

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE
INGENIERÍA DE MÉTODOS, BASADO EN LA MEDICIÓN DEL
TRABAJO Y PRODUCTIVIDAD, EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN
DE LA EMPRESA SERVICIOS INDUSTRIALES
METALMECÁNICOS OREJUELA “SEIMCO”, DURANTE EL AÑO
2015

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MÁSTER (MSc.) EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD

MÓNICA BEATRIZ OREJUELA TIAGUARO
monicaorejuela.1984@gmail.com

DIRECTOR: ING. PEDRO ENRIQUE BUITRON FLORES MSc.
pedro.buitron@epn.edu.ec

QUITO, Octubre 2016

© Escuela Politécnica Nacional (2016)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Mónica Beatriz Orejuela Tiaguaro, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Mónica Beatriz Orejuela Tiaguaro

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Mónica Beatriz Orejuela Tiaguaro, bajo mi supervisión.

Ing. Pedro Buitrón MSc
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por generar esa fuerza espiritual para seguir adelante con el desarrollo del presente proyecto de investigación. Al ingeniero Pedro Buitrón, con gran aprecio, por la paciencia y el guía que fue durante el desarrollo del trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres por su ejemplo de superación y prosperidad

A mis hermanos, especialmente a José, por plasmar que en la vida todo es posible con esfuerzo y constancia

A mis sobrinos por generar esa alegría maravillosa en momentos difíciles

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	xv
INTRODUCCIÓN	xvii
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 Productividad	1
1.1.1 Productividad industrial	1
1.1.1.1 Medición de la productividad	1
1.1.1.2 Criterios para analizar la productividad	2
1.1.1.3 Indicadores importantes. Eficiencia y eficacia	3
1.1.1.4 Factores que restringen la productividad	3
1.1.2 Administración científica	4
1.1.2.1 La organización del trabajo durante la revolución industrial	4
1.1.2.2 Precusores de la investigación científica	4
1.1.3 Técnicas para la solución de problemas	6
1.1.3.1 Análisis económico	6
1.1.3.2 Graficas cruzadas	7
1.1.3.3 Ingeniería de valor	9
1.1.4 Estrategia del procesos	10
1.1.4.1 Enfoque en el proceso	10
1.1.4.2 Enfoque repetitivo	11
1.1.4.3 Enfoque en el producto	11
1.2 Estudio de métodos	11
1.2.1 Objetivos del estudio de métodos	11
1.2.2 Etapas del estudio de métodos	12
1.2.2.1 Seleccionar	12
1.2.2.2 Registrar	12
1.2.2.3 Examinar	14
1.2.2.4 Desarrollar un método nuevo	15
1.2.2.5 Definir	15
1.2.2.6 Implantar	15
1.2.2.7 Controlar y evaluar	15
1.3 Estudio de tiempos	16
1.3.1 Medición del trabajo	16
1.3.2 Estándares de tiempo	16
1.3.2.1 Tiempo estándar ó tiempo tipo	16
1.3.2.2 Pasos para calcular el tiempo estándar	17
1.4 Motivación e incentivos	19

1.4.1	Motivación	19
1.4.2	Incentivo	19
2.	METODOLOGÍA	22
2.1	Descripción de la empresa	22
2.1.1	Análisis de la empresa Servicios Industriales Metalmecánicos Orejuela	22
2.1.2	Situación actual de los productos en SEIMCO	23
2.2	Diagnóstico de los procesos productivos de SEIMCO	25
2.2.1	Procesos de manufactura para la fabricación de los productos	25
2.2.2	Procesos de producción de los productos de SEIMCO	26
2.2.2.1	Proceso de producción de Bisagras de pistón	26
2.2.2.2	Proceso de producción de Ruedas con Base Horizontal	27
2.2.2.3	Proceso de producción de Ruedas con Base Vertical	31
2.2.2.4	Proceso de producción de Ruedas con Guía Roscada	33
2.2.2.5	Proceso de producción de Soporte Guía	34
2.2.2.6	Proceso de producción de Aldaba	35
2.2.2.7	Proceso de producción de Rodachín	37
2.2.2.8	Proceso de producción de Forjados	38
2.3	Diseño del programa de ingeniería de métodos	39
2.3.1	Selección del trabajo a mejorar	39
2.3.2	Registro de datos	41
2.3.3	Análisis de los datos	45
2.3.4	Desarrollo del nuevo método de trabajo	46
2.4	Implementación y seguimiento del programa de ingeniería de métodos	46
2.5	Evaluación de la productividad del sistema	50
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
3.1	Seleccionar el trabajo a mejorar	51
3.1.1	Alternativas de selección	51
3.1.2	Criterios de valoración	51
3.1.3	Análisis y evaluación de las Tablas de ponderación	52
3.1.3.1	Evaluación del peso específico de cada criterio	52
3.1.3.2	Evaluación del peso específico del criterio: Demanda del producto	53

3.1.3.3	Evaluación del peso específico del criterio: Control en el proceso de producción	53
3.1.3.4	Evaluación del peso específico del criterio: Personal capacitado	54
3.1.3.5	Evaluación del peso específico del criterio: Condiciones ambientales	55
3.1.4	Seleccionar el trabajo a mejorar, con aplicación del programa de ingeniería de métodos	55
3.2	Registrar – Obtención de datos del trabajo	56
3.2.1	Descripción del área productiva de las Bisagras de pistón	56
3.2.1.1	Distribución de la planta para el proceso productivo de las bisagras de pistón	56
3.2.1.2	Capacidad de producción de bisagras de pistón	58
3.2.2	Descripción del área productiva de las Ruedas con base horizontal	59
3.2.2.1	Distribución de la planta para el proceso productivo de las ruedas con base horizontal	59
3.2.2.2	Capacidad de producción de las ruedas con base horizontal	59
3.2.3	Descripción del área productiva de las Aldabas	61
3.2.3.1	Distribución de la planta para el proceso productivo de las Aldabas	61
3.2.3.2	Capacidad de producción de las aldabas	61
3.2.4	Descripción del área productiva del Soporte guía	61
3.2.4.1	Distribución de la planta para el proceso productivo del Soporte guía	61
3.2.4.2	Capacidad de producción del soporte guía	63
3.2.5	Descripción del área productiva de la Rueda con base vertical	63
3.2.5.1	Distribución de la planta - proceso productivo de la rueda con base vertical	63
3.2.5.2	Capacidad de producción de la rueda con base vertical	65
3.2.6	Descripción del área productiva de la Rueda con guía roscada	65
3.2.6.1	Distribución de la planta - proceso productivo de la rueda con guía roscada	65
3.2.6.2	Capacidad de producción de la rueda con guía roscada	68
3.3	Analizar los datos del trabajo	68
3.3.1	Análisis y evaluación de tiempos en la fabricación de las bisagras de pistón	68
3.3.1.1	Análisis del trabajo efectuado en el proceso de obtención del producto.	68
3.3.1.2	Ejecución de la muestra inicial, tamaño de la muestra	69
3.3.1.3	Cronometraje, según el tamaño de la muestra para cada producto	71
3.3.1.4	Calificación de desempeño del operario	71

3.3.1.5	Estudio de las tolerancias u holguras	71
3.3.1.6	Cálculo del tiempo estándar	72
3.3.2	Análisis y evaluación de tiempos en la fabricación de Ruedas con base horizontal	74
3.3.2.1	Análisis del trabajo efectuado en el proceso de obtención del producto.	74
3.3.2.2	Ejecución de la muestra inicial, tamaño de la muestra	75
3.3.2.3	Cronometraje, según el tamaño de la muestra para cada producto	76
3.3.2.4	Calificación de desempeño del operario	76
3.3.2.5	Estudio de las tolerancias u holguras	76
3.3.2.6	Cálculo del tiempo estándar	77
3.3.3	Análisis y evaluación de tiempos en la fabricación de aldabas	78
3.3.3.1	Análisis del trabajo efectuado en el proceso de obtención del producto.	78
3.3.3.2	Ejecución de la muestra inicial, tamaño de la muestra	79
3.3.3.3	Cronometraje, según el tamaño de la muestra para cada producto	80
3.3.3.4	Calificación de desempeño del operario	81
3.3.3.5	Estudio de las tolerancias u holguras	81
3.3.3.6	Cálculo del tiempo estándar	81
3.3.4	Análisis y evaluación de tiempos en la fabricación del soporte guía	82
3.3.4.1	Análisis del trabajo efectuado en el proceso de obtención del producto.	83
3.3.4.2	Ejecución de la muestra inicial, tamaño de la muestra	83
3.3.4.3	Cronometraje, según el tamaño de la muestra para el soporte guía	84
3.3.4.4	Calificación de desempeño del operario	85
3.3.4.5	Estudio de las tolerancias u holguras	85
3.3.4.6	Cálculo del tiempo estándar	85
3.3.5	Análisis y evaluación de tiempos en la fabricación de la rueda con base vertical	86
3.3.5.1	Análisis del trabajo efectuado en el proceso de obtención del producto.	86
3.3.5.2	Ejecución de la muestra inicial, tamaño de la muestra	87
3.3.5.3	Cronometraje, según el tamaño de la muestra para ruedas con base vertical	89
3.3.5.4	Calificación de desempeño del operario	89
3.3.5.5	Estudio de las tolerancias u holguras	89
3.3.5.6	Cálculo del tiempo estándar	89
3.3.6	Análisis y evaluación de tiempos en la fabricación de la rueda con guía roscada	91
3.3.6.1	Análisis del trabajo efectuado en el proceso de obtención del producto.	91
3.3.6.2	Ejecución de la muestra inicial, tamaño de la muestra	92
3.3.6.3	Cronometraje, según el tamaño de la muestra para ruedas con guía roscada	93

3.3.6.4	Calificación de desempeño del operario	93
3.3.6.5	Estudio de las tolerancias u holguras	93
3.3.6.6	Cálculo del tiempo estándar	94
3.4	Desarrollar e implementar el método de trabajo propuesto	95
3.4.1	Mejoramiento en la distribución de la planta de producción de SEIMCO	95
3.4.1.1	Mejoramiento de la distribución de maquinarias de la sección tornos	95
3.4.1.2	Mejoramiento de la distribución de la sección de corte	95
3.4.1.3	Mejoramiento de la distribución de la sección de taladros	96
3.4.2	Mejoramiento en el proceso de producción de los productos de SEIMCO	96
3.4.2.1	Mejoramiento del estado físico de las máquinas	96
3.4.2.2	Mejoramiento del estado físico de los productos	99
3.5	Analizar y establecer estándares del método implementado	100
3.5.1	Análisis del método implementado - bisagras de pistón	100
3.5.2	Análisis del método implementado – ruedas con base horizontal	103
3.5.3	Análisis del método implementado – aldabas	105
3.5.4	Análisis del método implementado – soporte guía	108
3.5.5	Análisis del método implementado – rueda con base vertical	110
3.5.6	Análisis del método implementado – rueda con guía roscada	112
3.6	Evaluar el método implementado	114
3.6.1	Evaluación del método implementado propiamente dicho	114
3.6.2	Evaluación del sistema de incentivos	118
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	121
4.1	Conclusiones	121
4.2	Recomendaciones	123
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124
	ANEXOS	127

ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
Tabla 1.1.	Lista de comprobación de análisis de las operaciones de la etapa examinar	14
Tabla 1.2.	Valoraciones del ritmo de trabajo, según la norma británica	18
Tabla 2.1.	Familia de productos de SEIMCO	22
Tabla 2.2.	Ventas por provincias efectuadas en los períodos 2013 – 2014 de SEIMCO, expresadas en porcentajes	23
Tabla 2.3.	Ventas mensuales por producto en los periodos 2013-2014 y requerimiento para los productos en el año 2015, expresadas en unidades	23
Tabla 2.4.	Detalle del requerimiento mensual del 20 % de los productos	24
Tabla 2.5.	Procesos de manufactura aplicados en los productos de SEIMCO	26
Tabla 2.6.	Guía cualitativa-Selección del trabajo y análisis del lugar de trabajo en SEIMCO	40
Tabla 2.7.	Descripción para la codificación de los productos	41
Tabla 2.8.	Cambio de maquinarias dentro del proceso de producción de SEIMCO	49
Tabla 3.1.	Designación de los productos por medio de alternativas	51
Tabla 3.2.	Producción de los productos de SEIMCO del año 2014	52
Tabla 3.3.	Análisis y evaluación de los criterios	53
Tabla 3.4.	Análisis y evaluación de la demanda entre los productos	53
Tabla 3.5.	Análisis y evaluación del criterio de control en el proceso de producción	54
Tabla 3.6.	Análisis y evaluación del criterio de personal capacitado	54
Tabla 3.7.	Análisis y evaluación del criterio de las condiciones ambientales	55
Tabla 3.8.	Selección de alternativas	56
Tabla 3.9.	Promedio de tiempos observados y tiempo de ciclo de las bisagras de pistón	69

Tabla 3.10.	Promedios de las mediciones, muestra inicial de las bisagras de pistón	70
Tabla 3.11.	Cálculo del tamaño de la muestra para las bisagras de pistón	71
Tabla 3.12.	Capacidad instalada, Bisagras de Pistón	73
Tabla 3.13.	Promedio de tiempos observados y tiempo de ciclo	74
Tabla 3.14.	Promedios de las mediciones, muestra inicial de las ruedas con base horizontal	75
Tabla 3.15.	Cálculo del tamaño de la muestra para las ruedas con base horizontal	76
Tabla 3.16.	Capacidad instalada, Ruedas con base horizontal	78
Tabla 3.17.	Promedio de tiempos observados y tiempo de ciclo de la aldaba	79
Tabla 3.18.	Promedios de las mediciones, muestra inicial de las aldabas	80
Tabla 3.19.	Capacidad Instalada – Aldabas	82
Tabla 3.20.	Promedio de tiempos observados y tiempo de ciclo del soporte guía	83
Tabla 3.21.	Promedios de las mediciones, muestra inicial del soporte guía	84
Tabla 3.22.	Capacidad instalada - Soporte guía	86
Tabla 3.23.	Promedio de tiempos observados y tiempo de ciclo - ruedas con base vertical	87
Tabla 3.24.	Promedios de las mediciones, muestra inicial de las ruedas con base vertical	88
Tabla 3.25.	Cálculo del tamaño de la muestra para las ruedas con base vertical	88
Tabla 3.26.	Capacidad instalada - Ruedas con base vertical	90
Tabla 3.27.	Promedio de tiempos observados y tiempo de ciclo	91
Tabla 3.28.	Promedios de las mediciones, muestra inicial de las ruedas con guía roscada	92
Tabla 3.29.	Cálculo del tamaño de la muestra para las ruedas con guía roscada	93

