajustar Platina en la mordaza	60	48	43	52	50	64	40	54	53	43	507	50.70		X						
3	Cortar	182	179	173	177	180	179	182	181	180	177	1790	179.00	X							
4	Transportar a la limadora	8	10	10	12	8	11	12	10	11	8	100	10.00			X					
HOMBRE - MÁQUINA											Total=		2930	293.0							
											T. H=			114							
											F.D=		1								
											T.N=			114							
											Supl=		14	27							
											T.M=			179							
											T.E (s)=			320							
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias, T.H= Tiempo de Hombre, T.M= Tiempo de máquina																					

Tabla 108: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación de tochos - Paso 2


SANTA BÁRBARA EP																		
DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS													 Santa Bárbara EP					
HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													A&M-FJ01					
													Hoja 27 de 88					
													Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Limadora			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:			Planeado de superficie			Material:			Acero DF2			Término:		05/12/2019
				Pieza:			Platinas rectificadas			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:			ATI-2			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
N°	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Nivelar y ajustar platina en la mordaza			120	120	125	128	120	112	123	105	120	130	1203	120.30		X	
2	Posicionar la herramienta			279	260	300	278	250	259	254	268	258	277	2683	268.30		X	
3	Planear superficie de la primera cara			2110	1799	2118	1907	1761	1782	2088	1746	2134	1836	19281	1928.10	X		
4	Girar la placa			10	10	10	7	12	7	10	10	10	7	93	9.30		X	
5	Nivelar y ajustar platina en la mordaza			130	125	120	120	120	128	120	110	125	120	1218	121.80		X	
6	Planear superficie de la segunda cara			2260	1770	1799	2058	2163	2080	1769	2290	2036	2224	20449	2044.90	X		
7	Limpiar con aire y verificar medidas			41	36	34	41	41	45	40	46	38	39	401	40.10		X	
8	Transportar platina a la rectificadora			20	15	18	20	20	20	15	22	20	25	195	19.50			X
Total=													45523	4552.3				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.													F.D=	0.83				
													T.N=		3778			
													Supl=	14	529			
													T.E (s)=		4307			

Tabla 109: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación de tochos - Paso 3


<p style="text-align: center;">SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS</p>																		
													A&M-FJ01					
													Hoja 28 de 88					
													Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:	M. Convencional					Máquina:	Rectificadora					Comienzo:	10/08/2019	
				Operación:	Rectificado					Material:	Acero DF2					Término:	05/12/2019	
				Pieza:	Platinas rectificadas					Elaborado por:	Jorge Jaramillo					Clasificación de las actividades		
				Familia:	ATI-2					Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre							
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Limpiar residuos del líquido refrigerante			40	46	45	41	43	50	46	41	52	46	450	45.00		X	
2	Cuadrar la platina sobre la mesa magnética			50	55	60	42	45	55	55	40	50	50	502	50.20		X	
3	Prender el electroimán			5	4	5	5	6	6	5	4	4	6	50	5.00		X	
4	Rectificar superficie de la primera cara			380	365	377	360	388	355	360	365	365	372	3687	368.70	X		
5	Esperar el desenergizado de la mesa			20	20	18	18	20	18	22	17	20	20	193	19.30			X
6	Girar platina			10	12	12	7	10	7	7	10	12	10	97	9.70		X	
7	Cuadrar la platina sobre la mesa magnética			42	55	50	50	46	58	55	48	50	50	504	50.40		X	
8	Prender el electroimán			5	5	5	5	7	5	6	5	6	6	55	5.50		X	
9	Rectificar superficie de la segunda cara			360	375	365	395	365	368	375	380	360	360	3703	370.30	X		
10	Esperar el desenergizado de la mesa			20	18	26	25	20	25	20	20	22	16	212	21.20			X
11	Retirar platina de la mesa			15	15	10	10	12	10	7	10	12	15	116	11.60		X	
12	Limpiar con aire y verificar medidas			68	68	72	73	71	68	68	62	70	74	694	69.40		X	
													Total=	10263	1026.3			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.													F.D=	1.08				
													T.N=		1108			
													Supl=	14	156			
													T.E (s)=		1264			

Tabla 110: Hoja de Operaciones y Tiempos / Seguro del tambor - Paso 1


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01			
															Hoja 29 de 88			
															Edición: 01			
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI											Método: Cronometraje con vuelta a cero			
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			Mecanizado CNC			Máquina:			Electroerosionadora			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:			Corte por hilo			Material:			Acero DF2			Término:		05/12/2019
				Pieza:			Seguro del tambor			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:			ATI-2A			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Posicionar la punta de corte			39	47	47	44	40	36	48	46	42	42	431	43.1		X	
2	Corte CNC del seguro del tambor			2490	2529	2527	2456	2377	2398	2444	2483	2413	2530	24647	2464.7	X		
3	Retirar la pieza			6	6	7	6	5	6	7	7	5	7	62	6.2		X	
HOMBRE - MÁQUINA												Total=		25140	2514			
												T. H=		493	49			
												F.D=		1.07				
												T.N=			53			
												Supl=		12	6.36			
												T.M=		24647	2465			
												T.E (s)=			2524			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias, T.H= Tiempo de Hombre, T.M= Tiempo de máquina																		

Tabla 111: Hoja de Operaciones y Tiempos / Seguro del tambor - Paso 2


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01		
													Hoja 30 de 88					
													Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:				M. Convencional				Máquina:		Fresadora Universal #1		Comienzo:		10/08/2019
				Operación:				Fresado				Material:		Acero DF2		Término:		05/12/2019
				Pieza:				Seguro del tambor				Elaborado por:		Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades		
				Familia:				ATI-2A				Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre				
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Ajustar la pieza en la matriz			21	19	21	24	19	18	19	25	22	20	208	20.80		X	
2	Ranurar transversalmente extremos paralelos			206	229	224	200	211	201	228	229	206	226	2160	216.00	X		
3	Retirar pieza de la matriz			8	7	9	8	9	8	8	7	8	7	79	7.90		X	
4	Limpiar con aire y verificar medidas			22	22	25	24	21	18	20	20	22	21	215	21.50		X	
Total=													2662	266.2				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.													F.D=		1.13			
													T.N=			301		
													Supl=		14	42		
													T.E (s)=			343		

Tabla 112: Hoja de Operaciones y Tiempos / Bloque de retroceso - Paso 1


SANTA BÁRBARA EP																					
DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS													 Santa Bárbara EP								
HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													A&M-FJ01								
													Hoja 31 de 88								
													Edición: 01								
NOMBRE DEL PRODUCTO						Revólver Calibre .38 ATI							Método: Cronometraje con vuelta a cero								
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES						Área:		Mecanizado CNC			Máquina:		Electroerosionadora			Comienzo:	10/08/2019				
						Operación:		Corte por hilo			Material:		Acero DF2			Término:	05/12/2019				
						Pieza:		Bloque de retroceso			Elaborado por:		Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades					
						Familia:		ATI-2B			Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre								
N°	Actividades					T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Posicionar la punta de corte					46	42	40	47	45	48	43	46	43	39	439	43.9			X	
2	Corte CNC del bloque de retroceso					2448	2293	2474	2420	2353	2246	2255	2321	2383	2322	23515	2351.5	X			
3	Retirar la pieza					7	6	7	6	6	5	5	6	5	7	60	6			X	
															Total=	24014	2401.4				
															T. H=	499	49.9				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias, T.H= Tiempo de Hombre, T.M= Tiempo de máquina															F.D=	1.07					
															T.N=		53				
															Supl=	12	6				
															T.M=	23515	2352				
															T.E (s)=		2411				

Tabla 113: Hoja de Operaciones y Tiempos / Bloque de retroceso - Paso 2


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01												
NOMBRE DEL PRODUCTO													Revólver Calibre .38 ATI													Hoja 32 de 88		
													Método: Cronometraje con vuelta a cero													Edición: 01		
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES													Área: M. Convencional			Máquina: Fresadora Universal #1			Comienzo: 10/08/2019									
													Operación: Perforado			Material: Acero DF2			Término: 05/12/2019									
													Pieza: Bloque de retroceso			Elaborado por: Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades									
													Familia: ATI-2B			Aprobado por: Ing. Franklin Tigre												
Nº	Actividades											T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA		
1	Ajustar la pieza en la matriz											7	8	10	11	7	8	11	7	7	7	83	8.30		X			
2	Perforar con broca de centros											42	35	35	35	30	32	35	30	35	40	349	34.90	X				
3	Cambiar de broca											16	14	13	13	13	16	15	13	16	14	143	14.30		X			
4	Perforar longitudinalmente con broca de Ø 4.5 x 20mm											91	94	88	101	89	90	98	100	85	88	924	92.40	X				
5	Cambiar de broca											11	11	13	15	15	11	11	13	12	15	127	12.70		X			
6	Retirar pieza de la matriz											8	10	9	10	8	8	10	10	8	10	91	9.10		X			
7	Limpieza con aire											4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	38	3.80		X			
											Total=			1755	175.5													
											F.D=			1.19														
											T.N=			209														
											Supl=			14	29													
											T.E (s)=			238														
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.																												

Tabla 114: Hoja de Operaciones y Tiempos / Bloque de retroceso - Paso 3


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01			
													Hoja 33 de 88						
													Edición: 01						
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Fresadora Universal #1			Comienzo:		10/08/2019	
				Operación:			Fresado			Material:			Acero DF2			Término:		05/12/2019	
				Pieza:			Bloque de retroceso			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades			
				Familia:			ATI-2B			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre						
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Marcar el segmento a ser fresado			27	27	30	24	26	22	25	21	22	26	250	25.00		X		
2	Ajustar la pieza en la matriz			29	34	31	29	31	34	32	32	32	30	314	31.40		X		
3	Ranurar la pieza longitudinalmente x 10.8 mm			133	112	110	120	123	114	111	112	120	115	1170	117.00	X			
4	Retirar pieza de la matriz			10	11	13	13	11	12	13	12	12	10	117	11.70		X		
5	Limpiar con aire y verificar las medidas			25	22	18	20	20	20	28	25	20	22	220	22.00		X		
													Total=		2071	207.1			
													F.D=		1.13				
													T.N=			234			
													Supl=		14	33			
													T.E (s)=			267			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.																			

Tabla 115: Hoja de Operaciones y Tiempos / Elevador ATI - Paso 1


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01			
															Hoja 34 de 88			
															Edición: 01			
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI											Método: Cronometraje con vuelta a cero			
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			Mecanizado CNC			Máquina:			Electroerosionadora			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:			Corte por hilo			Material:			Acero DF2			Término:		05/12/2019
				Pieza:			Elevador ATI			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:			ATI-2C			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Posicionar la punta de corte			37	45	47	44	43	43	44	47	48	36	434	43.4		X	
2	Corte CNC de elevador ATI			1823	1852	1969	1898	2037	1953	2012	2032	1889	1865	19330	1933	X		
3	Retirar la pieza			5	5	5	6	6	7	6	5	5	55	5.5		X		
HOMBRE - MÁQUINA												Total=	19819	1981.9				
												T. H=	489	48.9				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias, T.H= Tiempo de Hombre, T.M= Tiempo de máquina												F.D=	1.07					
												T.N=		52				
												Supl=	12	6				
												T.M=	19330	1933				
												T.E (s)=		1992				

Tabla 116: Hoja de Operaciones y Tiempos / Elevador ATI - Paso 2


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01			
															Hoja 35 de 88			
															Edición: 01			
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:				M. Convencional		Máquina:			Fresadora Universal #2			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:				Fresado		Material:			Acero Inox			Termino:		05/12/2019
				Pieza:				Elevador ATI		Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:				ATI-2C		Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Ajustar la pieza en la matriz			54	52	54	54	54	52	51	51	55	50	527	52.70		X	
2	Planear superficie hasta alcanzar un ancho de 2.5 mm			317	323	320	323	319	316	323	322	321	325	3209	320.90	X		
3	Retirar pieza de la matriz			28	29	27	34	31	32	29	31	29	32	302	30.20		X	
4	Limpiar con aire y verificar medidas			22	27	21	25	26	26	25	21	22	23	238	23.80		X	
													Total=	4276	427.6			
													F.D=	1.13				
													T.N=		483			
													Supl=	14	68			
													T.E (s)=		551			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.																		