Tabla 3.30.	Capacidad instalada - Ruedas con guías roscadas	94
Tabla 3.31.	Capacidad de producción estándar de las bisagras de pistón	102
Tabla 3.32.	Capacidad de producción estándar de las ruedas con base horizontal	106
Tabla 3.33.	Capacidad de producción estándar de las aldabas	108
Tabla 3.34.	Capacidad de producción estándar de las soporte guía	110
Tabla 3.35.	Capacidad de producción estándar de las ruedas con base vertical	112
Tabla 3.36.	Capacidad de producción estándar de las ruedas con guía roscada	114
Tabla 3.37.	Producción efectuada en el 2015 antes de la implementación	115
Tabla 3.38.	Producción mensual de diciembre del 2015	116
Tabla 3.39.	Productividad de SEIMCO, durante el mes de prueba	118
Tabla 3.40.	Incentivos por productividad, para cada una de las partes de los productos de SEIMCO	119
Tabla 3.41.	Puesta en marcha del plan de incentivos en los productos de SEIMCO	120
Tabla 3.42.	Cálculo del incentivo de productividad	120
Tabla AII.1.	Holguras recomendadas	129
Tabla AVIII.1.	Diagrama de flujo de proceso de las bisagras de pistón de 3/8", 1/2" y 5/8" de dos cuerpos	146
Tabla AVIII.2.	Diagrama de flujo de proceso de las bisagras de pistón de 3/4" y 1" de dos cuerpos	147
Tabla AVIII.3.	Diagrama de flujo de proceso de las bisagras de pistón de 3/8", 1/2" y 5/8" de tres cuerpos	148
Tabla AVIII.4.	Diagrama de flujo de proceso de las bisagras de pistón de 3/4" y 1" de tres cuerpos	149
Tabla AVIII.5.	Diagrama de flujo de proceso - ruedas con base horizontal de 1"1/2 y 2"	150
Tabla AVIII.6.	Diagrama de flujo de proceso - ruedas con base horizontal de 2"1/2 y 3"	151

Tabla AVIII.7.	Diagrama de flujo de proceso de las ruedas con base vertical de 1"1/2 y 2"	152
Tabla AVIII.8.	Diagrama de flujo de proceso de las ruedas con base vertical de 2"1/2 y 3"	153
Tabla AVIII.9.	Diagrama de flujo de proceso de las ruedas con guía roscada de 1"1/2, 2" y 2"1/2	154
Tabla AVIII.10.	Diagrama de flujo de proceso de las aldabas y soporte guía	155
Tabla AIX.1.	Estudio de tiempos - bisagras de pistón de 3/8", 1/2" y 5/8" por dos cuerpos	156
Tabla AIX.2.	Estudio de tiempos - bisagras de pistón de 3/4" y 1" por dos cuerpos	157
Tabla AIX.3.	Estudio de tiempos - bisagras de pistón de 3/8", 1/2" y 5/8" por tres cuerpos	158
Tabla AIX.4.	Estudio de tiempos - bisagras de pistón de 3/4" y 1" por tres cuerpos	159
Tabla AIX.5.	Estudio de tiempos - ruedas con base horizontal de 1"1/2, 2"1/2 y 3"	160
Tabla AIX.6.	Estudio de tiempos en las ruedas con base horizontal de 2"	161
Tabla AIX.7.	Estudio de tiempos en las ruedas con base vertical de 1"1/2, 2", 2"1/2 y 3"	162
Tabla AIX.8.	Estudio de tiempos en las ruedas con guía roscada de 1"1/2, 2" y 2"1/2	163
Tabla AIX.9.	Estudio de tiempos en las aldabas y soporte guía	164
Tabla AX.1.	Estudio de holguras de las bisagras de pistón, ruedas con base horizontal y vertical	165
Tabla AX.2.	Estudio de holguras de ruedas con guía roscada, rodachín, aldabas, soporte guía y forjados	166
Tabla AXI.1.	Diagrama de flujo de proceso - bisagras de pistón de 3/8", 1/2" y 5/8" por dos cuerpos	167
Tabla AXI.2.	Diagrama de flujo de proceso-bisagras de pistón de 3/4" y 1" por dos cuerpos	168
Tabla AXI.3.	Diagrama de flujo de proceso-bisagras de pistón de 3/8", 1/2" y 5/8" por tres	169

Tabla AXI.4.	Diagrama de flujo de proceso-bisagras de pistón de 3/4" y 1" por tres cuerpos	170
Tabla AXI.5.	Diagrama de flujo de proceso - ruedas con base horizontal 1"1/2 y 2"	171
Tabla AXI.6.	Diagrama de flujo de proceso de las ruedas con base horizontal 2"1/2 y 3"	172
Tabla AXI.7.	Diagrama de flujo de proceso - ruedas con base vertical 1"1/2, 2", 2"1/2 y 3"	173
Tabla AXI.8.	Diagrama de flujo de proceso - ruedas con guía roscada 1"1/2, 2" y 2"1/2	174
Tabla AXI.9.	Diagrama de flujo de proceso aldabas y soporte guía	175
Tabla AXII.1.	Estudio de tiempos - bisagras de pistón de 3/8", 1/2" y 5/8" por dos cuerpos	176
Tabla AXII.2.	Estudio de tiempos - bisagras de pistón de 3/4" y 1" por dos cuerpos	177
Tabla AXII.3.	Estudio de tiempos - bisagras de pistón de 3/8", 1/2" y 5/8" por tres cuerpos	178
Tabla AXII.4.	Estudio de tiempos en las bisagras de pistón de 3/4" y 1" por tres cuerpos	179
Tabla AXII.5.	Estudio de tiempos en las ruedas con base horizontal 1"1/2 y 2"	180
Tabla AXII.6.	Estudio de tiempos en las ruedas con base horizontal 2"1/2 y 3"	181
Tabla AXII.7.	Estudio de tiempos en las ruedas con base vertical 1"1/2 y 2"	182
Tabla AXII.8.	Estudio de tiempos en las ruedas con guía roscada 1"1/2, 2" y 2"1/2	183
Tabla AXII.9.	Estudio de tiempos en aldabas y soporte guía	184

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 1.1.	Punto de equilibrio, muestra la igualdad de los ingresos y costos de producción	8
Figura 1.2.	Estudio del tiempo estándar	17
Figura 2.1.	Procesos de manufactura de SEIMCO	25
Figura 2.2.	Cursograma sinóptico de procesos – Bisagras de Pistón de 3/8” a 3/4” de dos cuerpos y tres cuerpos	28
Figura 2.3.	Cursograma sinóptico de procesos - Bisagra de Pistón 1” de dos y tres cuerpos	29
Figura 2.4.	Cursograma sinóptico de procesos-rueda con base horizontal 1”1/2, 2”, 2”1/2 y 3”	30
Figura 2.5.	Cursograma sinóptico de procesos -Ruedas con Base Vertical 1”1/2 a 3”	32
Figura 2.6.	Cursograma sinóptico de procesos -Rueda con Guía Roscada 1”1/2 a 2”1/2	33
Figura 2.7.	Cursograma sinóptico de procesos -Soporte Guía	35
Figura 2.8.	Cursograma sinóptico de procesos – Aldabas	36
Figura 2.9.	Cursograma sinóptico de procesos –Rodachín	37
Figura 2.10.	Cursograma sinóptico de procesos -Varillas Forjadas cortos y largos	38
Figura 2.11.	Requerimiento de materiales y ensamble del producto - bisagras de pistón de dos y tres cuerpos	42
Figura 2.12.	Requerimiento de materiales y ensamble del producto - rueda con base horizontal y rueda con base vertical	43
Figura 2.13.	Requerimiento de materiales y ensamble del producto – aldaba	44
Figura 2.14.	Requerimiento de materiales y ensamble del producto – soporte guía	45
Figura 2.15.	Layout propuesto para la distribución de máquinas	47

Figura 2.16.	Requerimiento de materiales y ensamble del producto (propuesto) – bisagras de pistón de dos cuerpos y ruedas con base horizontal	48
Figura 2.17.	Requerimiento de materiales y ensamble del producto (propuesto) – aldaba	49
Figura 3.1.	Distribución de máquinas para la producción de bisagras de pistón de dos y tres cuerpos	57
Figura 3.2.	Distribución de máquinas para la producción de las ruedas con base horizontal	60
Figura 3.3.	Distribución de máquinas para la producción de Aldabas	62
Figura 3.4.	Distribución de máquinas para la producción de Soporte guía	64
Figura 3.5.	Distribución de máquinas para la producción de Ruedas con base vertical	66
Figura 3.6.	Distribución de máquinas para la producción de Ruedas con guía roscada	67
Figura 3.7.	Mejoramiento de la distribución de planta. Layout propuesto	97
Figura 3.8.	Cambios físicos en las máquinas - tornos revólver	98
Figura 3.9.	Propuesta del sistema abierto para los tornos revólver	98
Figura 3.10.	Mejoramiento del guía para las bisagras de pistón de dos cuerpos de 3/8” a 3/4”	99
Figura 3.11.	Cambio de elemento para el ensamble de las ruedas con base horizontal de 1”1/2 a 3”	99
Figura 3.12.	Especificaciones de las dimensiones del molde de los ojos ovalados	100
Figura 3.13.	Disposición propuesta para los centros de trabajo - bisagras de pistón	101
Figura 3.14.	Implementación de las máquinas en la sección de tornos	102
Figura 3.15.	Disposición propuesta para los centros de trabajo -ruedas con base horizontal	104
Figura 3.16.	Disposición propuesta para los centros de trabajo de la aldaba	107
Figura 3.17.	Disposición propuesta para los centros de trabajo de los soporte guía	109

Figura 3.18.	Disposición propuesta para los centros de trabajo - ruedas con base vertical	111
Figura 3.19.	Disposición propuesta para los centros de trabajo - ruedas con guía roscada	113
Figura AI.1.	Etapas del programa sistematizado de ingeniería de métodos	128
Figura AIV.1.	Plano de ingeniería, especificaciones técnicas de las bisagras de pistón y ruedas con guía roscada	135
Figura AIV.2.	Plano de ingeniería, especificaciones técnicas de las ruedas con base vertical y horizontal	136
Figura AIV.3.	Plano de ingeniería, especificaciones técnicas del soporte guía y aldaba	137
Figura AIV.4.	Plano de ingeniería, especificaciones técnicas del rodachín y forjados	138
Figura AV.1.	Plano de ingeniería, especificaciones técnicas de las bisagras de pistón	139
Figura AV.2.	Plano de ingeniería, especificaciones técnicas de las ruedas con base horizontal y aldabas	140
Figura AVI.1.	Disposición actual para el centro de trabajo del rodachín	141
Figura AVI.2.	Disposición actual para el centro de trabajo de los forjados	141
Figura AVII.1.	Cursograma sinóptico de procesos propuesto para las bisagras de pistón desde 3/8" a 3/4" de dos y tres cuerpos	142
Figura AVII.2.	Cursograma sinóptico de procesos propuesto para las bisagras de pistón de 1" de dos y tres cuerpos	143
Figura AVII.3.	Cursograma sinóptico de procesos propuesto para las ruedas con base horizontal y vertical	144
Figura AVII.4.	Cursograma sinóptico de procesos propuesto para los soportes guías y aldabas	145

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I Etapas del programa sistematizado de ingeniería de métodos	128
ANEXO II Cálculo del tiempo estándar	129
ANEXO III Guías cualitativas: selección del trabajo y análisis del lugar de trabajo aplicada en SEIMCO	130
ANEXO IV Plano de ingeniería - Método actual	135
ANEXO V Plano de ingeniería – Método propuesto	139
ANEXO VI Layout actual de la empresa	141
ANEXO VII Cursograma sinóptico de procesos –propuesto	142
ANEXO VIII Diagrama de flujo de procesos – Método actual	146
ANEXO IX Estudio de tiempos en los productos de SEIMCO – método actual	156
ANEXO X Estudio de holguras – método actual	165
ANEXO XI Diagrama de flujo de proceso – método propuesto	167
ANEXO XII Estudio de tiempos en los productos de SEIMCO – método propuesto	176

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se realizó en el área de producción de la empresa Servicios Industriales Metalmecánicos Orejuela "SEIMCO" con el diseño e implementación del programa de ingeniería de métodos aplicando la medición del trabajo y productividad, con el objetivo de incrementar la productividad optimizando los recursos propios de la empresa.

El análisis y evaluación de las actividades que limitan la productividad se realizó considerando tres aspectos. El primero, la forma física del producto demuestra que se puede cambiar ciertas características que conlleven a reducir el tiempo de operación de cada una de las partes de los productos, sin afectar la calidad y funcionalidad, este mejoramiento afectó a: bisagras de pistón, ruedas con base horizontal, soportes guías y aldabas. El segundo, la incorporación de tres maquinarias (cortadora automática, cizalla universal y torno revólver) al sistema productivo permitió mejorar los procesos de producción en el desarrollo operacional, afectando a cada una de las partes de los productos. El tercero, la redistribución de los centros de trabajo permitió la movilidad del operario al momento de ejecutar los diferentes traslados.