Tabla 117: Hoja de Operaciones y Tiempos / Gatillo - Paso 1


SANTA BÁRBARA EP																		
DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS													 Santa Bárbara EP					
HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													A&M-FJ01					
													Hoja 36 de 88					
													Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI									Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			Mecanizado CNC			Máquina:			Electroerosionadora			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:			Corte por hilo			Material:			Acero DF2			Término:		05/12/2019
				Pieza:			Gatillo			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:			ATI-2D			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
N°	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Posicionar la punta de corte			43	38	39	42	37	38	42	45	43	48	415	41.5		X	
2	Corte CNC del gatillo			5836	5760	5988	5979	5860	6127	5876	5938	5902	5945	59211	5921.1	X		
3	Retirar la pieza			7	6	6	7	6	7	7	7	7	7	67	6.7		X	
HOMBRE - MÁQUINA												Total=		59693	5969.3			
												T. H=		482	48			
												F.D=		1.07				
												T.N=			52			
												Supl=		12	6			
												T.M=		59211	5921			
												T.E (s)=			5979			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias, T.H= Tiempo de Hombre, T.M= Tiempo de máquina																		

Tabla 118: Hoja de Operaciones y Tiempos / Gatillo - Paso 2


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01			
													Hoja 37 de 88						
													Edición: 01						
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:				M. Convencional		Máquina:			Fresadora Universal #1			Comienzo:		10/08/2019	
				Operación:				Fresado		Material:			Acero DF2			Término:		05/12/2019	
				Pieza:				Gatillo		Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades			
				Familia:				ATI-2D		Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre						
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Ajustar la pieza en la matriz			15	18	15	15	15	18	16	18	16	16	162	16.20		X		
2	Perforar longitudinalmente en la cabeza del gatillo			250	228	245	230	240	215	240	237	200	203	2288	228.80	X			
3	Girar pieza en la matriz			15	17	18	17	19	14	16	19	17	16	168	16.80		X		
4	Perforar longitudinalmente bajo el disparador del martillo			368	392	395	390	370	375	366	370	369	300	3695	369.50	X			
5	Cambio de husillo y herramientas			162	-	-	-	-	-	-	-	-	-	162	10.80		X		
6	Ranurar la cabeza del gatillo			365	331	358	335	322	330	368	353	353	361	3476	347.60	X			
7	Girar pieza en la matriz			14	14	17	19	19	17	18	19	17	17	171	17.10		X		
8	Ranurar bajo el disparador del martillo			305	335	316	358	353	359	350	359	316	309	3360	336.00	X			
9	Retirar el gatillo de la matriz			7	5	5	6	7	6	5	6	5	6	58	5.80		X		
10	Limpiar con aire y verificar medidas			29	27	26	32	31	31	31	31	35	33	306	30.60		X		
													Total=		13846	1379			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,													F.D=		1.13				
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,													T.N=			1558			
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.													Supl=		14	218			
													T.E (s)=			1777			

Tabla 119: Hoja de Operaciones y Tiempos / Martillo - Paso 1


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01			
															Hoja 38 de 88			
															Edición: 01			
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI											Método: Cronometraje con vuelta a cero			
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			Mecanizado CNC			Máquina:			Electroerosionadora			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:			Corte por hilo			Material:			Acero DF2			Término:		05/12/2019
				Pieza:			Martillo			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:			ATI-2E			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Posicionar la punta de corte			39	45	46	45	44	47	36	41	36	47	426	42.6		X	
2	Corte CNC del martillo			7524	7305	7414	7572	7759	8007	7246	7522	7838	7765	75952	7595.2	X		
3	Retirar la pieza			5	6	5	6	6	5	7	6	5	6	57	5.7		X	
HOMBRE - MÁQUINA												Total=		76435	7643.5			
												T. H=		483	48.3			
												F.D=		1.07				
												T.N=			52			
												Supl=		12	6			
												T.M=		75952	7595			
												T.E (s)=			7653			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias, T.H= Tiempo de Hombre, T.M= Tiempo de máquina																		

Tabla 120: Hoja de Operaciones y Tiempos / Martillo - Paso 2




SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01			
													Hoja 39 de 88						
													Edición: 01						
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Fresadora Universal #1			Comienzo:		10/08/2019	
				Operación:			Fresado			Material:			Acero DF2			Término:		05/12/2019	
				Pieza:			Martillo			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades			
				Familia:			ATI-2E			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre						
N°	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Marcar el segmento a ser fresado			27	28	29	31	28	27	29	27	30	27	283	28.30		X		
2	Ajustar la pieza en la matriz			63	69	64	67	64	63	64	72	85	70	681	68.10		X		
3	Posicionar la herramienta			33	31	29	31	35	33	32	36	44	35	339	33.90		X		
4	Ranurar la pieza longitudinalmente			261	242	232	230	220	241	242	251	257	266	2442	244.20	X			
5	Retirar pieza de la matriz			22	23	23	25	20	18	23	22	22	22	220	22.00		X		
6	Limpiar con aire y verificar medidas			30	30	25	23	20	25	25	28	30	25	261	26.10		X		
													Total=		4226	422.6			
													F.D=		1.1				
													T.N=			465			
													Supl=		14	65			
													T.E (s)=			530			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.																			

Tabla 121: Hoja de Operaciones y Tiempos / Cerrojo frontal – Paso 1

SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01			
													Hoja 40 de 88						
													Edición: 01						
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Torno # 1			Comienzo:		10/08/2019	
				Operación:			Torneado			Material:			Acero plata			Término:		05/12/2019	
				Pieza:			Cerrojo frontal			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades			
				Familia:			ATI-3A			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre						
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Medir y Ajustar el largo del eje en la pinza			10	11	12	9	10	9	12	12	11	9	105	10.50		X		
2	Ajustar el contrapunto			12	15	14	11	14	12	15	12	13	15	133	13.30		X		
3	Cilindrar con diámetro de Ø 3.5 mm x 14 mm			189	189	185	200	184	208	202	191	188	191	1927	192.70	X			
4	Cambiar contrapunto por broca de Ø 2.4 mm			11	10	10	10	12	10	12	10	11	12	108	10.80		X		
5	Perforar axialmente el eje x 1 mm			14	11	14	15	10	12	11	15	11	13	126	12.60	X			
6	Cambio de herramienta			12	12	12	11	11	11	12	10	10	12	113	11.30		X		
7	Tronzar a la altura de 15 mm			38	33	33	31	35	33	38	31	32	31	335	33.50	X			
8	Limpiar con aire y Verificar medidas			49	51	55	50	45	51	52	54	52	52	511	51.10		X		
9	Girar la pieza y ajustar en la pinza			31	23	30	33	34	35	28	31	33	27	305	30.50		X		
10	Redondear el extremo con lima R= 1.75 mm			27	28	31	26	27	26	30	28	30	30	283	28.30	X			
11	Pulir el contorno			35	32	35	28	33	35	28	32	29	33	320	32.00	X			
12	Transportar a la fresadora universal			15	16	16	16	16	16	16	16	18	15	160	16.00			X	
													Total=		4426	442.6			
													F.D=		1.19				
													T.N=			527			
													Supl=		14	74			
													T.E (s)=			600			

T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.

Tabla 122: Hoja de Operaciones y Tiempos / Cerrojo frontal - Paso 2

SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01				
															Hoja 41 de 88				
															Edición: 01				
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:				M. Convencional			Máquina:			Fresadora universal # 1			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:				Fresado			Material:			Acero plata			Término:		05/12/2019
				Pieza:				Cerrojo frontal			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:				ATI-3A			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Ajustar pieza en la matriz			15	15	18	17	14	19	16	17	19	16	166	16.60		X		
2	Fresar transversalmente ranuras de 3 mm y 4.5 mm			192	188	181	181	180	191	188	173	191	195	1860	186.00	X			
3	Limpiar con aire y verificar medidas			13	14	14	14	13	11	11	14	14	11	129	12.90		X		
													Total=	2155	215.5				
													F.D=	1.13					
													T.N=		244				
													Supl=	14	34				
													T.E (s)=		278				

T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.

Tabla 123: Hoja de Operaciones y Tiempos / Percutor - Paso 1


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01		
													Hoja 42 de 88					
													Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Torno # 1			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:			Torneado			Material:			Acero plata			Término:		05/12/2019
				Pieza:			Percutor			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:			ATI-3B			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Medir y Ajustar el largo del eje en la pinza			12	12	11	9	10	9	10	12	11	12	108	10.80		X	
2	Cilindrar con diámetro de Ø 4.7 mm x 12.7 mm			48	53	46	54	53	50	53	53	51	50	511	51.10	X		
3	Cilindrar con diámetro de Ø 2 mm x 5.7 mm			40	34	35	36	37	40	35	35	34	40	366	36.60	X		
4	Limpiar con aire y verificar medidas			38	33	36	37	30	37	30	28	29	32	330	33.00		X	
5	Redondear el extremo con lima R= 1 mm			19	17	17	20	19	17	17	18	16	19	179	17.90	X		
6	Pulir el contorno			33	28	31	33	27	29	28	29	28	34	300	30.00	X		
7	Cambio de herramienta			12	12	12	10	8	8	10	12	10	7	101	10.10		X	
8	Tronzar a la altura de 12.7 mm			39	40	42	43	47	45	43	41	40	39	419	41.90	X		
12	Transportar a la fresadora universal			15	16	18	15	15	16	16	16	18	16	161	16.10			X
													Total=	2475	247.5			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,													F.D=	1.19				
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,													T.N=		295			
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.													Supl=	14	41			
													T.E (s)=		336			

Tabla 124: Hoja de Operaciones y Tiempos / Percutor - Paso 2

SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01			
															Hoja 43 de 88			
															Edición: 01			
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Fresadora universal # 1			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:			Fresado			Material:			Acero plata			Término:		05/12/2019
				Pieza:			Percutor			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:			ATI-3B			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Ajustar pieza en la matriz			15	15	19	17	14	19	16	17	19	16	167	16.70		X	
2	Fresar transversalmente ranura de 1.3 mm x 3.7 mm			95	83	94	87	81	85	90	92	82	84	873	87.30	X		
3	Limpiar con aire y verificar medidas			13	14	14	14	13	11	11	14	14	11	129	12.90		X	
													Total=	1169	116.9			
													F.D=	1.13				
													T.N=		132			
													Supl=	14	19			
													T.E (s)=		151			

T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.

Tabla 125: Hoja de Operaciones y Tiempos / Cilindro de retención - Paso 1


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01			
													Hoja 44 de 88						
													Edición: 01						
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Torno # 1			Comienzo:		10/08/2019	
				Operación:			Torneado			Material:			Acero DF2			Término:		05/12/2019	
				Pieza:			Cilindro retención B.			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades			
				Familia:			ATI-3C			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre						
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Medir y Ajustar el largo del eje			10	8	10	8	8	9	9	9	8	10	89	8.90		X		
2	Refrentar la base del eje x 3mm			27	24	27	26	26	27	25	25	26	26	259	25.90	X			
3	Cilindrar con diámetro de Ø 11 mm x 8 mm			79	67	73	72	74	72	73	73	73	75	731	73.10	X			
4	Ajustar el contrapunto			10	8	8	10	8	10	9	10	9	9	91	9.10		X		
5	Perforar base del eje con broca Ø 5 mm x 8 mm			19	15	20	18	21	20	18	16	18	18	183	18.30	X			
6	Perder arista vida			6	4	6	4	5	5	4	5	4	5	48	4.80	X			
7	Cambiar la herramienta			13	8	8	10	12	12	10	10	8	12	103	10.30		X		
8	Tronzar a la altura de 9 mm			25	27	23	23	23	25	25	24	30	25	250	25.00	X			
9	Trasportar a la CNC de corte por hilo			60	53	58	53	60	57	59	59	56	53	568	56.80			X	
													Total=		2322	232.2			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,													F.D=		1.19				
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,													T.N=			276			
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.													Supl=		14	39			
													T.E (s)=			315			

Tabla 126: Hoja de Operaciones y Tiempos / Cilindro de retención - Paso 2


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01						
															Hoja 45 de 88						
															Edición: 01						
NOMBRE DEL PRODUCTO							Revólver Calibre .38 ATI							Método: Cronometraje con vuelta a cero							
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES							Área:			Mecanizado CNC			Máquina:			Electroerosionadora			Comienzo:		10/08/2019
							Operación:			Corte por hilo			Material:			Acero DF2			Término:		05/12/2019
							Pieza:			Cilindro retención B.			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
							Familia:			ATI-3C			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades						T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Colocar cilindro en la matriz						7	5	7	5	6	6	5	6	6	6	59	5.9		X	
2	Calibrar el Hilo de corte						60	43	57	46	50	58	44	44	43	53	498	49.8		X	
3	Esperar centrado automático						135	122	125	128	123	127	122	133	134	135	1284	128.4			X
4	Corte CNC de la chaveta						770	675	745	750	714	706	737	721	768	719	7305	730.5	X		
5	Retiro de la pieza						7	5	5	5	5	6	5	7	6	5	56	5.6		X	
HOMBRE - MÁQUINA											Total=		9202	920.2							
											T. H=		115	61.2							
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias, T.H= Tiempo de Hombre, T.M= Tiempo de máquina											F.D=		1								
											T.N=			61.2							
											Supl=		12	7.3							
											T.M=		8589	859							
											T.E (s)=			928							

Tabla 127: Hoja de Operaciones y Tiempos / Cilindro de retención - Paso 3


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP					
													A&M-FJ01					
													Hoja 46 de 88					
													Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Torno # 1			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:			Acabados			Material:			Acero DF2			Término:		05/12/2019
				Pieza:			Cilindro retención B.			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:			ATI-3C			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Ajustar la pieza en la matriz			35	35	47	30	30	36	35	30	30	35	343	34.30		X	
2	Refrentar base del cilindro x 2 mm			23	25	25	25	25	30	25	26	28	25	257	25.70	X		
3	Cilindrar con diámetro de Ø 9.6 mm y ajuste de apriete			62	56	65	60	60	65	60	70	52	69	619	61.90	X		
4	Perder arista viva y pulir el contorno			22	29	26	23	23	28	25	29	22	27	254	25.40	X		
5	Limpiar con aire y verificar medidas			58	60	65	68	42	60	65	52	55	58	583	58.30		X	
6	Verificar funcionalidad con un patrón			15	7	10	15	15	15	10	15	10	10	122	12.20		X	
Total=													2178	217.8				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.													F.D=		1.22			
													T.N=			266		
													Supl=		14	37		
													T.E (s)=			303		

Tabla 128: Hoja de Operaciones y Tiempos / Placa principal del muelle

SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS														 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01		
														Hoja 47 de 88					
														Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Troqueladora #1			Comienzo:		10/08/2019	
				Operación:			Troquelado			Material:			Tol comercial			Término:		05/12/2019	
				Pieza:			Placa principal muelle			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades			
				Familia:			ATI-4A			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre						
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Posicionar la platina en el troquel			3	4	4	3	4	4	3	5	4	5	39	3.90		X		
2	Accionar la prensa			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30	3.00	X			
3	Retirar la pieza			5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	48	4.80		X		
Total=														117	11.7				
F.D=														1.08					
T.N=															13				
Supl=														14	2				
T.E (s)=															15				

T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.

Tabla 129: Hoja de Operaciones y Tiempos / Tapa lateral - Paso 1


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01				
															Hoja 48 de 88				
															Edición: 01				
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Troqueladora #1			Comienzo:		10/08/2019	
				Operación:			Troquelado			Material:			Acero A588			Término:		05/12/2019	
				Pieza:			Tapa lateral			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades			
				Familia:			ATI-4B			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre						
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Posicionar la platina en el troquel			5	5	4	4	4	3	3	3	4	5	40	4.00		X		
2	Accionar la prensa			4	5	5	5	6	7	7	5	5	4	53	5.30	X			
3	Retirar la pieza			4	4	3	5	4	5	5	5	4	5	44	4.40		X		
4	Transportar a la fresadora # 2			35	35	38	40	40	42	40	38	35	45	388	38.80			X	
													Total=		525	52.5			
													F.D=		1.08				
													T.N=			57			
													Supl=		14	8			
													T.E (s)=			65			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.																			

Tabla 130: Hoja de Operaciones y Tiempos / Tapa lateral - Paso 2



SANTA BÁRBARA EP																		
DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS													 Santa Bárbara EP					
HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													A&M-FJ01					
													Hoja 49 de 88					
													Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Fresadora Universal #2			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:			Fresado			Material:			Acero A588			Término:		05/12/2019
				Pieza:			Tapa lateral			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:			ATI-4B			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
N°	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Ajustar pieza en la matriz			10	10	10	9	15	12	10	10	12	12	110	11.00	X		
2	Fresar ranura de 13 mm de diámetro x 44.5 mm			420	415	385	400	400	410	415	420	420	415	4100	410.00	X		
3	Limpiar con aire			5	5	5	5	6	5	5	8	5	5	54	5.40	X		
4	Retirar pieza de la matriz			8	5	6	6	5	7	5	5	8	5	60	6.00	X		
Total=													4324	432.4				
F.D=													1.05					
T.N=													454					
Supl=													14	64				
T.E (s)=													518					
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.																		

Tabla 131: Hoja de Operaciones y Tiempos / Pin central Principal del martillo

SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01			
															Hoja 50 de 88			
															Edición: 01			
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Troqueladora #1			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:			Troquelado			Material:			Acero DF2			Término:		05/12/2019
				Pieza:			Pin central P. martillo			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:			ATI-4C			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Posicionar la platina en el troquel			4	4	4	5	3	4	3	4	4	5	40	4.00		X	
2	Accionar la prensa			3	3	3	5	3	4	3	3	4	3	34	3.40	X		
3	Retirar la pieza			4	5	4	3	3	5	5	5	4	5	43	4.30		X	
													Total=	117	11.7			
													F.D=	1.08				
													T.N=		13			
													Supl=	14	2			
													T.E (s)=		15			

T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.

Tabla 132: Hoja de Operaciones y Tiempos / Seguro del pulgar - Paso 1


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01			
													Hoja 51 de 88						
													Edición: 01						
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:				M. Convencional				Máquina:		Fresadora universal # 1		Comienzo:		10/08/2019	
				Operación:				Fresado				Material:		Acero DF2		Término:		05/12/2019	
				Pieza:				Seguro del pulgar				Elaborado por:		Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades			
				Familia:				ATI-5A				Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Nivelar y ajustar barra en la mordaza			51	53	52	48	47	56	55	54	52	51	519	51.90		X		
2	Planear la cara superior de la barra a sobre medida			272	278	267	296	277	289	262	270	276	276	2763	276.30	X			
3	Fresar longitudinalmente perfiles paralelos de la barra			401	385	403	386	385	387	411	407	416	404	3985	398.50	X			
4	Verificar las medidas del tocho			33	39	38	36	40	33	32	33	34	34	352	35.20		X		
5	Fresar transversalmente ranuras de 15 mm cada 9mm			1240	1295	1281	1253	1284	1269	1202	1294	1216	1221	12555	1255.50	X			
6	Limpiar con aire y verificar medidas			33	38	31	44	39	33	42	35	39	36	370	37.00		X		
7	Cambio de herramienta			25	25	23	24	22	24	25	22	25	25	240	24.00		X		
8	Perforar con diámetro de Ø 3 mm cada 14.6 mm			237	220	217	213	229	211	241	229	269	239	2305	230.50	X			
9	Cambio de herramienta			20	16	18	20	15	19	19	20	17	15	179	17.90		X		
10	Girar y nivelar la barra			50	52	59	55	47	57	45	58	49	59	531	53.10		X		
11	Avellanar el orificio a Ø 5.5mm			248	244	265	252	270	246	252	253	248	269	2547	254.70	X			
12	Trasporte a la mesa de corte			20	20	18	18	19	22	20	20	22	18	197	19.70			X	
13	Cortar a 7.6 mm del centro cada perforación			326	294	301	296	360	326	283	340	351	333	3210	321.00	X			
													Total=		29753	2975.3			
													F.D=		1.13				
													T.N=			3362			
													Supl=		14	471			
													T.E (s)=			3833			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.																			
Cantidad: 6 unidades																			

Tabla 133: Hoja de Operaciones y Tiempos / Seguro del pulgar - Paso 2


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01		
													Hoja 52 de 88					
													Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:				M. Convencional				Máquina:		Fresadora universal # 1		Comienzo:		10/08/2019
				Operación:				Redondeo				Material:		Acero DF2		Término:		05/12/2019
				Pieza:				Seguro del pulgar				Elaborado por:		Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades		
				Familia:				ATI-5A				Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre				
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Ajustar el tocho en la matriz del plato giratorio			38	30	32	31	32	38	34	34	36	30	335	33.50		X	
2	Redondeo cóncavo del primer detalle R 10.5 mm			41	37	37	38	38	39	37	40	38	41	386	38.60	X		
3	Redondeo convexo del segundo detalle R 4 mm			64	55	55	59	55	60	60	63	58	60	589	58.90	X		
4	Cambio de herramienta			24	23	25	23	20	22	21	23	25	21	227	22.70		X	
5	Limpiar con aire y verificar medidas			70	71	66	62	62	65	70	66	61	63	656	65.60		X	
6	Fresar extremos paralelos y redondear detalle R 1.75 mm			192	202	190	195	201	199	192	191	194	188	1944	194.40	X		
7	Cambio de herramienta			25	22	22	24	18	22	16	23	18	17	207	20.70		X	
8	Redondear extremos de la pieza R 10.5mm y R 4 mm			140	124	139	140	129	122	141	128	136	132	1331	133.10	X		
9	Retirar pieza de la matriz			20	15	18	20	20	20	16	15	20	20	184	18.40		X	
Total=													5859	585.9				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,													F.D=		1.07			
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,													T.N=			627		
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.													Supl=		14	88		
													T.E (s)=			715		

Tabla 134: Hoja de Operaciones y Tiempos / Mira


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS														 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01		
														Hoja 53 de 88					
														Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:				M. Convencional				Máquina:		Fresadora universal # 1		Comienzo:		10/08/2019	
				Operación:				Fresado				Material:		Acero DF2		Término:		05/12/2019	
				Pieza:				Mira				Elaborado por:		Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades			
				Familia:				ATI-5B				Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Nivelar y ajustar barra en la mordaza			51	43	46	47	49	49	44	46	51	45	471	47.10		X		
2	Fresar longitudinalmente caras de la barra 7.2 * 6.5 mm			411	353	365	379	365	416	414	386	357	418	3864	386.40	X			
3	Fresar chaveta y acanalar la barra R 2 mm			426	427	436	406	457	431	457	455	460	427	4382	438.20	X			
4	Limpiar con aire y verificar medidas			15	16	18	17	17	22	19	21	19	20	184	18.40		X		
5	Trasportar a la mesa de corte			18	20	18	20	20	22	20	20	22	19	199	19.90			X	
6	Ajustar en la entenalla			5	8	8	5	8	8	8	8	5	5	68	6.80		X		
7	Cortar la barra cada 27 mm			239	270	260	213	251	270	220	230	262	271	2486	248.60	X			
Total=														11654	1165.4				
F.D=														1.08					
T.N=															1259				
Supl=														14	176				
T.E (s)=															1435				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.																			
Cantidad: 6 unidades																			