La implementación de las mejoras para producir las diferentes partes de los productos, aumentó la productividad del sistema en un 34 %, es decir, la productividad se incrementó mensualmente de 279 u/hh a 374 u/hh en la jornada normal de trabajo de 8 horas, cumpliendo así con el requerimiento del departamento de ventas de aumentar la producción en un 20 % (29 974 unidades al mes).

La implementación del nuevo método de trabajo incrementó la producción mensual en bisagras de pistón de 8 514 pares a 14 911 pares, en ruedas con base horizontal de 65 unidades a 193 unidades, en ruedas con base vertical de 103 unidades a 151 unidades, en soportes guías de 5 unidades a 22 unidades y en las aldabas de 180 unidades a 384 unidades. Los costos unitarios se redujeron en un 26 % respecto al método anterior, es decir de 82,17 \$/mes a 61,15 \$/mes,

por cada producto fabricado mensualmente la empresa gana 0,26 centavos de dólar al mes.

El incentivo por aumento de productividad se aplicó en cada uno de los productos mediante el análisis de la tarifa \$/h expresada en la Tabla 3.40. Este incentivo fue considerado para la aplicación de cada parte producida con la finalidad de motivar al personal y aumentar la productividad de la empresa. Además el incentivo de productividad se sumó al salario que el operario gana en un mes.

INTRODUCCIÓN

El aumento de ventas en SEIMCO exige directamente al departamento de producción a mejorar los métodos de trabajo actuales, mediante los respectivos análisis se determina cuáles son los puntos claros a trabajar y para lograr el objetivo se aplica las ocho etapas sistematizadas del programa de ingeniería de métodos, como son: selección del trabajo a mejorar, registro de datos, análisis de los datos, desarrollo del nuevo método de trabajo, implementación del nuevo método, análisis del nuevo método aplicado, establecimiento de estándares y evaluación del método propuesto (Neibel y Freivalds, 2009, p. 5).

La falta de documentación física en la producción de los herrajes metálicos afecta la elaboración de estos productos, pues el control de dimensiones no es la requerida o a su vez el tiempo de elaboración no es controlado. Mediante la generación e implementación de guías de trabajo como: los planos de ingeniería, las cursogramas sinópticos de proceso, los diagramas de flujo y la distribución de los centros de trabajo; se efectúan las operaciones acorde a lo estandarizado según la necesidad de la empresa.

El cumplimiento de las guías de trabajo dependen exclusivamente del trabajo en equipo tanto de los operadores como de los supervisores. La falta de motivación del sector operativo evidencia el poco interés de producir más de lo establecido, aplicando los nuevos estándares de trabajo se prevé incentivar a la mano de obra directa para alcanzar la meta fijada.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 PRODUCTIVIDAD

1.1.1 PRODUCTIVIDAD INDUSTRIAL

El índice de rendimiento que se analiza en las industrias es la productividad, pues considera, el estudio de los recursos disponibles para conseguir las metas establecidas. El índice de productividad aumenta al mejorar el estudio de los recursos primarios de la producción tales como: materiales, hombre y máquina; con esta investigación se reducen los costos de producción (García, 2005, p. 9).

La innovación en el producto, en los procesos, en la tecnología de maquinaria de las empresas es un parámetro fundamental para el aumento de la productividad. Las empresas que implantan innovaciones o cambios en su estructura gozan de una mayor productividad.

En las grandes y pequeñas empresas pequeñas, los resultados de productividad son diferentes debido al tamaño; en las primeras los resultados se palpan solo con implementar las nuevas técnicas, mientras que en las grandes los resultados pueden demorarse hasta dos años para demostrar sus efectos positivos (Sánchez, Sánchez, Sánchez, y Cruz, 2014, p 137).

1.1.1.1 Medición de la productividad

La productividad como medida de desempeño está relacionada con recursos de entrada y salida, como se muestra en la Ecuación [1.1]. Ésta medida debe ser comparada en periodos semejantes, por ser una medida relativa, para obtener un criterio de mejora en la eficiencia de las implementaciones realizadas (Chase y Jacobs, 2009, p. 30).

$$\text{Productividad} = \frac{\text{recurso de salida (bien o servicio)}}{\text{recurso de entrada (mano de obra, materia prima, capital, entre otras)}} \quad [1.1]$$

La productividad se analiza y evalúa considerando dos términos: monofactorial y multifactorial.

Productividad monofactorial

La productividad monofactorial analiza y evalúa un solo insumo o recurso, que puede ser: mano de obra, materiales, capital, energía, entre otros. Las unidades se expresan según el factor que se analiza, como se indica en la Ecuación [1.1] (Krajewsky, Ritzman y Malhotra, 2008, p 30).

Productividad multifactorial

La Ecuación [1.2] representa a la productividad multifactorial que es la evaluación de la sumatoria de un número determinado de recursos de entrada. La productividad multifactorial se expresa en unidades monetarias, tanto en el numerador como en el denominador (Krajewsky, Ritzman y Malhotra, 2008, p 30).

$$\text{Productividad}_{\text{multifactorial}} = \frac{\text{producto}}{\text{capital} + \text{mano de obra} + \text{materia prima}} \quad [1.2]$$

1.1.1.2 Criterios para analizar la productividad

Los elementos necesarios para el análisis de la productividad dependen de las denominadas “M”, pues, los recursos de entrada inician con la EME: manufactura, materiales, métodos, dinero, mano de obra, mercado, máquina, medio ambiente, mantenimiento. El incremento anual de la productividad corresponde a la contribución del 10 % de mano de obra, 38 % capital y 52 % ciencia de la administración (Heizer y Render, 2009, p. 17).

En la industria se analizan tres formas de incrementar la productividad (García, 2005, p. 12):

- Aumentar los recursos de salida (cantidad de producto terminado) y mantener los recursos de entrada (insumos).
- Reducir los recursos de entrada y mantener los recursos de salida.
- Aumentar los recursos de salida y reducir los recursos de entrada de forma simultánea y proporcionalmente.

1.1.1.3 Indicadores importantes. Eficiencia y eficacia

La productividad está relacionada con el esfuerzo de trabajar con los recursos establecidos para lograr las metas determinadas. La eficiencia se logra con el desarrollo de los resultados con el mínimo de recursos utilizados y la eficacia es la obtención de los resultados; en ambos casos se espera cantidad, calidad, para mejorar la productividad; mostrado en la Ecuación [1.3] (International Organization for Standardization, 2005, p. 10).

$$\text{Productividad} = \frac{\text{eficacia}}{\text{eficiencia}} \quad [1.3]$$

Los indicadores de la eficiencia hacen referencia a tiempos muertos, desperdicio, porcentaje de utilización de la capacidad instalada, entre otros. Las causas de los tiempos muertos en horas - hombre y horas – máquinas, pueden ser: falta de material, falta de personal, falta de energía, manufactura, mantenimiento, producción, calidad, falta de información (García, 2005, p. 19; International Organization for Standardization, 2005, p.10).

1.1.1.4 Factores que restringen la productividad

El aumento de la productividad en las empresas se efectúa cuando la parte gerencial y los directivos se fijan metas, con el afán de mejorar los procesos y entregar productos de calidad, sin embargo las mejoras en las empresas están limitadas por agentes internos y agentes externos a la organización y los factores restrictivos más comunes son (García, 2005, p 10):

- La falta de integración del personal por parte de los directivos, al no proporcionar un ambiente laboral adecuado para cumplir las metas organizacionales establecidas.
- La obsolescencia de los equipos y maquinarias que no ayudan a mejorar la productividad de la empresa y genera productos de baja calidad.
- El espacio físico de las instalaciones que no proporciona un adecuado desenvolvimiento de los centros de trabajo.
- El desconocimiento por parte del personal responsable de los procesos para medir y evaluar la productividad.

1.1.2 ADMINISTRACIÓN CIENTÍFICA

La administración científica se enfoca al desarrollo de aplicaciones metodológicas y experimentales en la ingeniería, orientadas al incremento de la productividad en las empresas.

1.1.2.1 La organización del trabajo durante la revolución industrial

En el siglo XIX empezó las transiciones de la sociedad precapitalista y agraria en su mayoría formada por asociaciones artesanales hacia una sociedad capitalista de producción industrial constituida por sistemas de producción en serie formadas por grandes corporaciones. La eficiencia de los recursos y el rendimiento de los trabajadores son elementos indispensables y mediante la aplicación del método científico se elevó la productividad de los sistemas (Acevedo y Linares, 2012, p.12).

En aquellos tiempos la cultura laboral era deficiente, se contaba con trabajadores que provenían del sector agrícola. De ese modo, aplicar sistemas de producción que ayuden a simplificar las tareas y maximizarlas, eran su principal objetivo; de ahí que se plantea la necesidad de coordinar y controlar aspectos como: los inventarios parciales que conllevan a costos por la administración ineficiente en las bodegas, la contabilización de cantidades grandes de productos en proceso e inventarios parciales, el control de calidad durante las etapas de proceso hasta obtener el producto terminado y aquellos relacionados con problemas de motivación e incentivos para los colaboradores (Bravo, 2009, p.97; Baca et al., 2014, p. 4).

1.1.2.2 Precursores de la investigación científica

Henry Fayol (1841 – 1925)

Aristócrata europeo cuyos aportes se centraron en la mejora de la organización de la gerencia, aplicados en la industria minera. En 1916 publica la doctrina administrativa sobre la Administración industrial y general, en la cual identifica

seis grupos de operaciones: técnicas, comerciales, financieras, de seguridad, contabilidad y administrativas; establece catorce principios aplicados en la actualidad durante los procesos administrativos: división del trabajo, autoridad, disciplina, unidad de mando, unidad de dirección, iniciativa, subordinación del interés general, remuneración equitativa del personal, centralización, jerarquía, orden, equidad, estabilidad personal y unión personal o espíritu de grupo (Münch, 2007, p. 75).

Los aportes de Fayol fueron relevantes pues mejoró el trato al trabajador, propuso una estructura organizacional y desarrolló una legislación para la creación de organizaciones dentro de las industrias (Bravo, 2009, p. 102).

Frederick Winslow Taylor (1856 – 1915)

Nació en Estados Unidos, consecuencia de las investigaciones realizadas fue considerado el padre de la Administración Científica. Su principal aporte es el aumento de la productividad, y para alcanzarlo se fundamenta en la creación de sistema de incentivos, mejoramiento de los métodos de trabajos mediante el entrenamiento o capacitación del personal, y tiempos y movimientos (Münch, 2007, p. 75; Niebel y Freivalds, 2009, p. 8).

En 1911, publicó el libro Principios de la Administración Científica, indica que, la administración es una ciencia conformada por reglas, leyes y principios, y que para aplicarlas es necesario un cambio en la mentalidad de los trabajadores, y gerentes, contenidos en los siguientes aspectos (Bravo, 2009, p. 119):

- Integrar a la empresa trabajadores que apoyen el incremento de las ganancias.
- Implantar del método científico para elevar la eficiencia de las operaciones.
- Utilizar incentivos para motivar al trabajador, mediante la productividad.
- Establecer estándares de métodos y tiempos, según las condiciones del trabajo.
- Definir los rangos de mandos en las directrices de la empresa, considerando el desarrollo organizacional interno.

1.1.3 TÉCNICAS PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

1.1.3.1 Análisis económico

Las técnicas para el estudio económico se adaptan según el tipo de empresa, como: el análisis de costos y reemplazo de equipos en el área productiva, la creación de plantas nuevas. El análisis económico considera el valor del dinero a través del tiempo (Baca, 2007, p. 4).

En las alternativas de solución de problemas es indispensable reconocer cuales son los métodos más eficaces de llevar a cabo tanto en factibilidad como en costos, de tal manera que se presentan herramientas para la toma de decisiones en la solución de problemas y adaptar la mejor alternativa.

Es indispensable considerar que las personas relacionadas al ambiente de trabajo se oponen a los cambios, es por ello que una vez identificado la mejor alternativa de estudio, está debe ser analizada, controlada y verificada; de ese modo comprobar que fue la mejor alternativa implementada (Niebel y Freivalds, 2009, p. 299).

Costos de producción

Los costos de producción son fijos y variables. La Ecuación [1.4] determina los costos variables como aquellos que cambian directa y proporcionalmente con los cambios en el volumen de producción, y, los costos fijos son aquellos que se mantienen al cambio del volumen de producción (Polimeni, Fabozzi, Adelberg, y Kole, 1998, p. 614).

Costo Variable = Costo unitario × Cantidad de unidades (producidas o vendidas)[1.4]

Los costos fijos incluyen en su estudio elementos como: edificios, hipotecas, impuestos, depreciaciones, pago de deudas. El costo fijo es una constante para todos los valores de la variable, pues no cambia dentro del rango de parámetros de operaciones, como el nivel de producción o el cambio en la fuerza laboral. Para reducir los costos fijos se considera: mejorar el equipo o maquinarias, definir las funciones de la fuerza laboral, entre otras relacionadas (Díaz, 2010, p. 12).

Los costos variables incluyen elementos como: materia prima y mano de obra. Para reducir los costos variables, se pueden: mejorar el diseño de los productos, definir métodos de trabajo, determinar seguridad y calidad; además de elevar el volumen de ventas (Polimeni et al., 1998, p. 614).

Costo unitario de producción

El costo unitario (C_u) de producción indica los beneficios económicos que existe al realizar mejoras en los sistemas productivos, incluyen costos de: mano de obra directa (C_{MOD}), insumos y materiales (C_{MT}), equipo y maquinaria (C_{EQ}), servicios (energía) (C_{SER}) y otros gastos de fabricación (GGF); respecto al volumen de producción (Q) generado por las mejoras; como se muestra en la Ecuación [1.5] (Ramírez, 2008, p. 37).

$$C_u = \frac{C_{MOD} + C_{MT} + C_{EQ} + C_{SER} + GGF}{Q} \quad [1.5]$$

1.1.3.2 Graficas cruzadas

Punto de equilibrio

Las gráficas de cruce también conocidas como punto de equilibrio son estudios que se realizan a dos o más alternativas que contienen la misma variable, por lo tanto es necesario encontrar el valor de la variable que iguala los elementos de las alternativas. El punto de equilibrio determina cuando una alternativa es igualmente aceptable (Thuesen, Fabryck, y Thuesen, 1986, p. 250).

El análisis del punto de equilibrio involucra el estudio de ingresos y costos comunes en las alternativas, como: precio unitario, costo de mano de obra, costo de operación y costo de materiales. La Figura 1.1 representa el análisis gráfico del punto de equilibrio y evidencia el estudio de las ganancias y pérdidas que se efectúan por el número de unidades vendidas o producidas; además, el análisis se realiza con ecuaciones lineales de costo (Blank y Tarquin, 2006, p. 476; Chase y Jacobs, 2009, p. 162).

Las siguientes ecuaciones para el análisis del punto de equilibrio, se deducen de la Figura 1.1.

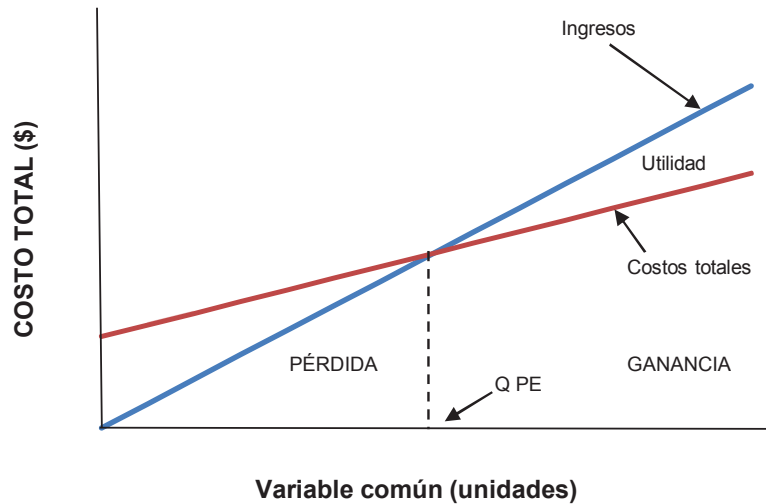


Figura 1.1. Punto de equilibrio, muestra la igualdad de los ingresos y costos de producción (Blank y Tarquin, 2006, p. 472)

La Ecuación [1.6] de ingresos o unidades producidas determinan la siguiente igualdad:

$$\text{Ingresos} = \text{Costo total} \quad [1.6]$$

Adicionalmente, los ingresos están relacionados con el precio unitario (P_u) y el volumen (Q) que se produce o vende, así como lo expresa la Ecuación [1.7]:

$$\text{Ingresos} = \text{Precio unitario} \times \text{cantidad} \quad [1.7]$$

La Ecuación [1.8] determina el costo total

$$\text{Costo Total} = \text{Costo fijo} + \text{Costo Variable} \quad [1.8]$$

De la Ecuación [1.4] se reemplaza el costo variable C_v , en la Ecuación [1.8] y se obtiene:

$$C_T = C_F + C_u \times Q \quad [1.9]$$

Reemplazando la Ecuación [1.7] y del costo total o ingresos en la Ecuación [1.8] indican la siguiente igualdad:

$$P_u \times Q_{EQ} = C_F + C_u \times Q_{EQ} + B \quad [1.10]$$

Punto de equilibrio para un solo producto: ecuaciones

- La Ecuación [1.11] determina el punto de equilibrio, expresado en unidades

$$Q_{EQ} = \left(\frac{C_F}{P_u - C_u} \right) \quad [1.11]$$

- La Ecuación [1.12] determina el punto de equilibrio, expresado en dólares

$$I_{EQ} = \frac{C_F}{\left(1 - \frac{C_u}{P_u}\right)} \quad [1.12]$$

Punto de equilibrio para dos o más productos: ecuaciones

- La Ecuación [1.13] determina el punto de equilibrio, expresado en dólares

$$I_{EQ} = \frac{C_F}{\sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{C_{u_i}}{P_{u_i}}\right) \times W_i} \quad [1.13]$$

Dónde:

W_i : Porcentaje de ventas

El porcentaje de ventas está dado por la relación de los ingresos individuales (I_i) respecto a los totales (I_T), como se muestra en la Ecuación [1.14] (Niebel y Freivalds, 2009, p. 306).

$$W_i = \frac{I_i}{I_T} \quad [1.14]$$

- La Ecuación [1.15] determina el punto de equilibrio, expresado en unidades

$$Q_{EQ_i} = \frac{I_{EQ}}{P_{u_i}} \times W_i \quad [1.15]$$

1.1.3.3 Ingeniería de valor

La ingeniería de valor busca alternativas de mejora en el producto, proceso o el sistema en general, realizando análisis que reduzcan algún tipo de conflicto y brinde soluciones; en sí, simplifica los procesos de producción.

Tablas de ponderación

Las tablas de ponderación son herramientas cualitativas utilizadas en la toma de decisiones. El desarrollo de estas tablas de ponderación depende del número de criterios a analizar y se obtiene ponderaciones individuales por criterio. Además se analiza y evalúa cada uno de los criterios respecto a las alternativas de estudio. Al finalizar se tiene la selección de la mejor alternativa, así como indica la Ecuación [1.16]:

$$\text{Alternativa} = \sum(\text{ponderación}_{\text{criterio}} \times \text{ponderación}_{\text{criterios analizados y evaluados}}) \quad [1.16]$$

1.1.4 ESTRATEGIA DEL PROCESOS

Las estrategias de proceso son utilizadas por las organizaciones para definir el enfoque de transformación de los recursos en bienes o servicios, los mismos que deben cumplir con los requerimientos del cliente y las especificaciones del producto. (Heizer y Render, 2009, p. 256).

El desarrollo de esta sección analiza tres estrategias de proceso: enfoque en el proceso, enfoque repetitivo, enfoque en el producto y personalización masiva; estrategias que estudian la variación del volumen y los productos.

1.1.4.1 Enfoque en el proceso

El sector industrial utiliza esta estrategia debido a la flexibilidad que existe en el movimiento de los productos dentro de los procesos, al agruparse máquinas y equipos similares, por este motivo se lo conoce como proceso intermitente. Los talleres de máquinas, restaurantes, hospitales forman parte de éste proceso. La producción en esta estrategia se da en volúmenes bajos mientras que la variedad de producto es alta. El personal desarrolla habilidades para efectuar operaciones en cada tarea al seguir diferentes instrucciones, el inventario de producto terminado es bajo relativamente al de materia prima, pues se produce bajo pedido (Heizer y Render, 2009, p. 356).

1.1.4.2 Enfoque repetitivo

Es una estrategia que se puede utilizar tanto en los productos como en los procesos. En los procesos repetitivos se usan partes o componentes que fueron previamente preparados en procesos continuos. El ensamblaje de autos, motocicletas, electrodomésticos, entre otros productos afines forman parte de esta estrategia donde demuestra una mayor personalización del trabajo a bajo volumen y alta variedad (Krajewsky et al., 2008, p. 96).

1.1.4.3 Enfoque en el producto

En este enfoque los procesos se definen por su alto volumen de producción y baja variedad de productos, se conoce también como proceso continuo. La infraestructura se adecua en las industrias para fabricar los productos, tales como: vidrio, papel, focos, cerveza, entre otros. La sostenibilidad de este tipo de empresas se da mediante la estandarización y controles de calidad (Heizer y Render, 2009, p. 259).

1.2 ESTUDIO DE MÉTODOS

El estudio de métodos es el registro y análisis crítico sistematizado que se ejecuta dentro de las actividades. Además, el estudio de métodos simplifica las tareas adicionales que no agregan valor a los procesos y optimiza los recursos económicos, materiales, humanos; para dar paso al incremento de productividad de las organizaciones (García, 2005, p. 33; Oficina Internacional del Trabajo, 1996, p. 77).

1.2.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE MÉTODOS

El estudio de métodos analiza objetivos importantes, como (García, 2005, p. 35):

- Corregir los procesos y procedimientos.

- Mejorar de la disposición y centros de trabajo.
- Optimizar el esfuerzo de la mano de obra y reducir las fatigas.
- Administrar adecuadamente la materia prima, maquinaria y mano de obra.
- Diseñar mejores condiciones de trabajo.
- Aumentar la seguridad.

1.2.2 ETAPAS DEL ESTUDIO DE MÉTODOS

La correcta aplicación de los pasos para el estudio de métodos permite alcanzar los resultados esperados. Estas etapas son acciones que se transforman en mejoras, como: seleccionar, registrar, examinar idear, definir, implantar, controlar y evaluar, tal como se muestra el Anexo I (Grech, 2013, p. 92).

1.2.2.1 Seleccionar

Toda actividad que se desarrolla en el entorno de una empresa debe estar expuesta a mejoras, sin embargo es conveniente determinar con qué criterio realizar dichos análisis. En la aplicación de esta etapa se identifican tres factores: humano, económico y técnico; por lo tanto es indispensable considerar aquellos procesos o productos que generan pérdidas, no conservan la calidad y provoca baja competitividad en el mercado, causadas por la tecnología actual en las maquinarias, disposiciones inadecuadas de los centros de trabajo. Las herramientas que se utilizan para la selección, son: guías de selección del trabajo y guías de análisis del trabajo – lugar de trabajo (García, 2005, p. 36; Niebel y Freivalds, 2009, p. 6).

1.2.2.2 Registrar

La etapa de registro lleva consigo el análisis mediante observación directa de las operaciones que se ejecutan en los procesos, las mismas que deben ser registradas de forma clara y concisa. La simplificación del trabajo se da una vez realizado el registro de las tareas y es necesario apoyarse en dos tipos de

diagramas: cursograma sinóptico de proceso y diagramas de flujo (Oficina Internacional del Trabajo, 1996, p. 83).

Diagramas comunes aplicados en el estudio de métodos

Para el estudio de métodos existen tres tipos de diagramas que ayudan a registrar el trabajo que se efectúa, y son aquellos: diagramas de sucesión, gráficos con escala de tiempo y diagramas de movimiento (García, 2005, p. 42).

Los diagramas que indican sucesión de operaciones, son:

Cursograma sinóptico de proceso o diagrama de ensamble, muestra la secuencia de las operaciones para agrupar las partes de un producto, además es necesario trabajar conjuntamente con el dibujo de partes del producto y su respectiva lista de materiales (De la Roca, 1994, p. 5).

Cursograma analítico, es un diagrama que muestra la trayectoria del proceso, representa los hechos que ocurren para la obtención de un producto, y analiza en forma independiente cada aspecto, como: operario, material o equipo (Oficina Internacional del Trabajo, 1996, p. 91).

Diagrama bimanual, describe la actividad individual de las manos o extremidades del operario (Oficina Internacional del Trabajo, 1996, p. 152).

Los diagramas que definen escala de tiempo, son:

Diagrama de actividades múltiples, registra la actividad de elementos, como operarios y máquinas; a una escala de tiempo común, para mostrar sus semejanzas. Este diagrama es conocido también como diagrama hombre máquina (Oficina Internacional del Trabajo, 1996, p. 122).

Los diagramas que se aprecian los movimientos, son:

Diagrama de flujo o recorrido, muestra la trayectoria que recorre cada parte del producto, desde el manejo de materia prima, fabricación, ensamble, empaque, almacenamiento y envío (Meyers y Stephens, 2006, p. 152).

Diagrama de hilos, está conformado principalmente por el uso de un plano a escala, se sigue con un hilo el movimiento de los operarios, de materiales e inclusive de las maquinarias (Oficina Internacional del Trabajo, 1996, p. 111).

Gráfico de trayectoria, representado mediante un cuadro que muestra datos cualitativamente de los movimientos de los operarios, materiales y equipos; entre cualquier número de lugares de un periodo de tiempo dado (Oficina Internacional del Trabajo, 1996, p. 134).

Es importante considerar los siguientes aspectos en el desarrollo de los diagramas: el dibujo de partes del producto, se dibuja a escala y con las dimensiones que corresponde a cada elemento, son representaciones que muestran la estructura física del producto final, pueden ser representados mediante guías de técnicas de productos o familia de productos (Meyers y Stephens, 2006, p. 30).

La lista de materiales representa un documento de ingeniería, el cual muestra los ingredientes o componentes y niveles que conforman el producto o familia de productos, además determina la posición física de las celdas de trabajo y la forma de fabricación. (Vollman, Berry, Whybark, y Jacobs, 2005, p. 197).

1.2.2.3 Examinar

Se refiere al examen crítico que se realiza en cada una de las operaciones actuales, para determinar el propósito de la tarea, el lugar donde se efectúan las operaciones, la sucesión del tiempo que se desarrollan las actividades, las personas que ejecutan las tareas y los medios que ayudan a las actividades a lograr los objetivos. La técnica del interrogatorio ayuda a desarrollar esta etapa, en la Tabla 1.1 se muestra una lista de comprobación de análisis de esta técnica (Niebel y Freivalds, 2009, p. 57).

Tabla 1.1. Lista de comprobación de análisis de las operaciones de la etapa examinar

COMPRENDA	ANALICE
¿Qué se logra?	¿Es necesario?
¿Dónde se logra?	¿Por qué ahí?
¿Quién lo hace?	¿Por qué esa persona?
¿Cómo se hace?	¿Por qué de esa manera?

(García, 2005, p. 115)

Al analizar las operaciones es necesario, que el método sea implementado no mediante palabras sino con hechos, desarrollar el análisis con causas no con efectos y mantener alternativas con razones no con excusas.

1.2.2.4 Desarrollar un método nuevo

En esta etapa se selecciona el procedimiento adecuada para los procesos, tomando en cuenta las restricciones respectivas para cada efecto, mediante el análisis de productividad, tiempo de ciclo, capacidad de producción, tiempo estándar, estudio del punto de equilibrio, número necesario de operadores y motivación de los operadores (Niebel y Freivalds, 2009, p. 6). El objetivo principal es conseguir el rendimiento máximo de las instalaciones de la empresa, sin perjudicar la calidad del producto y hacerlo al menor costo (García, 2005, p. 122).