Tabla 135: Hoja de Operaciones y Tiempos / Fiador


<p style="text-align: center;">SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS</p>														 <p style="text-align: right;">Santa Bárbara EP</p>					
														A&M-FJ01					
														Hoja 54 de 88					
														Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Fresadora universal # 2			Comienzo:		10/08/2019	
				Operación:			Fresado			Material:			Acero DF2			Término:		05/12/2019	
				Pieza:			Fiador			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades			
				Familia:			ATI-5C			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre						
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Nivelar y ajustar barra en la mordaza			59	64	65	65	73	67	72	72	64	72	673	67.30		X		
2	Planear la cara superior de la barra a sobre medida			366	358	372	345	382	385	388	377	341	340	3654	365.40	X			
3	Fresar longitudinalmente caras de la barra 7 mm x 7 mm			1080	1065	1088	1083	1038	1077	1046	1077	1077	1023	10654	1065.40	X			
4	Fresar transversalmente las caras paralelas de la barra			703	698	708	699	710	701	693	703	680	683	6978	697.80	X			
5	Limpiar con aire y verificar medidas			60	60	62	64	57	59	71	65	55	63	616	61.60		X		
6	Inclinar la barra a 12° en la mordaza			74	72	74	68	73	69	70	74	71	76	721	72.10		X		
7	Fresar rampa de la pieza			61	62	64	80	69	62	66	77	61	73	675	67.50	X			
8	Transportar a la meza de corte			13	15	15	15	15	12	15	15	16	16	147	14.70			X	
9	Cortar el tocho a la mitad			47	42	37	44	40	47	44	37	41	42	421	42.10	X			
10	Redondear manualmente detalle del fiador R= 9.7 mm			793	789	770	771	764	771	771	779	764	788	7760	776.00	X			
11	Verificar medidas			58	50	51	60	57	54	53	50	47	51	531	53.10		X		
Total=														32830	3283				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.														F.D=		1.08			
														T.N=			3546		
														Supl=		14	496		
														T.E (s)=			4042		
Cantidad: 2 unidades																			

Tabla 136: Hoja de Operaciones y Tiempos / Liberador del eje central


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS														 Santa Bárbara EP				
														A&M-FJ01				
														Hoja 55 de 88				
														Edición: 01				
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:		M. Convencional			Máquina:		Fresadora universal # 2			Comienzo:	10/08/2019			
				Operación:		Fresado			Material:		Acero DF2			Término:	05/12/2019			
				Pieza:		Liberador eje central			Elaborado por:		Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades				
				Familia:		ATI-5D			Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre							
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Nivelar y ajustar la barra en la mordaza			52	67	70	59	65	55	54	71	64	66	623	62.30		X	
2	Fresar longitudinalmente caras de la barra 12 x 140 mm			960	840	861	881	823	906	847	842	804	948	8712	871.20	X		
3	Fresar longitudinalmente perfiles paralelos de la barra			487	378	420	440	475	437	482	465	449	479	4512	451.20	X		
4	Fresar transversalmente ranuras de 29 mm cada 3mm			1440	1920	1504	1915	1644	1859	1735	1441	1901	1641	17000	1700.00	X		
5	Limpiar con aire y verificar medidas			35	32	33	34	34	35	35	35	35	32	340	34.00		X	
6	Girar y nivelar la barra en la mordaza			65	50	52	58	55	58	60	63	59	64	584	58.40		X	
7	Fresar longitudinalmente en escuadra 3mm			811	902	847	833	861	871	893	837	876	831	8562	856.20	X		
8	Verificar medidas			55	40	30	35	52	30	35	40	41	48	406	40.60		X	
9	Transportar al área de corte			15	15	16	16	16	13	15	15	14	15	150	15.00			X
10	Ajustar barra en la entenalla			12	10	11	12	12	12	11	12	11	11	114	11.40		X	
11	Cortar la barra cada 35 mm			195	224	210	224	176	200	210	180	224	184	2027	202.70	X		
12	Limar rebabas de la pieza			80	128	80	120	88	104	104	88	92	88	972	97.20	X		
13	Verificar medidas			35	40	40	40	35	35	35	30	30	30	350	35.00		X	
Total=														44352	4435.2			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,														F.D=	1.05			
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,														T.N=		4657		
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.														Supl=	14	652		
Cantidad: 4 unidades														T.E (s)=		5309		

Tabla 137: Hoja de Operaciones y Tiempos / Anillo separador del extractor



SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01			
													Hoja 56 de 88						
													Edición: 01						
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:				M. Convencional				Máquina:		Torno # 1		Comienzo:		10/08/2019	
				Operación:				Torneado				Material:		Acero plata		Término:		05/12/2019	
				Pieza:				Anillo separador extr.				Elaborado por:		Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades			
				Familia:				ATI-6A				Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Medir y Ajustar el largo del eje			22	17	19	23	20	18	19	22	19	16	195	19.50		X		
2	Refrentar la base del eje			8	8	9	10	7	6	8	10	7	9	82	8.20	X			
3	Ajustar el contrapunto			14	11	12	11	11	11	15	14	12	11	122	12.20		X		
4	Perforar base del eje con broca Ø 4 mm x 3.4 mm			15	16	14	17	14	17	16	15	16	17	157	15.70	X			
5	Cambiar de broca			12	10	11	11	10	10	12	11	11	11	109	10.90		X		
6	Perforar base del eje con broca Ø 5 mm x 1 mm			7	10	10	9	7	10	10	9	9	10	91	9.10	X			
7	Perder arista viva y pulir el contorno			7	11	7	9	9	10	7	8	9	9	86	8.60	X			
8	Cilindrar con diámetro de Ø 6.2 mm x 1.8 mm			27	27	25	25	22	22	23	27	24	25	247	24.70	X			
9	Cambiar la herramienta			14	12	12	8	9	10	10	8	14	12	109	10.90		X		
10	Tronzar a la altura de 3.4 mm			25	27	23	26	24	23	23	27	26	25	249	24.90	X			
													Total=		1447	144.7			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,													F.D=		1.19				
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,													T.N=			172			
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.													Supl=		14%	24			
													T.E (s)=			196			

Tabla 138: Hoja de Operaciones y Tiempos / Eje del brazo del Tambor

SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01			
													Hoja 57 de 88						
													Edición: 01						
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:				M. Convencional		Máquina:			Torno # 1			Comienzo:		10/08/2019	
				Operación:				Torneado		Material:			Acero plata			Término:		05/12/2019	
				Pieza:				Eje del brazo tambor		Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades			
				Familia:				ATI-6B		Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre						
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Medir y ajustar el largo del eje			11	11	10	12	9	11	12	12	9	12	109	10.90		X		
2	Tronzar el eje a una altura de 45 mm			70	63	67	76	64	66	68	67	71	68	680	68.00	X			
3	Ajustar el eje del brazo en la pinza			23	25	23	23	24	24	24	25	25	25	241	24.10		X		
4	Refrentar la base del eje y chaflanar a 1.5 mm x 45 °			59	67	64	65	67	64	64	56	63	58	627	62.70	X			
5	Ajustar el contrapunto			16	18	21	16	21	17	18	17	19	21	184	18.40		X		
6	Cambiar de broca			72	69	69	74	73	69	74	68	74	69	711	71.10		X		
7	Perforar axialmente el cilindro con Ø 2.7 mm x 25mm			427	427	406	405	394	366	367	424	374	400	3990	399.00	X			
8	Cambiar la herramienta			12	12	12	12	11	10	11	12	10	11	113	11.30		X		
9	Ranurado trapezoidal a 4mm de la base del eje			32	34	38	41	33	33	40	41	33	42	367	36.70	X			
10	Limpiar con aire y verificar medidas			23	22	20	26	25	26	21	20	28	27	238	23.80		X		
11	Retirar pieza de la mordaza			5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	48	4.80		X		
													Total=		7308	731			
													F.D=		0.89				
													T.N=			650			
													Supl=		16 %	104			
													T.E (s)=			754			

T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.

Tabla 139: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación del tocho / Cañón - Paso 1



SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01			
															Hoja 58 de 88			
															Edición: 01			
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:		M. Convencional			Máquina:		Cierra de vaivén			Comienzo:		10/08/2019		
				Operación:		Corte			Material:		Acero Cr. Mb			Término:		05/12/2019		
				Pieza:		Cañón			Elaborado por:		Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades				
				Familia:		ATI-6C			Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre							
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Traer el material de bodega			65	60	75	50	68	60	55	55	60	40	588	58.80			X
2	Colocar en la mordaza y ajustar el largo del eje			51	47	53	51	45	50	47	49	50	50	493	49.30		X	
3	Cortar el eje a una longitud total de 108 mm			219	217	217	218	221	215	215	220	216	219	2177	217.70	X		
4	Transportar al torno Universal #1			12	12	14	12	10	10	11	10	10	10	111	11.10			X
HOMBRE - MÁQUINA												Total=		3369	336.9			
												T. H=			120			
												F.D=		1				
												T.N=			120			
												Supl=		14	17			
												T.M=			217			
												T.E (s)=			354			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias, T.H= Tiempo de Hombre, T.M= Tiempo de máquina																		

Tabla 140: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación del tocho / Cañón - Paso 2

SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01			
															Hoja 59 de 88			
															Edición: 01			
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:				M. Convencional		Máquina:			Torno # 1		Comienzo:	10/08/2019		
				Operación:				Desbaste de material		Material:			Acero Cr. Mb		Término:	05/12/2019		
				Pieza:				Cañón		Elaborado por:			Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades			
				Familia:				ATI-6C		Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Ajustar eje en la pinza			12	10	10	10	12	10	10	9	12	12	107	10.70		X	
2	Refrentar el eje x 3 mm			24	30	30	25	30	24	29	26	26	29	273	27.30	X		
3	Verificar medidas y ajustar el largo del eje en la pinza			33	34	38	32	32	34	33	36	34	38	344	34.40		X	
4	Cilindrar hasta mantener un diámetro de Ø 19mm * 51 mm			179	185	178	175	182	182	184	182	182	176	1805	180.50	X		
5	Verificar medidas del eje			11	11	10	13	11	11	12	13	12	12	116	11.60		X	
6	Cambiar de pinza			16	16	16	14	14	15	17	16	17	16	157	15.70		X	
7	Ajustar el eje en la pinza			22	20	16	18	21	22	20	16	19	19	193	19.30		X	
8	Refrentar el eje x 3 mm			29	24	28	25	26	28	25	29	28	29	271	27.10	X		
9	Cilindrar hasta mantener un diámetro de Ø 19mm * 51 mm			183	184	183	182	181	180	181	183	175	184	1816	181.60	X		
10	Verificar medidas del eje			11	13	11	12	11	13	11	12	10	10	114	11.40		X	
11	Cilindrar hasta mantener un diámetro de Ø 14mm * 18 mm			40	39	39	38	35	36	35	37	36	38	373	37.30	X		
12	Desaparecer la arista del diámetro interno			5	6	5	7	5	7	7	7	5	5	59	5.90	X		
13	Limpieza con aire			10	8	10	8	7	8	8	7	8	8	82	8.20		X	
													Total=	5710	571			
													F.D=	1.13				
													T.N=		645			
													Supl=	16	90			
													T.E (s)=		736			

T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.

Tabla 141: Hoja de Operaciones y Tiempos / Cañón - Paso 3


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01 Hoja 60 de 88 Edición: 01		
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área: M. Convencional			Máquina: Torno # 1			Comienzo: 10/08/2019								
				Operación: Acabados			Material: Acero Cr. Mb			Término: 05/12/2019								
				Pieza: Cañón			Elaborado por: Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades								
				Familia: ATI-6C			Aprobado por: Ing. Franklin Tigre											
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Ajustar el cañón en la matriz			60	67	67	66	65	65	67	62	61	68	648	64.80		X	
2	Fijar el contrapunto			7	11	10	7	10	9	8	7	10	7	86	8.60		X	
3	Cilindrar hasta mantener un diámetro de Ø 12.6 x 3 mm			159	155	165	158	158	164	167	159	160	164	1609	160.90	X		
4	Verificar el diámetro del cilindrado			12	11	10	12	12	10	11	12	10	11	111	11.10		X	
5	Cilindrar el eje hasta mantener un diámetro de Ø 18 mm			350	348	345	331	354	337	350	343	354	341	3453	345.30	X		
6	Verificar el diámetro del cañón			20	16	16	20	19	15	15	20	19	17	177	17.70		X	
7	Pulir la superficie del cañón			143	134	150	150	144	142	146	134	135	143	1421	142.10	X		
8	Cambio de herramienta			76	73	78	73	79	79	70	78	74	80	760	76.00		X	
9	Roscar base del cañón con medida M14 X 1			199	193	201	192	192	197	199	197	198	195	1963	196.30	X		
10	Comprobar medida de la rosca con la galga cuenta hilos			4	5	5	5	6	5	6	5	6	5	52	5.20		X	
11	Cepillar las rebabas de la rosca			30	30	31	34	32	30	33	34	34	32	320	32.00	X		
12	Sacar cañón de la matriz			21	20	20	22	22	24	20	22	21	24	216	21.60		X	
13	Verificar funcionamiento con un patrón			12	10	12	11	12	10	10	10	10	12	109	10.90		X	
Total=													10925	1092.5				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,													F.D=	1.13				
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,													T.N=		1235			
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.													Supl=	16 %	173			
													T.E (s)=		1407			

Tabla 142: Hoja de Operaciones y Tiempos / Cañón - Paso 4


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS														 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01		
														Hoja 61 de 88					
														Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Torno # 1			Comienzo:		10/08/2019	
				Operación:			Conformado Bocacha			Material:			Acero Cr. Mb			Término:		05/12/2019	
				Pieza:			Cañón			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades			
				Familia:			ATI-6C			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre						
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Ajustar el cañón en la pinza			48	41	40	46	43	42	42	41	43	49	435	43.50		X		
2	Avellanar la base del cañón del a 60° x 3.5 mm			66	66	65	71	75	75	63	72	74	76	703	70.30	X			
3	Perder arista del diámetro exterior a 45°			24	24	27	23	28	20	21	24	24	22	237	23.70	X			
4	Girar el cañón y ajustar en la pinza			17	20	19	14	17	17	13	19	20	12	168	16.80		X		
5	Mandrinar bocacha del cañón			86	95	83	90	84	86	90	84	89	88	875	87.50	X			
6	Retirar cañón de la pinza			16	17	15	15	18	17	18	15	18	15	164	16.40		X		
7	Verificar medidas de plano			26	21	26	25	22	22	24	26	25	25	242	24.20		X		
Total=														2824	282.4				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,														F.D=	1.13				
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,														T.N=		319			
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.														Supl=	16 %	45			
T.E (s)=															364				

Tabla 143: Hoja de Operaciones y Tiempos / Cilindro de parada del brazo


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01		
													Hoja 62 de 88					
													Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Torno # 1			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:			Torneado			Material:			Acero plata			Término:		05/12/2019
				Pieza:			Cilindro de parada Br.			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:			ATI-6D			Aprobado por:			Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Medir y Ajustar el largo del eje			19	18	17	19	18	17	19	18	17	19	181	18.10		X	
2	Refrentar la base del eje x 3mm			35	34	29	34	32	32	34	29	35	35	329	32.90	X		
3	Cilindrar el eje a un diámetro de Ø 6 mm x 17 mm			28	32	30	30	27	34	30	29	31	27	298	29.80	X		
4	Cilindrar con diámetro de Ø 2.6 mm x 13.5 mm			63	59	58	59	60	61	65	62	61	60	608	60.80	X		
5	Cilindrar con diámetro de Ø 1.6 mm x 1.5 mm			27	29	22	23	25	24	29	28	25	27	259	25.90	X		
6	Ranurar con diámetro de Ø 2.3 mm a la altura de plano			37	36	40	42	40	40	40	39	39	38	391	39.10	X		
7	Perder la arista viva y pulir contorno			12	11	12	10	9	10	13	11	11	10	109	10.90	X		
8	Verificar funcionalidad con un patrón			15	28	22	12	28	13	27	19	22	28	214	21.40		X	
9	Cambiar la herramienta			8	8	9	13	10	11	10	9	14	13	105	10.50		X	
10	Tronzar a la altura de 15 mm			69	63	62	68	64	62	71	69	66	68	662	66.20	X		
Total=													3156	315.6				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,													F.D=	1.19				
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,													T.N=		376			
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.													Supl=	14 %	53			
													T.E (s)=		428			

Tabla 144: Hoja de Operaciones y Tiempos / Eje principal del tambor - Paso 1


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01		
													Hoja 63 de 88					
													Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero				
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Torno # 1			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:			Torneado			Material:			Acero 705			Término:		05/12/2019
				Pieza:			Eje principal tambor			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:			ATI-6E			Aprobado por:			Ing. Franklin tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Medir y ajustar el largo de la varilla en la pinza			9	12	10	12	9	11	12	9	12	9	105	10.50		X	
2	Tronzar la varilla a una longitud total de 70 mm			60	53	57	55	61	53	54	61	54	57	565	56.50	X		
3	Ajustar el eje en la pinza			22	21	20	20	22	22	22	23	21	21	214	21.40		X	
4	Refrentado la base del eje y redondeo de la arista			61	56	56	66	68	57	56	59	66	63	608	60.80	X		
5	Ajustar el contrapunto			19	19	15	20	17	15	17	21	19	17	179	17.90		X	
6	Perforar axialmente el eje con broza de centros			8	10	6	7	9	7	9	10	7	6	79	7.90	X		
7	Cilindrar con diámetro de Ø 5 mm x 51mm			307	319	341	330	329	298	313	340	339	326	3242	324.20	X		
8	Cilindrar con diámetro de Ø 4.8 mm x 9mm			39	44	37	42	40	40	39	44	39	37	401	40.10	X		
9	Limpiar con aire y verificar medidas			44	45	50	49	46	54	44	42	55	54	483	48.30		X	
10	Girar el eje y ajustar en la pinza			22	26	22	22	26	25	25	27	26	22	243	24.30		X	
11	Cilindrar con diámetro de Ø 4 mm x 17 mm			113	128	116	122	123	116	126	120	124	114	1202	120.20	X		
12	Cilindrar con diámetro de Ø 3.8 mm x 7mm			28	26	27	25	29	29	25	29	29	26	273	27.30	X		
Total=													7594	759				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.													F.D=		1.22			
													T.N=			926		
													Supl=		16 %	148		
													T.E (s)=			1075		

Tabla 145: Hoja de Operaciones y Tiempos / Eje principal del tambor - Paso 2


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01												
NOMBRE DEL PRODUCTO													Revólver Calibre .38 ATI													Hoja 64 de 88		
																										Edición: 01		
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES													Área: M. Convencional			Máquina: Torno # 1			Comienzo: 10/08/2019									
													Operación: Acabados			Material: Acero 705			Término: 05/12/2019									
													Pieza: Eje principal tambor			Elaborado por: Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades									
													Familia: ATI-6E			Aprobado por: Ing. Franklin tigre												
Nº	Actividades	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA												
1	Ajustar el eje en la pinza	10	10	10	12	9	11	12	9	12	9	105	10.40		X													
2	Cambio de herramienta	12	12	10	10	10	11	13	10	10	10	108	10.80		X													
3	Roscado del eje M4 x 0.7 UNF DER. x 7 mm	267	249	255	278	299	275	264	282	276	284	2729	272.90	X														
4	Comprobar medida de la rosca con la galga cuenta hilos	50	48	50	46	58	52	59	50	46	51	510	51.00		X													
5	Girar el eje y ajustar en la pinza	25	23	26	22	25	22	27	27	23	27	247	24.70		X													
6	Cambio de herramienta	11	11	11	10	12	11	11	12	11	11	111	11.10		X													
7	Moletear con RGE 0.8 x 60° DIN82 x 9 mm	52	48	53	54	46	45	53	54	51	53	509	50.90	X														
8	Retirar el eje de la pinza	5	4	5	5	6	4	6	6	4	5	50	5.00		X													
Total=												4369	436.80															
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,												F.D=	1.22															
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,												T.N=		533														
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.												Supl=	16 %	85														
T.E (s)=													618															

Tabla 146: Hoja de Operaciones y Tiempos / Pin central de la estrella


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01			
													Hoja 65 de 88						
													Edición: 01						
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Torno # 1			Comienzo:		10/08/2019	
				Operación:			Torneado			Material:			Acero plata			Término:		05/12/2019	
				Pieza:			Pin Central Estrella			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades			
				Familia:			ATI-6F			Aprobado por:			Ing. Franklin tigre						
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Medir y Ajustar el largo del eje en la pinza			15	18	14	18	17	17	17	13	13	14	156	15.60		X		
2	Refrentar la base del eje x 3mm			18	21	20	24	24	21	18	21	20	17	204	20.40	X			
3	Cilindrar con diámetro de Ø 3.3 mm x 15mm			174	171	155	145	160	159	145	149	161	164	1583	158.30	X			
4	Cilindrar con diámetro de Ø 3 mm x 11.7 mm			96	90	98	97	107	109	100	99	109	90	995	99.50	X			
5	Cambiar la herramienta			8	6	7	6	7	6	8	6	6	8	68	6.80		X		
6	Ranurar con radio R 0.5 mm a la altura del plano			31	23	21	26	21	31	22	29	31	27	262	26.20	X			
7	Verificar medidas del pin			38	34	29	31	29	29	24	30	38	34	316	31.60		X		
8	Perder la arista viva y pulir el contorno			98	100	87	76	94	91	83	83	77	82	871	87.10	X			
9	Verificar funcionalidad con un patrón			37	28	36	25	35	27	34	30	32	24	308	30.80		X		
10	Cambiar la herramienta			12	10	15	9	10	12	10	10	11	9	108	10.80		X		
11	Tronzar a la altura de 15 mm			52	51	52	52	48	56	56	50	55	58	530	53.00	X			
													Total=		5401	540.1			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,													F.D=		1.19				
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,													T.N=			643			
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.													Supl=		14	90			
													T.E (s)=			733			

Tabla 147: Hoja de Operaciones y Tiempos / Pin de retención del tambor



SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP		A&M-FJ01				
															Hoja 66 de 88				
															Edición: 01				
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI										Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:				M. Convencional			Máquina:			Torno # 1			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:				Torneado			Material:			Acero plata			Término:		05/12/2019
				Pieza:				Pin Central Estrella			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:				ATI-6G			Aprobado por:			Ing. Franklin tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Medir y Ajustar el largo del eje en la pinza			16	14	17	17	12	13	13	15	15	11	143	14.30		X		
2	Refrentar la base del eje x 3 mm			22	24	20	17	22	20	18	18	18	23	202	20.20	X			
3	Cilindrar con diámetro de Ø 3 mm x 2 mm			33	35	32	33	30	30	35	32	34	33	327	32.70	X			
4	Verificar medidas del pin			20	15	15	21	20	24	18	20	20	22	195	19.50		X		
5	Cambiar la herramienta			12	10	12	11	9	12	10	8	11	11	106	10.60		X		
6	Tronzar a la altura de 7 mm			44	42	44	47	44	40	44	42	45	44	436	43.60	X			
Total=													1409	141					
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.													F.D=		1.16				
													T.N=			163			
													Supl=		14	23			
													T.E (s)=			186			

Tabla 148: Hoja de Operaciones y Tiempos / Pin del tambor

SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS													 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01		
													Hoja 67 de 88					
													Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI									Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PARTES				Área:			M. Convencional			Máquina:			Torno # 1			Comienzo:		10/08/2019
				Operación:			Torneado			Material:			Acero plata			Término:		05/12/2019
				Pieza:			Pin del tambor			Elaborado por:			Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades		
				Familia:			ATI-6H			Aprobado por:			Ing. Franklin tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Medir y Ajustar el largo del eje en la pinza			15	10	11	11	11	10	14	12	11	11	116	11.60		X	
2	Refrentar la base del eje x 1 mm			9	8	9	5	7	7	8	5	8	5	71	7.10	X		
3	Cilindrar con diámetro de Ø 1.5 mm x 2.1 mm			32	31	30	32	35	35	34	32	35	33	329	32.90	X		
4	Chaflanar eje en 0.5 mm x 45°			48	40	52	51	52	47	52	46	46	42	476	47.60	X		
5	Cambiar la herramienta			10	9	12	11	9	10	10	12	8	9	100	10.00		X	
11	Tronzar a la altura de 7 mm			7	9	7	9	7	9	7	9	8	7	79	7.90	X		
Total=													1171	117				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.													F.D=		1.16			
													T.N=			136		
													Supl=		14	19		
													T.E (s)=			155		

- Proceso de Ajustaje y ensamble.