1.2.2.5 Definir

En esta etapa se formula un plan de acciones escrito, para sistematizar el nuevo método con todos los detalles, para llegar al producto y lo que el cliente necesita (García, 2005, p. 122).

1.2.2.6 Implantar

La implementación de los nuevos métodos de trabajo es una de las etapas más difíciles de ejecutar, por lo tanto, es necesario contar con el apoyo de la parte directiva y los encargados de cada centro de operaciones. Además es necesario que el nuevo método sea socializado con todas las personas encargadas, recoger las observaciones de la parte operativa, preparar el equipo necesario, capacitar al personal y tener bases para los análisis de tiempos (García, 2005, p. 133).

1.2.2.7 Controlar y evaluar

Para realizar los controles necesarios en los nuevos métodos implementados es necesario evaluarlos resultados del método aplicado. Es necesario verificar que

los operarios no regresen al método antiguo y mucho menos que ingresen elementos no permitidos. Sin embargo no se puede omitir que siempre existirá un método mejor.

Se debe asegurar que las normalizaciones del nuevo método concuerden con las condiciones de trabajo, uso de materiales, equipos y maquinarias, y mano de obra; caso contrario la implementación no sería efectiva. Al evaluar el método mejorado es necesario, que se efectúen comparaciones con el método actual, para valorar las diferencias implementadas (García, 2005, p. 138).

1.3 ESTUDIO DE TIEMPOS

1.3.1 MEDICIÓN DEL TRABAJO

La medición del trabajo aplica técnicas para determinar el desenvolvimiento de una operación o de un proceso fijando el tiempo que un trabajador calificado invierte en realizarlas. Con la aplicación correcta del estudio de tiempos se aumenta la eficiencia del trabajo y se definen estándares de tiempo que pueden ser utilizados por otros departamentos de la empresa (García, 2005, p. 178).

El procedimiento básico se representa en ocho parámetros principales, como: seleccionar el trabajo, registrar todos los datos relativos al trabajo, examinar los elementos registrados mediante examen crítico, medir la cantidad de trabajo expresada en tiempo, definir con precisión el método a aplicar y el tiempo estándar, aprobar por parte de la dirección el trabajo a efectuar y comunicar el tiempo estándar a implementar (Oficina Internacional del Trabajo, 1996, p. 255).

1.3.2 ESTÁNDARES DE TIEMPO

1.3.2.1 Tiempo estándar ó tiempo tipo

Se define como el tiempo requerido para elaborar productos, efectuado por un trabajador calificado (capacitado), a un ritmo normal en una tarea específica, tal

como lo muestra la Figura 1.2. El trabajador calificado es aquella persona con las aptitudes físicas necesarias para ejecutar las tareas, generalmente es aquel que tiene más experiencia en el desarrollo del trabajo. El ritmo normal es el trabajo que realiza un operario calificado, es decir aquel que un operador puede mantener a un ritmo confortable (Meyers y Stephens, 2006, p. 51).

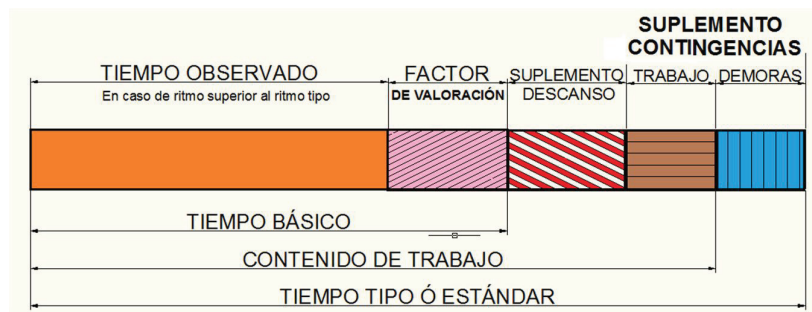


Figura 1.2. Estudio del tiempo estándar
(Oficina Internacional del Trabajo, 1996, p. 5)

1.3.2.2 Pasos para calcular el tiempo estándar

Para el análisis del tiempo estándar se describen los siguientes pasos (Heizer y Render, 2009, p. 413):

- Después de realizar el análisis de métodos, se define la tarea a estudiar.
- Dividir la tarea en elementos precisos (se desarrolla en unos segundos).
- Decidir cuantas veces se medirá la tarea, es fijar el *tamaño de la muestra*. Según el método estadístico se debe realizar un cierto número de observaciones preliminares a un nivel de confianza del 95,45 % y a un margen de error del ± 5 % (Oficina Internacional del Trabajo, 1996, p. 300), como se muestra en la Ecuación [1.17]:

$$\text{número de observaciones} = \left(\frac{40 \times \sqrt{\text{tamaño de la muestra inicial} \times (\sum \text{obs}^2) - \sum (\text{obs})^2}}{\sum \text{observaciones}} \right)^2 \quad [1.17]$$

- Medir y registrar los tiempos y las calificaciones del desempeño.
- Calcular el *tiempo observado* promedio, este tiempo observado es la media aritmética de los tiempos para cada elemento medido, como se muestra en la Ecuación [1.18].

$$\text{Tiempo observado promedio} = \frac{\left(\begin{array}{c} \text{suma de los tiempos registrados} \\ \text{para realizar cada elemento} \end{array} \right)}{\text{número de observaciones}} \quad [1.18]$$

- Calcular el *tiempo normal*, mediante el análisis de la calificación de desempeño para cada elemento, como se muestra en la Ecuación [1.19].

$$\text{Tiempo normal} = (\text{Tiempo observado promedio}) \times \left(\frac{\text{Calificación de desempeño}}{\text{Ritmo estándar}} \right) \quad [1.19]$$

La calificación de desempeño se detalla en la Tabla 1.2 y ajusta el tiempo observado promedio a lo que se espere, realice un trabajador normal. Si el factor de calificación de desempeño es igual a uno el ritmo del trabajador observado es normal, si la calificación de desempeño es mayor a uno indica que el trabajador ejecuta la tarea más rápido que el promedio y si el factor es menor a uno se da todo lo contrario.

Tabla 1.2. Valoraciones del ritmo de trabajo, según la norma británica

ESCALA	DESCRIPCION DE DESEMPEÑO
0	Actividad nula
50	Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo
75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde el tiempo adrede mientras lo observan
100 (Ritmo Tipo)	Activo, capaz como de obrero calificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado
125	Muy rápido el operario actúa con seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio
150	Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar largos periodos; actuación de virtuoso, solo alcanza por unos pocos trabajadores

(Oficina Internacional del Trabajo, 1996, p. 318)

- Determinar el tiempo normal total, mediante la suma del tiempo normal de cada elemento.
- Calcular el tiempo estándar, aplicando la Ecuación [1.20].

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo normal} \times (1 + \text{Factor de holguras}) \quad [1.20]$$

El *factor holgura* se basa en el estudio según las necesidades personales, demoras inevitables del trabajo, y fatiga del trabajador. El Anexo II indica, el

estudio de las *holguras personales* correspondiente al intervalo del 4 % al 7 % del tiempo total, las *holguras por demoras* son el resultado de los estudios de las demoras reales que suceden y las *holguras por fatiga* son el gasto de la energía humana en las diferentes condiciones físicas y ambientales.

1.4 MOTIVACIÓN E INCENTIVOS

1.4.1 MOTIVACIÓN

Para Maslow, la motivación se origina en las necesidades e influyen directamente en el comportamiento, es decir, la motivación de las personas depende de satisfacer necesidades: fisiológicas, de seguridad, sociales, de autoestima y de autorrealización (Münch, 2007, p. 83).

El proceso de motivación se inicia el momento de alcanzar las metas de las empresas, para lo cual es necesario estimular al personal para que se desempeñen productivamente. Dentro de las organizaciones, el factor humano es una ventaja competitiva y mantenerlos motivados, comprometidos y capacitados son parámetros que llevan al éxito a las empresas. Además una forma de conseguir la motivación del personal es mediante incentivos (Varela, 2006, p. 22).

1.4.2 INCENTIVO

El incentivo es el resultado de motivar al individuo cuando los deseos de satisfacer necesidades, se reflejan en la productividad personal y de la empresa. Los incentivos económicos son remuneraciones que se pagan al personal cuando la producción excede el estándar determinado.

La creación del plan de incentivos demanda responsabilidad de quienes lo elaboran, pues debe existir conformidad de todo el personal que se encuentra dentro del estudio para evitar malos entendidos (Dessler, 2009, p. 472; Varela, 2006, p. 22).

Incentivos financieros

Los planes de incentivos económicos benefician no solo a los trabajadores sino también a las empresas y para ser eficaces debe cumplir las siguientes condiciones: ser justos, sencillos, claros, y eficientes. Los planes de incentivos son individuales y grupales (García, 2005, p. 434).

Plan de incentivos individuales

Plan por pieza trabajada

El plan por pieza trabajada los estándares se expresa en piezas por hora y se recompensa a los operarios en proporción directa a la producción. Este plan no garantiza una tasa diaria, el plan por pieza trabajada es uno de los más antiguos, de fácil entendimiento y aplicación sencilla (Dessler, 2009, p. 476).

Plan estándar por horas

En este plan el trabajador percibe una tarifa básica por hora. El estándar se expresa en horas por pieza y el pago está en función de la eficiencia en el uso del tiempo (Dessler, 2009, p. 476).

Plan de incentivos grupales

Plan Scanlon

Este plan está fundamentado por cuatro principios básicos, como son: la cooperación (gerentes y trabajadores), identidad, capacidad, participación y compromiso. El plan Scanlon estimula a todo el personal de la empresa, pues lo hace relacionarse en sí con ella para alcanzar los objetivos de la organización, como se muestra en la Ecuación [1.21] (Niebel y Freivalds, 2009, p. 512).

$$\text{Razón base} = \frac{\text{costo de nómina que deben incluirse}}{\text{valor de la producción(ventas+variación de inventario)}} \quad [1.21]$$

Plan Rucker

El estudio del plan Rucker es similar al plan Scanlon, pues considera el costo de nómina relacionado con el valor agregado de la producción (ventas más cambios

en el inventario menos materiales y suministros adquiridos) (Niebel y Freivalds, 2009, p. 513).

Los incentivos del plan de Scanlon y Rucker se calculan sobre una base mensual. Pueden ser destinados a un fondo de reserva a ser usado cuando en un mes la actuación quede por debajo del estándar.

Plan IMPROSHARE (IMproved PROductivity through SHARing)

Es el plan de mejora de la productividad, el objetivo es producir más unidades con menos horas de mano de obra directa e indirecta, mide el desempeño y estimula a los trabajadores para mejorar la productividad, tal como se muestra en la Ecuación [1.22]. Se consideran los productos aceptables (Niebel y Freivalds, 2009, p. 513).

$$\text{Estándar de horas – trabajo} = \frac{\text{horas-trabajo de producción total}}{\text{unidades producidas}} \quad [1.22]$$

2. METODOLOGÍA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1.1 ANÁLISIS DE LA EMPRESA SERVICIOS INDUSTRIALES METALMECÁNICOS OREJUELA

La empresa Servicios Industriales Metalmecánicos Orejuela (SEIMCO) está ubicada en la provincia de Chimborazo, Riobamba – Ecuador. SEIMCO inicia sus actividades como Mecánica Orejuela (1970), mediante la prestación de servicios de mantenimiento para el sector: agrícola, caminero, de carpintería, de calzado entre otros. A partir del año 2001 comienza con la producción en serie de bisagras de pistón. Actualmente, la empresa ofrece a sus clientes variedad de herrajes metálicos, como son: bisagras de pistón, ruedas (con base horizontal, base vertical, guía roscada, soporte guía y rodachín), aldabas y forjados.

La Tabla 2.1 detalla las aplicaciones para cada uno de los herrajes metálicos, dentro del área de la carpintería metálica, automotriz o de manera general. Es así que, las bisagras de pistón son utilizadas en la carpintería metálica para dar movimiento de vaivén en puertas y ventanas, en el área automotriz se emplean en las puertas de carrocerías, y también son colocadas en las rejillas de alcantarillado.

Tabla 2.1. Familia de productos de SEIMCO

HERRAJES METÁLICOS (PRODUCTOS)		APLICACIÓN
Bisagras de pistón		Carpintería metálica en puertas y ventanas, el área automotriz en puertas de carrocerías, y también en rejillas de alcantarillado.
RUEDAS	Ruedas con base horizontal	Carpintería metálica para puertas corredizas, ubicadas en la parte inferior del alma de la puerta.
	Ruedas con base vertical	Carpintería metálica para puertas corredizas con base de canales tipo G, ubicados en la parte superior de las puertas.
	Ruedas con guía roscada	Carpintería metálica para puertas corredizas con base de canales tipo G, para deslizamiento vertical u horizontal.
	Rodachines	Carpintería metálica para puertas de armarios o baños.
Soporte guía		Carpintería metálica para puertas corredizas ubicadas en la estructura superior del alma de la puerta.
Forjados		Carpintería metálica en: puertas enrollables, defensas de ventanas y puertas, y pasamanos.
Aldabas		Carpintería metálica: seguros de puertas o ventanas.

(SEIMCO, 2015, Catálogo de productos)



2.1.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PRODUCTOS EN SEIMCO

Las ventas por provincias en los años 2013 y 2014 de los productos fabricados en SEIMCO, se muestran en la Tabla 2.2. Siendo la provincia de Chimborazo por la ubicación de la empresa la mayor consumidora de los productos, seguida de las provincias de Tungurahua, Pastaza, Bolívar y Cañar.