Tabla 149: Hoja de Operaciones y Tiempos / Modelado del armazón


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS							 Santa Bárbara EP		
							A&M-FJ01		
							Hoja 68 de 88		
							Edición: 01		
NOMBRE DEL PRODUCTO		Revólver Calibre .38 ATI					Método: Cronometraje con vuelta a cero		
PROCESO DE AJUSTAJE Y ENSAMBLE		Área:	Montaje	Máquina:	Esmeril / Pulidora	Comienzo:	10/08/2019		
		Operación:	Modelado del armazón	Material:	Acero DF2	Término:	05/12/2019		
		Pieza:	Armazón	Elaborado por:	Jorge Jaramillo	Clasificación de las actividades			
		Familia:	ATI-1D	Aprobado por:	Ing. Franklin tigre				
Nº	Actividades	T1	T2	T3	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Sacar el tuco del armazón	310	365	348	1023	341.00	X		
2	Limar rebabas del contorno y caja de mecanismos	400	360	400	1160	386.67	X		
3	Transportar armazón al esmeril	10	12	10	32	10.67			X
4	Redondear y pulir las aristas	2425	2376	2438	7239	2413.00	X		
5	Pulir el diámetro interior del guardamontes y alza de la mira	270	281	266	817	272.33	X		
6	Transportar al área de montaje	12	10	10	32	10.67			X
7	Limar la ventana del armazón	210	218	207	635	211.67	X		
8	Redondear alerones del armazón	400	417	394	1211	403.67	X		
9	Limar rebabas del agujero para el candado	420	432	415	1267	422.33	X		
10	Limar rebabas del agujero para el elevador	500	512	450	1462	487.33	X		
Total=					14878	4959			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.					F.D=	1.05			
					T.N=		5207		
					Supl=	10	521		
					T.E (s)=		5728		

Tabla 150: Hoja de Operaciones y Tiempos / Ajustaje del marco del arma


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS							 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01		
							Hoja 69 de 88					
							Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI			Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE AJUSTAJE Y ENSAMBLE				Área:	Montaje	Máquina:	N/A		Comienzo:	10/08/2019		
				Operación:	Ajustaje	Material:	N/A		Término:	05/12/2019		
				Ensamble:	Marco del arma	Elaborado por:	Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades			
				Jerarquía:	A1	Aprobado por:	Ing. Franklin tigre					
Nº	Actividades	T1	T2	T3	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA			
1	Redondeo del agujero del eje del brazo	360	365	353	1078	359.33	X					
2	Ajustaje del Brazo y el armazón	1980	1994	1965	5939	1979.67	X					
3	Insertar en aprieto el eje del brazo	70	54	66	190	63.33	X					
4	Redondear las tapas y limar rebabas	320	250	300	870	290.00	X					
5	Ajustaje de la tapa y el diámetro interior del guardamontes	170	159	146	475	158.33	X					
6	Encuadre de las cachas en el armazón	105	108	100	313	104.33	X					
7	Marcar con granete el número del revólver en las piezas	160	155	154	469	156.33	X					
Total=					9334	3111						
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.					F.D=	1.05						
					T.N=		3267					
					Supl=	10	327					
					T.E (s)=		3594					

Tabla 151: Hoja de Operaciones y Tiempos / Ajustaje y ensamble del gatillo


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS										 Santa Bárbara EP		
										A&M-FJ01		
										Hoja 70 de 88		
										Edición: 01		
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI						Método: Cronometraje con vuelta a cero		
PROCESO DE AJUSTAJE Y ENSAMBLE				Área:	Montaje	Máquina:	Taladro / Esmeril	Comienzo:	10/08/2019			
				Operación:	Ajustaje	Material:	Acero DF2	Término:	05/12/2019			
				Ensamble:	Gatillo del arma	Elaborado por:	Jorge Jaramillo	Clasificación de las actividades				
				Jerarquía:	SD	Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades	T1	T2	T3	T4	T5	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Ajustar la broca	25	20	22	20	25	112	22.40		X		
2	Colocar gatillo en la matriz	10	15	12	7	7	51	10.20		X		
3	Perforar agujeros con diámetro Ø 2 mm	98	84	95	81	86	444	88.80	X			
4	Cambiar de broca	15	18	26	25	25	109	21.80		X		
5	Perforar agujero con diámetro Ø 1/8"	45	36	50	41	40	212	42.40	X			
6	Limar la concavidad del gatillo	172	160	177	161	175	845	169.00	X			
7	Transportar piezas al esmeril	10	10	10	12	10	52	10.40			X	
8	Redondear las aristas	184	170	185	170	185	894	178.80	X			
9	Pulir el contorno	205	188	199	189	205	986	197.20	X			
10	Transportar piezas al área de montaje	10	10	10	10	10	50	10.00			X	
11	Armar el sub ensamble del gatillo del arma	460	442	455	440	455	2252	450.40	X			
12	Marcar con granete el número del revólver	45	40	40	40	40	205	41.00	X			
13	Transportar a la mesa de sincronización	10	7	7	7	7	38	7.60			X	
Total=							6250	1250.0				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.							F.D=	1.05				
							T.N=		1313			
							Supl=	10	131			
							T.E (s)=		1444			

Tabla 152: Hoja de Operaciones y Tiempos / Ajustaje y ensamble del martillo


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS										 Santa Bárbara EP		
										A&M-FJ01		
										Hoja 71 de 88		
										Edición: 01		
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI						Método: Cronometraje con vuelta a cero		
PROCESO DE AJUSTAJE Y ENSAMBLE				Área:	Montaje	Máquina:	Taladro / Esmeril	Comienzo:	10/08/2019			
				Operación:	Ajustaje	Material:	Acero DF2	Término:	05/12/2019			
				Ensamble:	Martillo del arma	Elaborado por:	Jorge Jaramillo	Clasificación de las actividades				
				Jerarquía:	SC	Aprobado por:	Ing. Franklin tigre					
Nº	Actividades	T1	T2	T3	T4	T5	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Ajustar la broca	22	25	20	20	25	112	22.40		X		
2	Colocar martillo en la matriz	9	12	10	7	10	48	9.60		X		
3	Perforar agujero con diámetro Ø 2 mm	31	53	40	34	42	200	40.00	X			
4	Cambiar de broca	26	21	20	18	25	110	22.00		X		
5	Perforar agujero con diámetro Ø 1/8"	33	43	40	37	46	199	39.80	X			
6	Limar la concavidad del martillo	155	172	160	155	166	808	161.60	X			
7	Trasportar piezas al esmeril	10	10	12	10	10	52	10.40			X	
8	Redondear el espolón y la cabeza del martillo	150	159	150	147	145	751	150.20	X			
9	Pulir el contorno	175	194	180	168	194	911	182.20	X			
10	Trasportar piezas al área de montaje	10	12	10	10	10	52	10.40			X	
11	Moletear el espolón del martillo	85	85	90	80	82	422	84.40	X			
12	Armar el sub ensamble del martillo del arma	366	386	380	376	385	1893	378.60	X			
13	Marcar con granete el número del revólver	38	40	40	40	40	198	39.60	X			
14	Transportar a la mesa de sincronización	7	7	7	8	7	36	7.20			X	
Total=							6250	1158.4				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.							F.D=	1.05				
							T.N=		1216			
							Supl=	10	122			
							T.E (s)=		1338			

Tabla 153: Hoja de Operaciones y Tiempos / Ajustaje y ensamble del liberador del eje central


<p style="text-align: center;">SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS</p> 										A&M-FJ01					
										Hoja 72 de 88					
										Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO					Revólver Calibre .38 ATI					Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE AJUSTAJE Y ENSAMBLE					Área:		Montaje		Máquina:		Taladro / Esmeril		Comienzo:	10/08/2019	
					Operación:		Ajustaje		Material:		Acero DF2		Término:	05/12/2019	
					Ensamble:		Liberador del eje C.		Elaborado por:		Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades		
					Jerarquía:		SA		Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre				
Nº	Actividades				T1	T2	T3	T4	T5	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Limar las arista del liberador central				110	123	92	105	120	550	110.00	X			
2	Transportar al esmeril				12	10	10	12	10	54	10.80			X	
3	Redondear el tope del liberador				132	135	115	119	152	653	130.60	X			
4	Pulir el contorno				60	77	57	53	68	315	63.00	X			
5	Transportar al área de montaje				10	12	12	10	10	54	10.80			X	
6	Destajar el exceso de material				140	143	131	126	152	692	138.40	X			
7	Ajustar la broca				20	20	19	20	23	102	20.40		X		
8	Perforar longitudinalmente agujero con diámetro Ø 1.5 mm				60	62	65	58	50	295	59.00	X			
9	Cambiar de broca				25	20	20	20	18	103	20.60		X		
10	Perforar transversalmente agujeros con diámetro Ø 3 mm				80	88	85	90	74	417	83.40	X			
11	Machuelear perforaciones con rosca M3x1				180	204	164	187	195	930	186.00	X			
12	Redondear las aristas del Seguro del pulgar				300	259	325	300	379	1563	312.60	X			
13	Moletear el seguro del pulgar				240	210	250	256	250	1206	241.20	X			
14	Cortar el pin del liberador del eje central				30	29	25	26	34	144	28.80	X			
15	Roscar el pin del liberador central M3x1				65	63	60	69	60	317	63.40	X			
16	Fijar el pin al liberador central con trabador de roscas				40	49	40	44	48	221	44.20	X			
17	Transportar piezas al esmeril				12	10	10	10	12	54	10.80			X	
18	Redondear la cabeza del pin				75	67	68	58	60	328	65.60	X			
19	Transportar a la mesa de sincronización				7	7	7	7	7	35	7.00			X	
Total=										8033	1606.6				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.										F.D=	1.05				
										T.N=		1687			
										Supl=	10	169			
										T.E (s)=		1856			

Tabla 154: Hoja de Operaciones y Tiempos / Preparación de piezas


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS										 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01		
										Hoja 73 de 88					
										Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI						Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE AJUSTAJE Y ENSAMBLE				Área:	Montaje		Máquina:	Torno CN / Taladro			Comienzo:	10/08/2019			
				Operación:	Ajustaje		Material:	N/A			Término:	05/12/2019			
				Ensamble:	N/A		Elaborado por:	Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades				
				Jerarquía:	N/A		Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre							
N°	Actividades	T1	T2	T3	T4	T5	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA				
1	Cilindrado de las pestañas de la estrella	485	486	490	490	500	2451	490.20	X						
2	Achaflanado del eje del brazo	261	278	296	309	317	1461	292.20	X						
3	Achaflanado del cilindro de parada	248	260	274	279	301	1362	272.40	X						
4	Roscado de los pasadores principales	209	192	200	195	192	988	197.60	X						
5	Cilindrado del juego de pernos de la tapa	729	735	740	761	783	3748	749.60	X						
6	Elaboración de los muelles	99	88	86	92	109	474	94.80	X						
7	Perforar el orificio del Elevador ATI	52	48	45	45	48	238	47.60	X						
Total=							10722	2144							
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.							F.D=	1.05							
							T.N=		2252						
							Supl=	12	270						
							T.E (s)=		2522						

Tabla 155: Hoja de Operaciones y Tiempos / Ajustaje y ensamble del mecanismo de carga y alimentación


<p style="text-align: center;">SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS</p>										 <p style="text-align: right;">Santa Bárbara EP</p>			
										A&M-FJ01			
										Hoja 74 de 88			
										Edición: 01			
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI						Método: Cronometraje con vuelta a cero			
PROCESO DE AJUSTAJE Y ENSAMBLE				Área:	Montaje		Máquina:	Taladro		Comienzo:	10/08/2019		
				Operación:	Ajustaje		Material:	N/A		Término:	05/12/2019		
				Ensamble:	Carga y alimentación		Elaborado por:	Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades			
				Jerarquía:	SB		Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre					
N°	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Limar las rebabas de las perforaciones del brazo			1010	840	990	1025	900	4765	953.00	X		
2	Armar el sub ensamble del brazo del arma			290	310	296	281	282	1459	291.80	X		
3	Armar el sub ensamble del mecanismo de carga y alimentación			45	60	50	33	27	215	43.00	X		
Total=									6439	1288			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.									F.D=	1.01			
									T.N=		1301		
									Supl=	10	130		
									T.E (s)=		1431		

Tabla 156: Hoja de Operaciones y Tiempos / Modelado del par de cachas


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS										 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01		
										Hoja 75 de 88					
										Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI						Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE AJUSTAJE Y ENSAMBLE				Área:		Montaje		Máquina:		Esmeril		Comienzo:	10/08/2019		
				Operación:		Modelado		Material:		Madera		Término:	05/12/2019		
				Pieza:		Cachas		Elaborado por:		Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades			
				Familia:		ATI-1E		Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre					
N°	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA		
1	Marcar el contorno de la cacha			30	25	28	28	26	137	27.40	X				
2	Transportar al esmeril			7	7	6	6	7	33	6.60			X		
3	Redondear las aristas del par de cachas			1240	1302	1276	1232	1240	6290	1258.00	X				
									Total=	6460	1292.0				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.									F.D=	1.05					
									T.N=		1357				
									Supl=	10	136				
									T.E (s)=		1492				

Tabla 157: Hoja de Operaciones y Tiempos / Ajustaje y ensamble de tapa lateral


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS										 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01		
										Hoja 76 de 88					
										Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI						Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE AJUSTAJE Y ENSAMBLE				Área:		Montaje		Máquina:		Taladro		Comienzo:	10/08/2019		
				Operación:		Ajustaje		Material:		Acero A588		Término:	05/12/2019		
				Pieza:		Tapa lateral		Elaborado por:		Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades			
				Familia:		ATI-4B		Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre					
N°	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA		
1	Colocar en la matriz			7	7	7	7	7	35	7.00		X			
2	Ajustar la broca			20	23	20	22	25	110	22.00		X			
3	Perforar agujeros pivotes con diámetro Ø 1/8"			240	215	222	245	250	1172	234.40	X				
4	Cambiar de broca			25	20	25	20	22	112	22.40		X			
5	Perforar agujero pivote con diámetro Ø 2mm			30	30	35	32	35	162	32.40	X				
6	Cambiar de broca			20	22	20	20	25	107	21.40		X			
7	Abocardar agujeros con diámetro de Ø 4.5mm x 3mm			72	68	70	65	68	343	68.60	X				
8	Cambiar de broca			25	28	25	20	25	123	24.60		X			
9	Perforar agujeros para el mecanismo de la tapa			256	240	245	220	248	1209	241.80	X				
10	Montar mecanismo elevador de la tapa lateral			900	858	840	885	880	4363	872.60	X				
									Total=	7736	1547.2				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.									F.D=	1.05					
									T.N=		1625				
									Supl=	10	162				
									T.E (s)=		1787				

Tabla 158: Hoja de Operaciones y Tiempos / Perforado del brazo del tambor


<p style="text-align: center;">SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS</p>												 <p style="text-align: right;">Santa Bárbara EP</p>		
												A&M-FJ01		
												Hoja 77 de 88		
												Edición: 01		
NOMBRE DEL PRODUCTO						Revólver Calibre .38 ATI						Método: Cronometraje con vuelta a cero		
PROCESO DE AJUSTAJE Y ENSAMBLE						Área: Montaje		Máquina: Taladro CN		Comienzo: 10/08/2019		Término: 05/12/2019		
						Operación: Perforado		Material: Acero AISI 1045						
						Pieza: Brazo de tambor		Elaborado por: Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades				
						Familia: ATI-1C		Aprobado por: Ing. Franklin Tigre						
N°	Actividades	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA
1	Transportar lote al taladro de pedestal CN	20	28	28	25	23	25	25	26	200	25.00			X
2	Colocar en la matriz	15	10	10	12	16	17	12	10	102	12.75		X	
3	Marcar con broca de centros	8	8	10	9	7	9	8	9	68	8.50	X		
4	Cambiar de broca	32	27	27	30	34	23	30	30	233	29.13		X	
5	Perforar orificio para pin del cerrojo con diámetro Ø 1.5 mm	167	154	154	162	169	166	169	152	1293	161.63	X		
6	Cambiar de broca	30	28	24	30	33	30	40	16	231	28.88		X	
7	Escariar orificio con diámetro Ø 1.6 mm	53	60	68	62	50	66	66	61	486	60.75	X		
8	Girar la matriz	16	14	14	14	16	14	14	14	116	14.50		X	
9	Marcar con broca de centros	12	10	8	15	15	18	12	15	105	13.13	X		
10	Cambiar de broca	28	28	30	30	25	30	35	25	231	28.88		X	
11	Perforar orificio para cerrojo frontal con diámetro Ø 3.5 mm	161	138	148	150	152	161	164	137	1211	151.38	X		
12	Retirar de la matriz	8	8	6	12	10	12	10	9	75	9.38		X	
13	Transportar lote al área de montaje	23	20	23	25	20	27	29	20	187	23.38			X
Total=										4538	567			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.										F.D=	1.05			
										T.N=		596		
										Supl=	12	71		
										T.E (s)=		667		

Tabla 159: Hoja de Operaciones y Tiempos / Perforado del armazón


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS										 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01		
										Hoja 78 de 88					
										Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI						Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE AJUSTAJE Y ENSAMBLE				Área:	Montaje	Máquina:	Taladro CN			Comienzo:	10/08/2019				
				Operación:	Perforado	Material:	Acero DF2			Término:	05/12/2019				
				Pieza:	Armazón	Elaborado por:	Jorge Jaramillo			Clasificación de las actividades					
				Familia:	ATI-1D	Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre								
Nº	Actividades	T1	T2	T3	T4	T5	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA				
1	Transportar al taladro de pedestal CN	25	28	25	25	26	129	25.80			X				
2	Colocar en la matriz	30	36	30	32	30	158	31.60		X					
3	Perforar orificio para pin de la estrella con diámetro Ø 3 mm	60	66	83	65	60	334	66.80	X						
4	Cambiar broca y posicionar la mesa	125	110	115	120	120	590	118.00		X					
5	Perforar orificio para percutor con diámetro Ø 2 mm	60	77	65	60	62	324	64.80	X						
6	Marcar con broca de centros	25	25	29	25	26	130	26.00	X						
7	Girar la matriz	15	15	13	15	13	71	14.20		X					
8	Perforar recamara para el percutor con diámetro Ø 4.8 mm	220	229	210	225	230	1114	222.80	X						
9	Retirar de la matriz	20	25	22	25	25	117	23.40		X					
10	Transportar el armazón al área de montaje	25	30	22	20	20	117	23.40			X				
11	Machuelar perforaciones del armazón con rosca M3 y 1/8''	1272	1217	1200	1186	1205	6080	1216.00	X						
12	Avellanar las perforaciones del armazón	30	42	35	32	37	176	35.20	X						
Total=							9340	1868							
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.							F.D=	1.05							
							T.N=		1961						
							Supl=	12	235						
							T.E (s)=		2197						

Tabla 160: Hoja de Operaciones y Tiempos / Paso 1- Ensamble marco del arma


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS										 Santa Bárbara EP			A&M-FJ01 Hoja 79 de 88 Edición: 01		
NOMBRE DEL PRODUCTO		Revólver Calibre .38 ATI							Método: Cronometraje con vuelta a cero						
PROCESO DE AJUSTAJE Y ENSAMBLE		Área:	Montaje			Máquina:	N/A		Comienzo:	10/08/2019					
		Operación:	Ensamble			Material:	N/A		Término:	05/12/2019					
		Ensamble:	Marco del arma			Elaborado por:	Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades						
		Jerarquía:	A2			Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre								
N°	Actividades	T1	T2	T3	T4	T5	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA				
1	Fijar el cañón al marco del arma con trabador de roscas	267	245	259	253	258	1282	256.40	X						
2	Verificar alienación del cañón y orificios del percutor	20	35	25	27	20	127	25.40		X					
3	Fijar pasadores al marco del arma con trabador de roscas	379	348	380	359	360	1826	365.20	X						
4	Cortar excedentes del pasado y limar rababas	222	200	250	315	202	1189	237.80	X						
5	Verificar perpendicularidad de los pasadores	60	48	50	45	50	253	50.60		X					
6	Perforar orificio para el seguro de retención del percutor	180	170	180	185	192	907	181.40	X						
7	Transportar el lote a la fresadora universal numero #1	70	65	65	65	70	335	67.00			X				
Total=							5919	1183.8							
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.							F.D=	1.05							
							T.N=		1243						
							Supl=	10	124						
							T.E (s)=		1367						

Tabla 161: Hoja de Operaciones y Tiempos / Fresado de detalles y mira en el marco del arma



SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS										 Santa Bárbara EP		
										A&M-FJ01		
										Hoja 80 de 88		
										Edición: 01		
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI						Método: Cronometraje con vuelta a cero		
PROCESO DE AJUSTAJE Y ENSAMBLE				Área:	Montaje		Máquina:	Fresadora #1		Comienzo:	10/08/2019	
				Operación:	Fresado de detalles		Material:	N/A		Término:	05/12/2019	
				Ensamble:	Marco del arma		Elaborado por:	Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades		
				Jerarquía:	A2		Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre				
Nº	Actividades	T1	T2	T3	T4	T5	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Nivelar el marco del arma y ajustar la mordaza	40	45	40	42	45	212	42.40		X		
2	Fresar ranura en el puente del armazón	135	150	135	157	138	715	143.00	X			
3	Limpiar con aire y limar rebabas	10	7	10	7	8	42	8.40		X		
4	Fresar el chavetero del cañón	247	260	247	271	250	1275	255.00	X			
5	Limpiar con aire y limar rebabas	15	15	20	25	16	91	18.20		X		
6	Fresado del alza de mira	115	130	115	138	115	613	122.60	X			
7	Limpiar con aire y limar rebabas	10	9	10	12	10	51	10.20		X		
8	Chaflanado de las aristas del puente del armazón	166	180	166	188	170	870	174.00	X			
9	Limpiar con aire y limar rebabas	15	15	15	12	10	67	13.40		X		
10	Fresado de la muesca en alza de mira	80	100	80	108	82	450	90.00	X			
11	Limpiar con aire	5	5	5	5	5	25	5.00		X		
12	Redondeo del detalle en la base de cañón	322	340	322	351	323	1658	331.60	X			
13	Transportar al área de armado	60	60	75	75	60	330	66.00			X	
Total=							6399	1279.8				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.							F.D=	1.07				
							T.N=		1369			
							Supl=	14	192			
							T.E (s)=		1561			

Tabla 162: Hoja de Operaciones y Tiempos - Paso 2 - Ensamble marco del arma

SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS							 Santa Bárbara EP			
							A&M-FJ01			
							Hoja 81 de 88			
							Edición: 01			
NOMBRE DEL PRODUCTO			Revólver Calibre .38 ATI				Método: Cronometraje con vuelta a cero			
PROCESO DE AJUSTAJE Y ENSAMBLE			Área:	Montaje	Máquina:	Esmeril	Comienzo:	10/08/2019		
			Operación:	Ensamble	Material:	N/A	Término:	05/12/2019		
			Ensamble:	Marco del arma	Elaborado por:	Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades		
			Jerarquía:	A3	Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre				
Nº	Actividades	T1	T2	T3	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Fijar la mira al cañón con trabador de roscas	352	425	370	1147	382.33	X			
2	Verificar alineación entre el punto y el alza de mira	20	32	20	72	24.00		X		
3	Conformado de la mira	994	1046	1005	3045	1015.00	X			
4	Ajustaje del ensamble mira y cañón	165	180	160	505	168.33	X			
5	Granetear el alerón del armazón	36	40	45	121	40.33	X			
6	Montar el mecanismo del percutor	385	418	392	1195	398.33	X			
7	Colocar la tapa y brazo	50	50	50	150	50.00	X			
8	Transportar el marco del arma al esmeril	12	10	10	32	10.67			X	
9	Pulir y redondear el alza de la mira y la tapa	282	241	255	778	259.33	X			
10	Pulir el marco del arma	1361	1320	1295	3976	1325.33	X			
11	Transportar a la meza de sincronización	7	5	5	17	5.67			X	
Total=					11038	3679.3				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.					F.D=	1.05				
					T.N=		3863			
					Supl=	10	386			
					T.E (s)=		4250			