Tabla 2.2. Ventas por provincias efectuadas en los periodos 2013 – 2014 de SEIMCO, expresadas en porcentajes

PROVINCIA	2013	2014
Chimborazo	83,41 %	82,55 %
Tungurahua	12,95 %	12,65 %
Pastaza	2,23 %	2,59 %
Bolívar	1,40 %	1,48 %
Cañar		0,73 %

(SEIMCO, 2014, Ventas)

En el año 2013 se ingresa al mercado nuevos productos como son: las ruedas con base vertical, las ruedas con guías roscadas y los rodachines; es por ello que las ventas mensuales de estos productos según la Tabla 2.3 son bajas. En el año 2014 la producción de estos productos aumentó y adicionalmente se introdujo al mercado los soportes guías con ventas mensuales de 35 unidades al mes.

Tabla 2.3. Ventas mensuales por producto en los periodos 2013-2014 y requerimiento para los productos en el año 2015, expresadas en unidades

PRODUCTOS	Venta mensual		Requerimiento mensual con incremento del 20 % en las ventas para el 2015
	2013	2014	
Bisagras de pistón	21 028	23 468	28 162
Forjados	248	1 038	1 246
Ruedas con base horizontal	158	189	227
Aldabas	116	111	133
Ruedas sin base	44	53	64
Soporte guía	0	35	42
Ruedas con base vertical	8	26	31
Rodachines	24	42	50
Ruedas con guía roscada	3	16	19
TOTAL	21 629	24 978	29 974

(SEIMCO, 2014, Producción)



Las ventas de los productos en la empresa realizadas en el año 2014, incrementaron en un 15 % respecto del año anterior, es decir, se fabricó adicionalmente 3 349 unidades al mes, de esa manera se cubrió la demanda del producto en el mercado. En consecuencia, el área de ventas de la empresa, determinó el aumento en las ventas de los productos en un 20 % para el año 2015, debido al análisis realizado de la Tabla 2.3. Es decir, el requerimiento de producción de las bisagras de pistón aumentaría a 28 162 unidades al mes, que corresponde elevar la producción a 4 694 unidades en este producto al mes. El requerimiento de aumentar las ventas del 20 % en la empresa para el año 2015, genera directamente al área de producción la necesidad de desarrollar nuevos métodos de trabajo para alcanzar la meta fijada.

Las bisagras de pistón comprende cinco dimensiones: 3/8", 1/2", 5/8", 3/4" y 1"; la presentación del producto se da en dos y tres cuerpos dando un total de diez productos diferentes de la misma familia, tal como se indica en la Tabla 2.4. Además para alcanzar los 14 081 pares al mes en bisagras de pistón se debe producir individualmente la cantidad propuesta para cada una de las dimensiones. Una vez generada la producción de cada uno de los productos, se determina si se alcanzó la meta propuesta por el área de ventas.

Tabla 2.4. Detalle del requerimiento mensual del 20 % de los productos

PRODUCTO	Dimensión in	Incremento 20 %	PRODUCTO	Dimensión in	Incremento 20 %
Bisagras de Pistón (pares/mes)	3/8×2	3 961	Ruedas con base horizontal (unidad/mes)	1.1/2	65
	1/2×2	1 865		2	60
	5/8×2	2 055		2.1/2	57
	3/4×2	462		3	45
	1×2	167		TOTAL	227
	3/8×3	276	Ruedas con base vertical (unidad/mes)	1.1/2	8
	1/2×3	1 280		2	8
	5/8×3	1 873		2.1/2	7
	3/4×3	1 107		3	8
	1×3	1 035		TOTAL	31
TOTAL	14 081	Ruedas con guía roscada (unidad/mes)	1.1/2	8	
Aldabas (unidad/mes)	133		2	6	
Soporte guía (unidad/mes)	42		2.1/2	5	
Forjados (pares/mes)	623		TOTAL	19	

(SEIMCO, 2014, Producción)



2.2 DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE SEIMCO

2.2.1 PROCESOS DE MANUFACTURA PARA LA FABRICACIÓN DE LOS PRODUCTOS

SEIMCO trabaja con dos tipos de procesos de manufactura: por arranque de viruta y sin arranque de viruta, tal como se muestra en la Figura 2.1. Dentro del proceso por arranque de viruta se encuentra el torneado, taladrado, fresado, las operaciones a realizar son: cilindrar, roscar, perfilar, perforar, ranurar, entre otras. El proceso sin arranque de viruta incluye el cizallamiento, prensado, sus operaciones son corte, desgarre, doblez y aplastamiento.

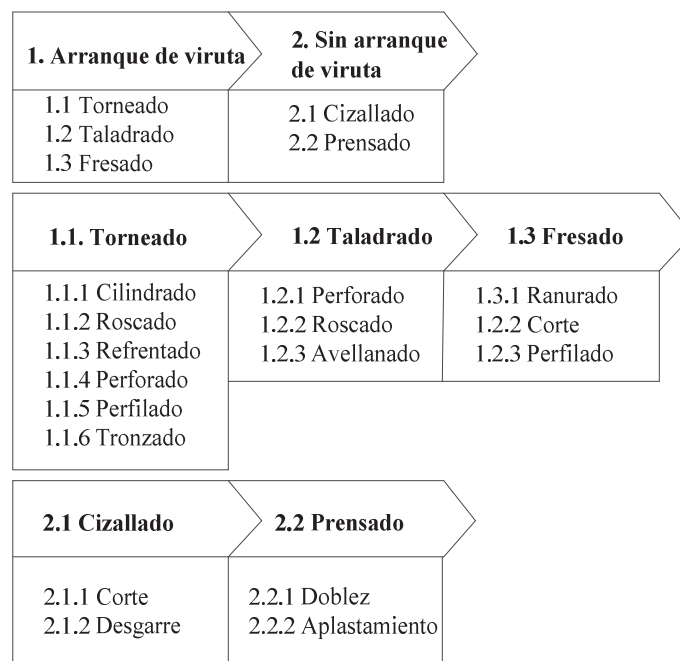


Figura 2.1. Procesos de manufactura de SEIMCO

La aplicación de los procesos de manufactura para cada uno de los productos de SEIMCO se resumen en la Tabla 2.5, así, las partes para obtener la bisagra de pistón se fabrica en dos tornos revólver y cuyo proceso de mecanizado se da mediante el arranque de viruta con operaciones de perforación, cilindrado y tronzado (corte).

Tabla 2.5. Procesos de manufactura aplicados en los productos de SEIMCO

PRODUCTO	MÁQUINA	COD	PROCESO	OPERACIÓN
Bisagras de pistón	Torno revólver	TR1-TR2	Arranque de viruta	Perforado, cilindrado y tronzado(corte)
Ruedas con base horizontal	Tronzadora	TZ1	Arranque de viruta	Corte
	Prensa hidráulica	PH1	Sin arranque de	Doble en U
	Taladro	TL1	Arranque de viruta	Perforado
	Sierra vaivén	SV1	Arranque de viruta	Corte
	Torno: paralelo y automático	TP1 TA1	Arranque de viruta	Perforado, cilindrado y perfilado
Ruedas con base vertical	Tronzadora	TZ1	Arranque de viruta	Corte
	Taladro	TL1	Arranque de viruta	Perforado
	Sierra vaivén	SV1	Arranque de viruta	Corte
	Torno paralelo	TP1	Arranque de viruta	Cilindrado y perfilado
Rueda con guía	Torno paralelo	TP1	Arranque de viruta	Cilindrado
Soporte Guía	Taladro	TL1	Arranque de viruta	Perforado
	Sierra vaivén	SV1	Arranque de viruta	Corte
	Torno: paralelo y automático	TP1 TA1	Arranque de viruta	Cilindrado, perforado y refrentado
	Cortador por plasma	CP1	Sin arranque de	Corte
Rodachín	Torno revólver	TR1	Arranque de viruta	Perforado y perfilado
Aldaba	Dobladora de tubo	S/N	Sin arranque de	Doble circular
	Tronzadora	TZ1	Arranque de viruta	Corte
	Taladro	TL3	Arranque de viruta	Perforado
	Cizalla manual	CZ1	Sin arranque de	Corte
	Soldadora eléctrica	S/N	Sin arranque de	Unión
Forjados	Cortadora plasma	CP1	Sin arranque de	Corte
	Prensa hidráulica	PH1	Sin arranque de	Doble semicircular

2.2.2 PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LOS PRODUCTOS DE SEIMCO

2.2.2.1 Proceso de producción de Bisagras de pistón

Las bisagras de pistón están formadas por dos elementos, como son: el alojamiento y el guía. Sin embargo, ésta familia de productos se compone de cinco dimensiones (3/8", 1/2", 5/8", 3/4" y 1"), además la presentación del producto es en dos y tres cuerpos dando un total de diez productos diferentes. A continuación se detalla el proceso de producción para las bisagras de pistón:

Descripción del proceso de producción de las bisagras de pistón de 3/8" a 3/4" de dos y tres cuerpos

El proceso de producción de las bisagras de pistón es por arranque de viruta, como indica la Figura 2.2. Para la producción del alojamiento se coloca el material



en el soporte del torno revólver y mediante el accionamiento de los mecanismos de la máquina herramienta se perfora y corta el material a dimensiones especificadas en el plano de ingeniería, Anexo IV, Figura AIV.1.

La fabricación del guía se realiza en un segundo torno revólver, la forma cónica que se obtiene en el corte es el acabado propio para las bisagras de pistón de dos cuerpos; mientras que, para la presentación de tres cuerpos, la operación de corte se realiza en la máquina tronzadora. Una vez cortados los guías se trasladan al torno paralelo para la operación del cilindrado. Culminada las operaciones de mecanizado se procede al ensamble del guía y alojamiento.

Descripción del proceso de producción de las bisagras de pistón de 1", de dos y tres cuerpos

La producción de este tipo de bisagras se detalla en la Figura 2.3. Para la producción del alojamiento se corta el material en la máquina tronzadora, una vez realizada esta operación y se traslada al torno automático para perforar a la profundidad especificada en el plano de ingeniería del Anexo IV, Figura AIV.1.

La elaboración del guía de la bisagra de pistón de dos y tres cuerpos se cortan en la máquina tronzadora y se trasladan al torno automático para la operación de cilindrado. Al finalizar el mecanizado se lima la superficie del producto. Culminadas las operaciones de manufactura se procede a ensamblar el guía y el alojamiento, y posteriormente se traslada al área de producto terminado para el empaque.

2.2.2.2 Proceso de producción de Ruedas con Base Horizontal

Las ruedas con base horizontal están formadas por dos partes principales, como son: la rueda y la base; estos herrajes metálicos se representan en cinco dimensiones: 1"1/2, 2", 2"1/2 y 3". Los procesos de producción que se realizan son: por arranque de viruta y sin arranque de viruta, en la Figura 2.4 se presentan las operaciones que se efectúan para este producto. A continuación se detalla el proceso de producción para las ruedas con base horizontal:



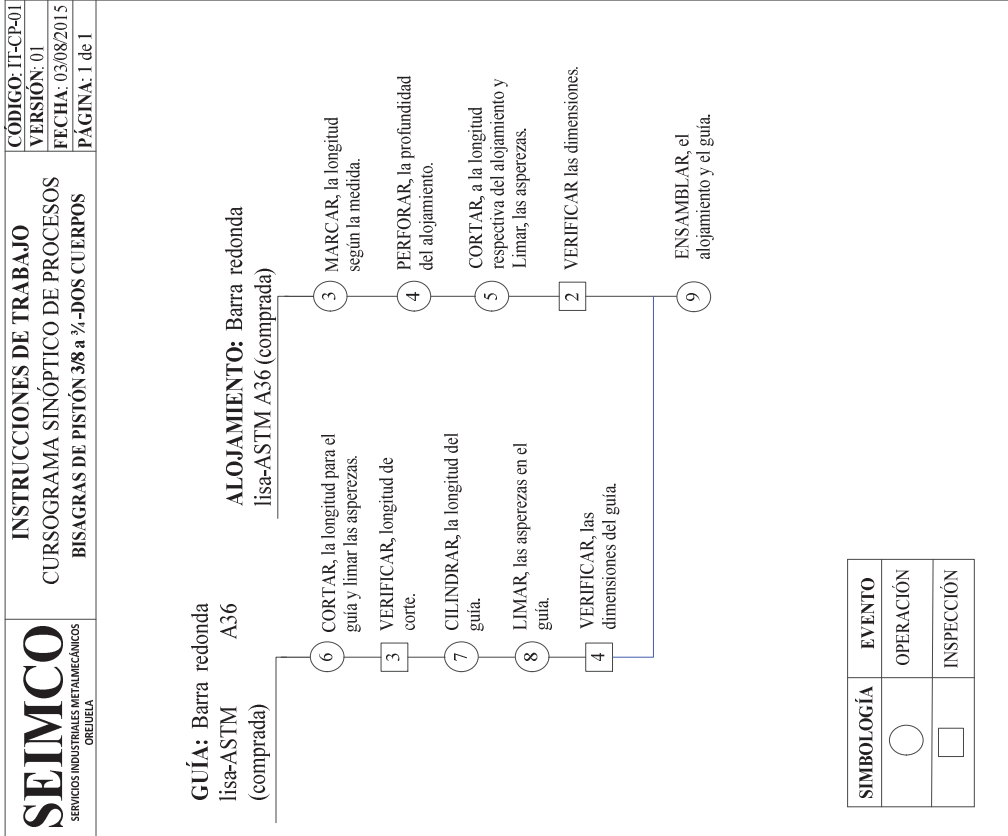
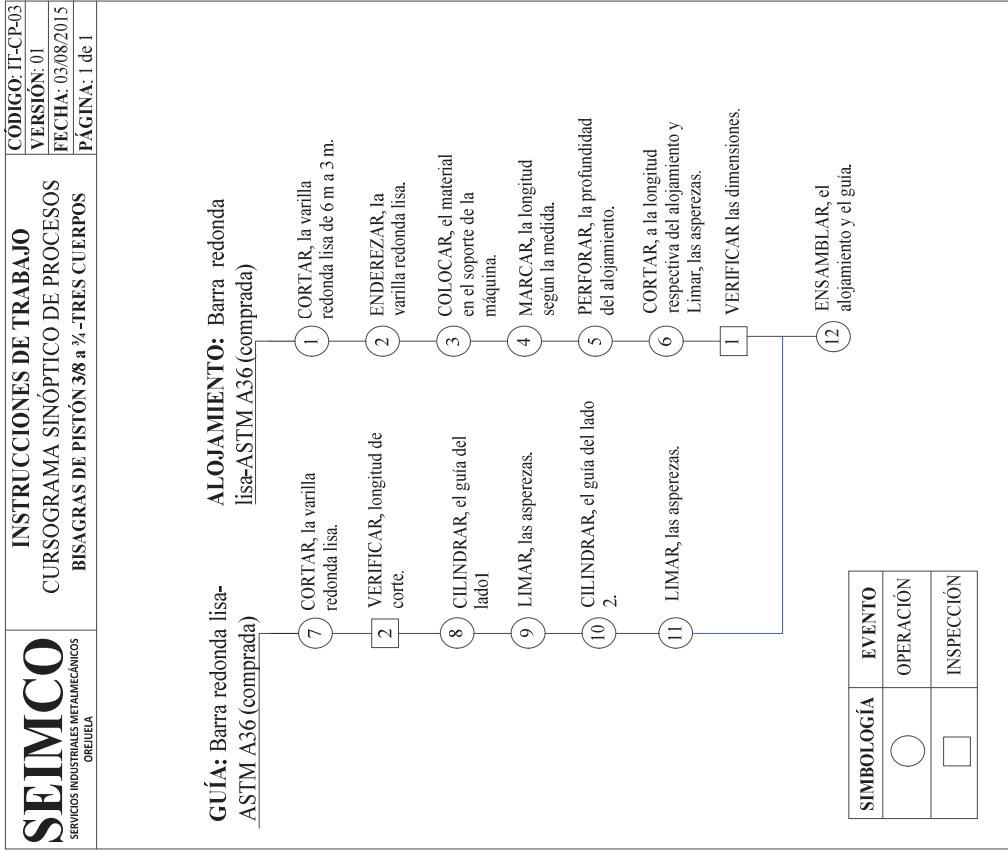


Figura 2.2. Cursosograma sinóptico de procesos – Bisagras de Pistón de 3/8” a 3/4” de dos cuerpos y tres cuerpos

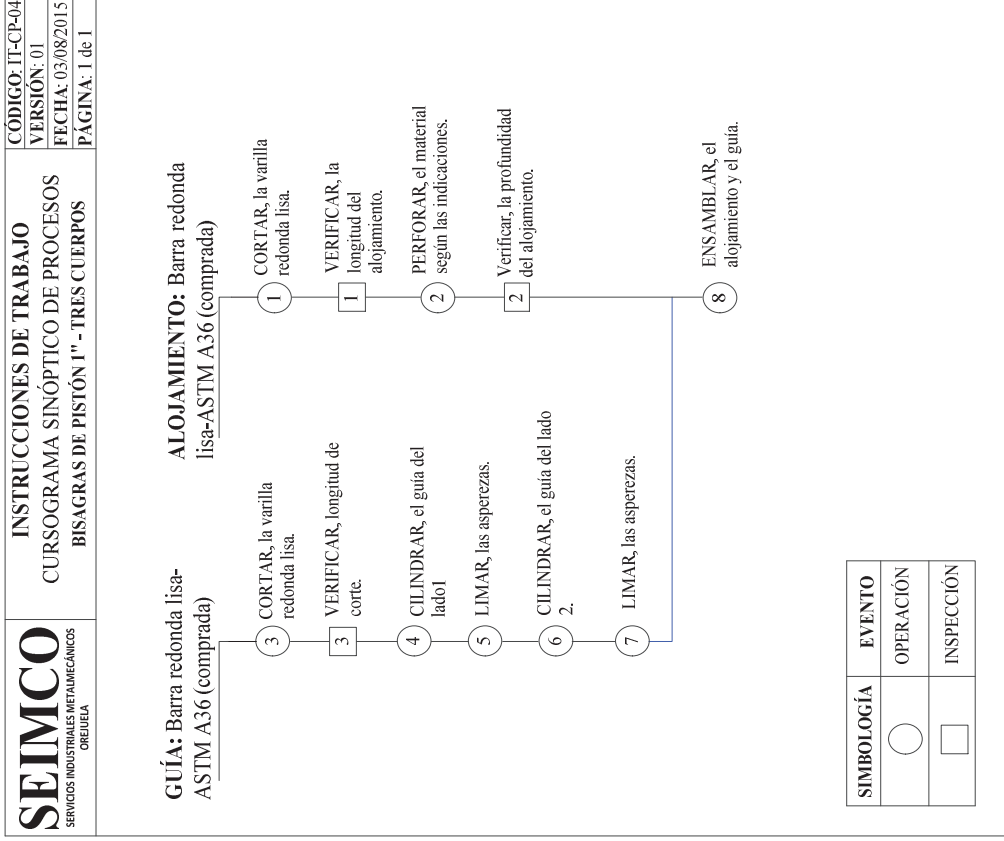
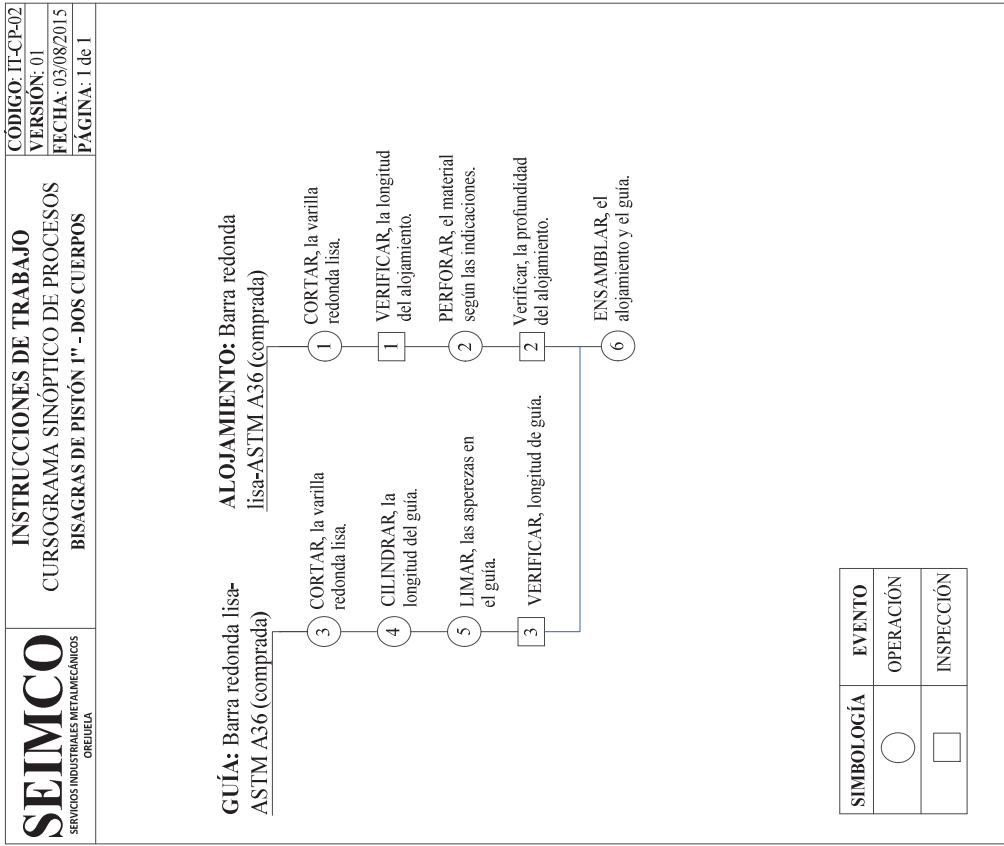


Figura 2.3. Cursoograma sinóptico de procesos - Bisagra de Pistón 1” de dos y tres cuerpos

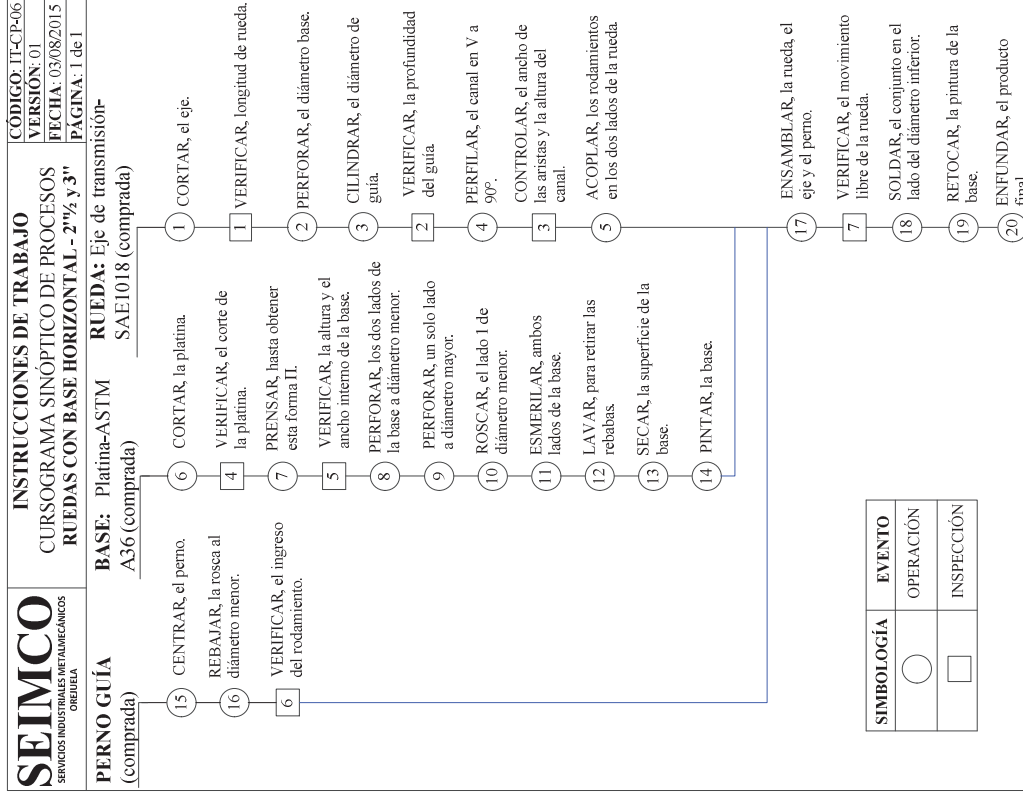
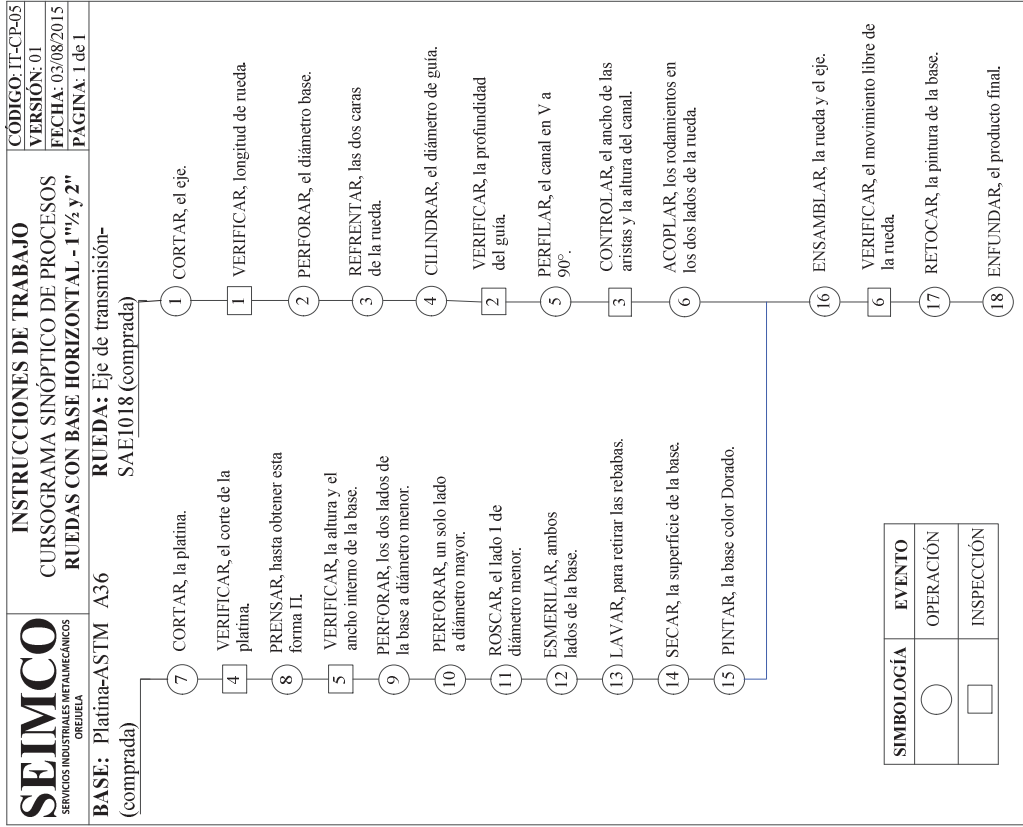


Figura 2.4. Cursograma sinóptico de procesos-rueda con base horizontal 1"½, 2", 2"½ y 3"

En la máquina tronzadora se corta el material para elaborar la base, este material se traslada hacia la prensa hidráulica vertical para realizar el doblado en U (Γ), según las dimensiones especificadas en el plano de ingeniería del Anexo IV, Figura AIV.2. Las perforaciones en las bases se efectúan a ambos lados y adicionalmente perfora a un diámetro mayor con el objetivo de roscar el lado de diámetro menor. Las asperezas metálicas de la superficie de la base producto del mecanizado son pulidas y se preparan para pintarlas.