- Operaciones de Montaje y Control de calidad

Tabla 163: Hoja de Operaciones y Tiempos – Sincronización de los mecanismos


SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS							 Santa Bárbara EP			
							A&M-FJ02			
							Hoja 82 de 88			
							Edición: 01			
NOMBRE DEL PRODUCTO		Revólver Calibre .38 ATI					Método: Cronometraje con vuelta a cero			
PROCESO DE SINCRONIZACIÓN DEL MECANISMO		Área:	Montaje	Máquina:	N/A		Comienzo:	10/08/2019		
		Operación:	Sincronización	Material:	N/A		Término:	05/12/2019		
		Ensamble:	Marco del arma	Elaborado por:	Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades			
		Jerarquía:	Ensamble A9	Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades	T1	T2	T3	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Sincronización del candado en la caja de mecanismos	275	260	281	816	272.00	X			
2	Sincronización del cilindro de parada del brazo con el candado	184	172	194	550	183.33	X			
3	Sincronización del mecanismo de bloqueo del tambor	2106	2088	2113	6307	2102.33	X			
4	Sincronización del mecanismo de gatillo y Fiador	236	225	239	700	233.33	X			
5	Sincronización del mecanismo de gatillo y elevador	192	175	189	556	185.33	X			
6	Sincronización del mecanismo de giro del tambor	428	409	436	1273	424.33	X			
7	Sincronización del mecanismo de retroceso del gatillo	154	142	163	459	153.00	X			
8	Sincronización del pin central principal con el martillo	302	293	312	907	302.33	X			
9	Cerrar la caja de mecanismos	90	76	87	253	84.33	X			
10	Comprobar la coordinación de los mecanismos	60	60	60	180	60.00		X		
Total=					12001	4000	Observaciones			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.					F.D=	1.15	Tiempo estándar por unidad en un lote			
					T.N=					4600
					Supl=	10				460
					T.E (s)=					5060

Tabla 164: Hoja de Operaciones y Tiempos – Pruebas de funcionamiento


<p style="text-align: center;">SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS</p> 										A&M-FJ02		
										Hoja 83 de 88		
										Edición: 01		
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI						Método: Cronometraje con vuelta a cero		
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO				Área:	Polígono de tiro		Munición:	Calibre .38		Comienzo:	10/08/2019	
				Operación:	Prueba de funcionamiento		Tipo:	Plomo homogénea		Término:	05/12/2019	
				Ensamble:	Marco del arma		Elaborado por:	Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades		
				Jerarquía:	A9		Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre				
Nº	Actividades	T1	T2	T3	T4	T5	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Transportar el lote al polígono de tiro	26	26	26	24	24	126	25.2			X	
2	Identificar las fallas de alineación y funcionamiento	520	522	547	561	528	2678	535.60		X		
3	Recuperar las ojivas de la prueba	234	229	246	248	224	1181	236.20		X		
4	Identificar puntos de roce dejados por el cañón	45	40	52	45	45	227	45.40		X		
5	Marcar los revólveres que presenten desperfectos	10	10	10	15	10	55	11.00		X		
6	Transportar el lote al área de ensamble	27	27	27	27	27	135	27			X	
7	Desarmar el revólver y clasificar piezas en gavetas marcada	132	120	125	120	120	617	123.40		X		
							Total=	5019	1003.8	Observaciones		
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.							F.D=	1.05		El lote entero de armas se transporta hacia el polígono por lo cual el tiempo de transporte esta prorrateado		
							T.N=		1054			
							Supl=	10	105			
							T.E (s)=		1159			

Tabla 165: Hoja de Operaciones y Tiempos – Terminados


<p style="text-align: center;">SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS</p> 							<p style="text-align: right;">A&M-FJ02 Hoja 84 de 88 Edición: 01</p>			
<p style="text-align: center;">NOMBRE DEL PRODUCTO</p>		<p style="text-align: center;">Revólver Calibre .38 ATI</p>					<p>Método: Cronometraje con vuelta a cero</p>			
TERMINADOS		<p>Área:</p>	Montaje	<p>Máquina:</p>	Pulidora		<p>Comienzo:</p>	10/08/2019		
		<p>Operación:</p>	Pulir y abrillantar	<p>Material:</p>	N/A		<p>Término:</p>	05/12/2019		
		<p>Ensamble:</p>	Marco del arma	<p>Elaborado por:</p>	Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades			
		<p>Jerarquía:</p>	Ensamble A9	<p>Aprobado por:</p>	Ing. Franklin Tigre					
N°	Actividades	T1	T2	T3	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Pulir el marco del arma con lijas húmedas	1245	1238	1220	3703	1234.33	X			
2	Insertar en aprieto el pin de retención del tambor	50	50	40	140	46.67	X			
3	Conformado del pin de retención del tambor	372	360	365	1097	365.67	X			
4	Transportar a la pulidora	12	12	12	36	12.00			X	
5	Abrillantar las piezas del revólver	1740	1782	1870	5392	1797.33	X			
6	Transportar piezas a los tanques	5	8	5	18	6.00			X	
Total=					10386	3462	Observaciones			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.					F.D=	1.05	Tiempo estándar por unidad en un lote			
					T.N=					3635
					Supl=	10				364
					T.E (s)=					3999

Tabla 166: Hoja de Operaciones y Tiempos – Pavonado


<p style="text-align: center;">SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS</p> 							A&M-FJ02			
							Hoja 85 de 88			
							Edición: 01			
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI			Método: Cronometraje con vuelta a cero			
PROCESO DE PAVONADO				Área:	Tratamiento Químico	Máquina:	N/A	Comienzo:	10/08/2019	
				Operación:	Pavonado	Material:	N/A	Término:	05/12/2019	
				Ensamble:	Marco del arma	Elaborado por:	Jorge Jaramillo	Clasificación de las actividades		
				Jerarquía:	Ensamble A9	Aprobado por:	Ing. Franklin Tigre			
Nº	Actividades	T1	T2	T3	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Lavado y desengrase de las piezas	733	714	635	2082	694.00	X			
2	Amarar los sub ensambles con alambre galvanizado	145	200	212	557	185.67		X		
3	Transportar al piezas a la hoya de pavonado	8	10	8	26	8.67			X	
4	Sumergir y enjuagar las piezas en el compuesto	1200	1200	1200	3600	1200.00	X			
5	Enjuagar y secar las partes	69	74	70	213	71.00	X			
6	Transportar a la mesa de ensamble	12	12	10	34	11.33			X	
Total=					6512	2171	Observaciones			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.					F.D=	1.05	Tiempo estándar por unidad en un lote			
					T.N=					2279
					Supl=	10				228
					T.E (s)=					2507

Tabla 167: Hoja de Operaciones y Tiempos – Armado y Lubricación


<p style="text-align: center;">SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS</p> 													A&M-FJ02				
													Hoja 86 de 88				
													Edición: 01				
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI								Método: Cronometraje con vuelta a cero					
PROCESO DE ARMADO Y LUBRICACIÓN				Área:			Montaje			Máquina:		N/A		Comienzo:		10/08/2019	
				Operación:			Armado y lubricación			Material:		N/A		Término:		05/12/2019	
				Ensamble:			Revólver			Elaborado por:		Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades			
				Jerarquía:			A10			Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Limpiar las piezas pavonadas			327	329	278	332	308	272	273	308	2427	303.38	X			
2	Buscar la gaveta marcada con las piezas del mecanismo			42	45	20	15	18	15	50	8	213	26.63			X	
3	Armar los mecanismos			356	350	345	337	350	369	355	348	2810	351.25	X			
4	Lubricar el mecanismo de carga y alimentación			41	44	40	37	39	35	35	40	311	38.88	X			
5	Lubricar la caja de mecanismos			62	60	51	66	64	56	58	75	492	61.50	X			
6	Ensamble de cachas			53	45	40	44	38	40	45	50	355	44.38	X			
Total=												6608	826	Observaciones			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.												F.D=	1.05	Tiempo estándar por unidad en un lote de 15 unidades			
												T.N=					867
												Supl=	10				87
												T.E (s)=					954

Tabla 168: Hoja de Operaciones y Tiempos – Control de calidad



<p style="text-align: center;">SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS</p> 										A&M-FJ02				
										Hoja 87 de 88				
										Edición: 01				
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI						Método: Cronometraje con vuelta a cero				
CONTROL DE CALIDAD				Área:		Montaje / Polígono de tiro	Munición:		Calibre .38	Comienzo:		10/08/2019		
				Operación:		Control de calidad	Tipo:		Convencional	Término:		05/12/2019		
				Ensamble:		Revólver	Elaborado por:		Jorge Jaramillo	Clasificación de las actividades				
				Jerarquía:		A10	Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre					
Nº	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Realizar el control dimensional de acuerdo a la norma Estadounidense NIJ 0109.00 38/357 Caliber Revolvers			245	230	230	232	245	1182	236.40		X		
2	Transportar el lote al polígono de tiro			26	26	26	26	26	130	26			X	
3	Probar el funcionamiento del arma			224	217	214	212	227	1094	218.80		X		
4	Transportar el lote al área de ensamble			27	27	27	27	27	135	27			X	
Total=									2541	508.2	Observaciones			
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos, T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor, NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.									F.D=	1.05	El lote entero de armas se trasporta hacia el polígono por lo cual el tiempo de trasporte esta prorrateado			
									T.N=					534
									Supl=	10				53
									T.E (s)=					587

Tabla 169: Hoja de Operaciones y Tiempos – Almacenamiento

SANTA BÁRBARA EP DIVISIÓN ARMAS Y MECANIZADOS HOJA DE OPERACIONES Y TIEMPOS												 Santa Bárbara EP			A&M-FJ02		
												Hoja 88 de 88					
												Edición: 01					
NOMBRE DEL PRODUCTO				Revólver Calibre .38 ATI								Método: Cronometraje con vuelta a cero					
ALMACENAMIENTO				Área:		Bunker		Máquina:		N/A		Comienzo:	10/08/2019				
				Operación:		Almacenamiento		Material:		N/A		Término:	05/12/2019				
				Ensamble:		Revólver		Elaborado por:		Jorge Jaramillo		Clasificación de las actividades					
				Jerarquía:		A10		Aprobado por:		Ing. Franklin Tigre							
N°	Actividades			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	ΣT (s)	T.O (s)	AV	NAVN	NVA	
1	Limpiar el contorno del arma			51	41	42	47	41	49	50	43	364	45.5	X			
2	Baqueteado del cañón y las recamaras del tambor			212	208	207	213	206	212	212	206	1676	209.5	X			
3	Empaquetar el revólver calibre .38			10	12	15	20	15	10	10	12	104	13	X			
4	Transportar el lote de armas al bunker			4	4	4	4	4	4	4	4	32	4			X	
Total=											2176	272	Observaciones				
T.O= Tiempo Observado, F.D= Factor de desempeño, T.N= Tiempo normal, Supl= Suplementos,											F.D=	1.05	El lote entero de armas se transporta hacia el BUNKER por lo cual el tiempo de transporte esta prorrateado				
T.E= Tiempo Estándar, AV= Actividades de agregan valor, NVA= Actividades que no agregan valor,											T.N=	286					
NAVN= Actividades que no agregan valor pero son necesarias.											Supl=	10					
											T.E (s)=	314					