El mecanizado de las ruedas inicia con el corte del material en la sierra vaivén, la elaboración continúa con la perforación en el torno automático, se cambia al torno paralelo para la operación de cilindrado interno del guía (ambos lados de la rueda) hasta obtener la profundidad descrita en el plano de ingeniería del Anexo IV, Figura AIV.2. Para terminar de mecanizar la rueda, se ejecuta en el torno paralelo un canal en V a 90° , el mismo que da la forma final de la rueda. Terminado las operaciones de mecanizado en la rueda, se procede a acoplar los rodamientos en ambos lados de la rueda.

El producto en sí, se termina de ensamblar con la unión de la rueda y la base, mediante la ayuda de un perno que fija las dos partes principales del producto. Sin embargo para, el ensamble final de las ruedas de $2\frac{1}{2}$ y 3 " es necesario reducir el diámetro de la rosca del perno. La reducción se obtiene mediante el cilindrado en la longitud total de la rosca del perno, terminado este mecanizado se acopla la base y la rueda con el perno, finalmente se coloca un punto de suelda en el extremo roscado de la base.

Al finalizar, el proceso de ensamble de los cuerpos es importante retocar la pintura en las secciones faltantes. La rueda con base horizontal se traslada al área de empaque, donde se enfunda el producto.

2.2.2.3 Proceso de producción de Ruedas con Base Vertical

Las ruedas con base vertical están formadas por dos cuerpos, el guía y la base. Las dimensiones en esta familia de ruedas son: $1\frac{1}{2}$, 2 ", $2\frac{1}{2}$ y 3 ". El proceso de producción que se realiza es por arranque de viruta y en la Figura 2.5 se presenta

las operaciones que se efectúan en este producto. A continuación se detalla el proceso de producción para las ruedas con base vertical:

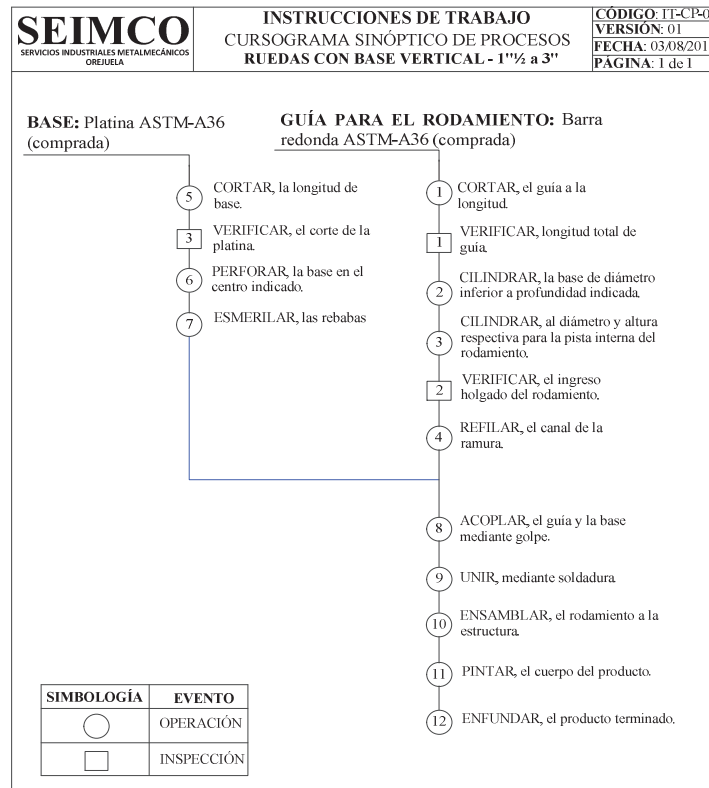


Figura 2.5. Cursograma sinóptico de procesos -Ruedas con Base Vertical 1"1/2 a 3"

El mecanizado de las ruedas con base vertical empieza con el corte del guía en la sierra vaivén, según las especificaciones indicadas en el plano de ingeniería del Anexo IV, Figura AIV.3. Además, es necesario realizar dos cilindrados, el primer cilindrado se efectúa en la parte superior del guía dejando una distancia significativa para el ingreso del rodamiento y el segundo cilindrado de la parte inferior es la unión de los dos cuerpos (guía - base). En la primera superficie cilindrada se realiza una ranura para colocar el anillo de seguridad que fija al rodamiento en el guía.

La operación para obtener la base empieza con el corte del material en la máquina tronzadora, este material se traslada al taladro para perforarlo. Terminada la operación de mecanizado se pule la superficie para eliminar las asperezas metálicas.

Con un leve golpe se acopla el guía y la base, y girando a 180° el cuerpo se procede a colocar un punto de suelda. Para culminar los ensambles se coloca el rodamiento en la superficie correspondiente y se fija mediante el anillo de seguridad colocado en la ranura. Finalmente se pinta el producto ensamblado y se traslada al área del producto terminado, para el respectivo empaque.

2.2.2.4 Proceso de producción de Ruedas con Guía Roscada

Las ruedas con guía roscada están formadas principalmente por el guía. Las dimensiones en esta familia de rueda son: 1"1/2, 2" y 2"1/2. El proceso de producción que se realiza es por arranque de viruta y en la Figura 2.6 se presenta el proceso de fabricación de este producto, donde se especifica las operaciones a realizarse. A continuación se detalla el proceso de producción para las ruedas con guías roscadas:

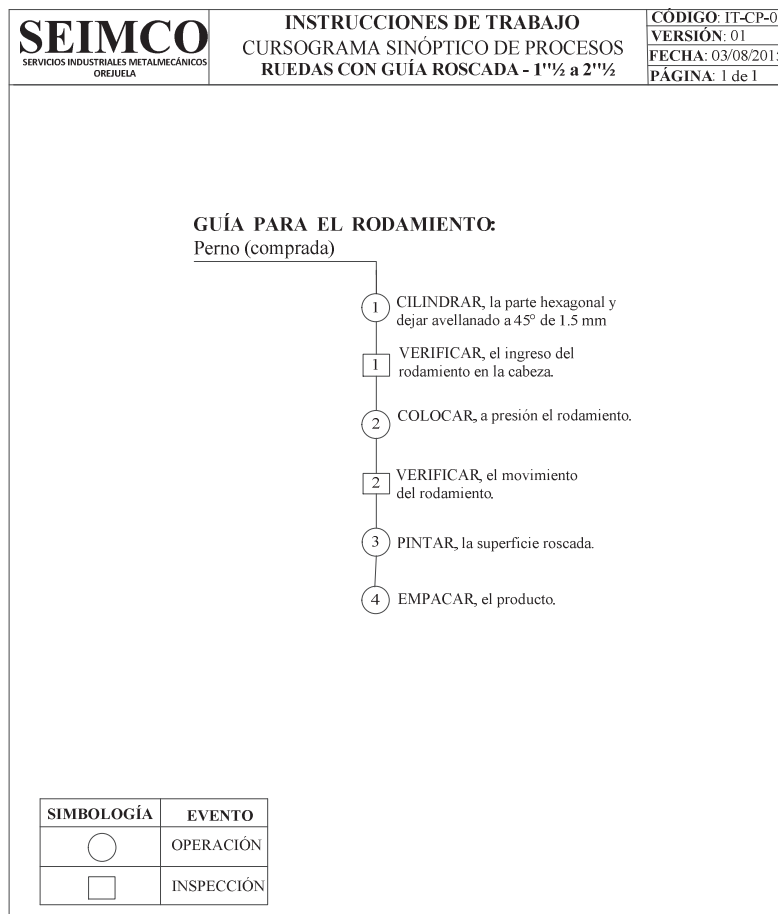


Figura 2.6. Cursograma sinóptico de procesos -Rueda con Guía Roscada 1"1/2 a 2"1/2

La operación de mecanizado empieza con el cilindrado y la formación del avellanado en la cabeza del perno, según las especificaciones indicadas en el plano de ingeniería del Anexo IV, Figura AIV.4. Después del cilindrado, se verifica que exista el juego exacto para que pueda ingresar el rodamiento en la cabeza cilindrada.

Una vez terminado el proceso de manufactura se procede al ensamble del rodamiento y guía mediante un golpe leve. Para finalizar se pinta la rosca guía y ésta se traslada al área de producto terminado, para el empaque respectivo.

2.2.2.5 Proceso de producción de Soporte Guía

La estructura del soporte guía está formado por cuatro ruedas y el soporte principal. Los procesos de producción para este producto son mediante arranque de viruta y sin arranque de viruta, en la Figura 2.7 se presenta las operaciones que se realizan para cada una de las partes del producto. A continuación se detalla el proceso de producción para el soporte guía:

El mecanizado de la rueda inicia con el corte de los ejes de nylon en la sierra vaivén, según las especificaciones técnicas del plano de ingeniería del Anexo IV, Figura AIV.5. Después este material se coloca en el torno automático para su respectiva perforación y se cilindran las ruedas a profundidad definida a ambos lados para finalizar se refrenta las asperezas dejadas por el mecanizado.

La elaboración del soporte principal se realiza mediante la operación de corte por plasma, en la base plana del soporte principal se perforan los agujeros y con la ayuda del taladro fresador se realiza los agujeros ovalados.

Al finalizar las operaciones de manufactura es necesario pulir el material, pues en la superficie queda rebabas metálicas de las operaciones anteriores, una vez culminada esta operación es necesario pintar el soporte principal. El ensamble del producto se realiza mediante los pernos, arandelas y tuercas que fijan el deslizamiento de las ruedas del soporte principal, finalmente se traslada el soporte guía al área de producto terminado para el empaque respectivo.

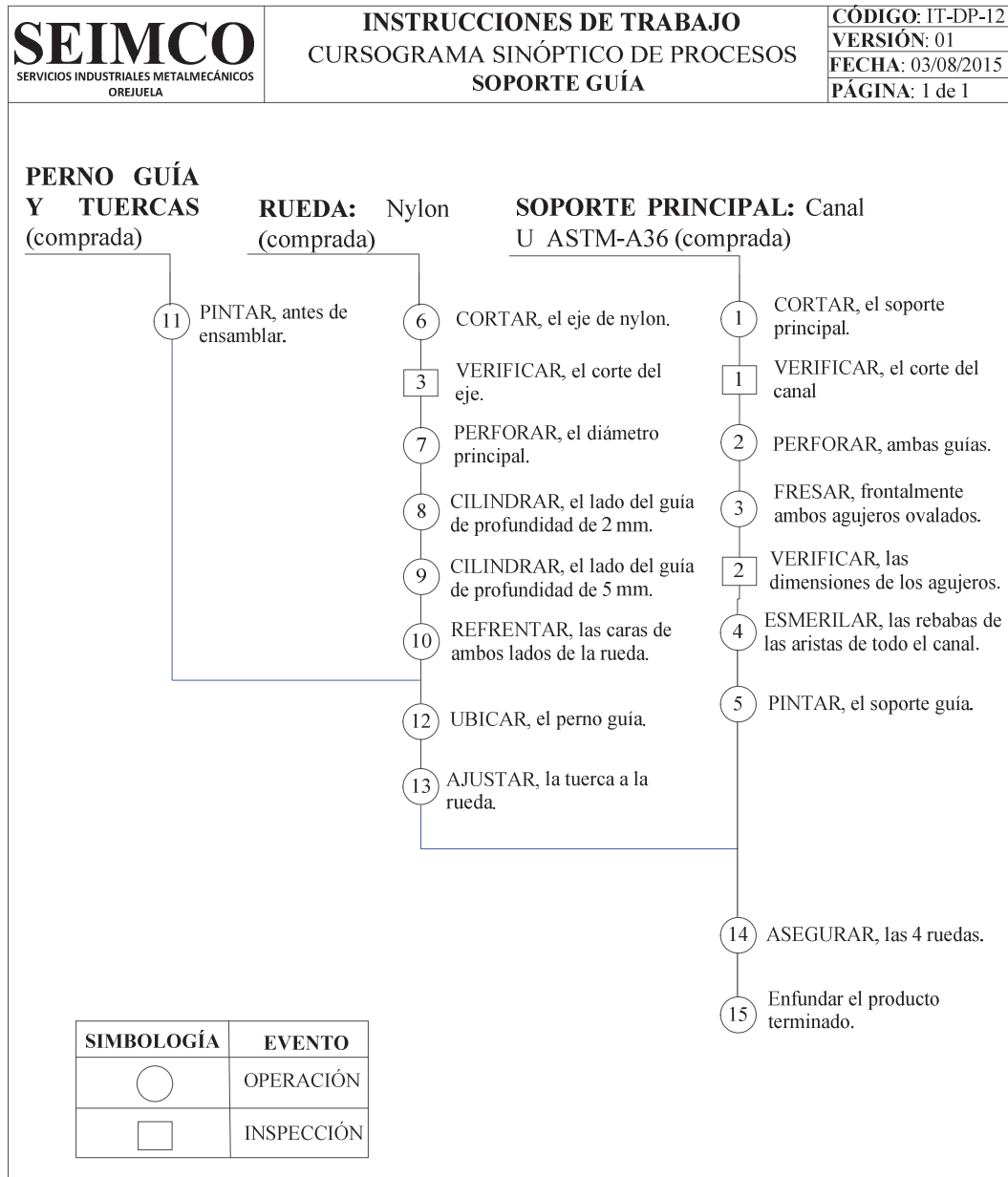


Figura 2.7. Cursograma sinóptico de procesos -Soporte Guía

2.2.2.6 Proceso de producción de Aldaba

La estructura de la aldaba está formado por el maguito y las bases de 3/4" x 1/4" y 3/4" x 1/8". Los procesos de manufactura para este producto son por arranque de viruta y sin arranque de viruta, en la Figura 2.8 se presenta las operaciones que se realizan para cada una de las partes del producto. A continuación se detalla el proceso de producción de las aldabas:

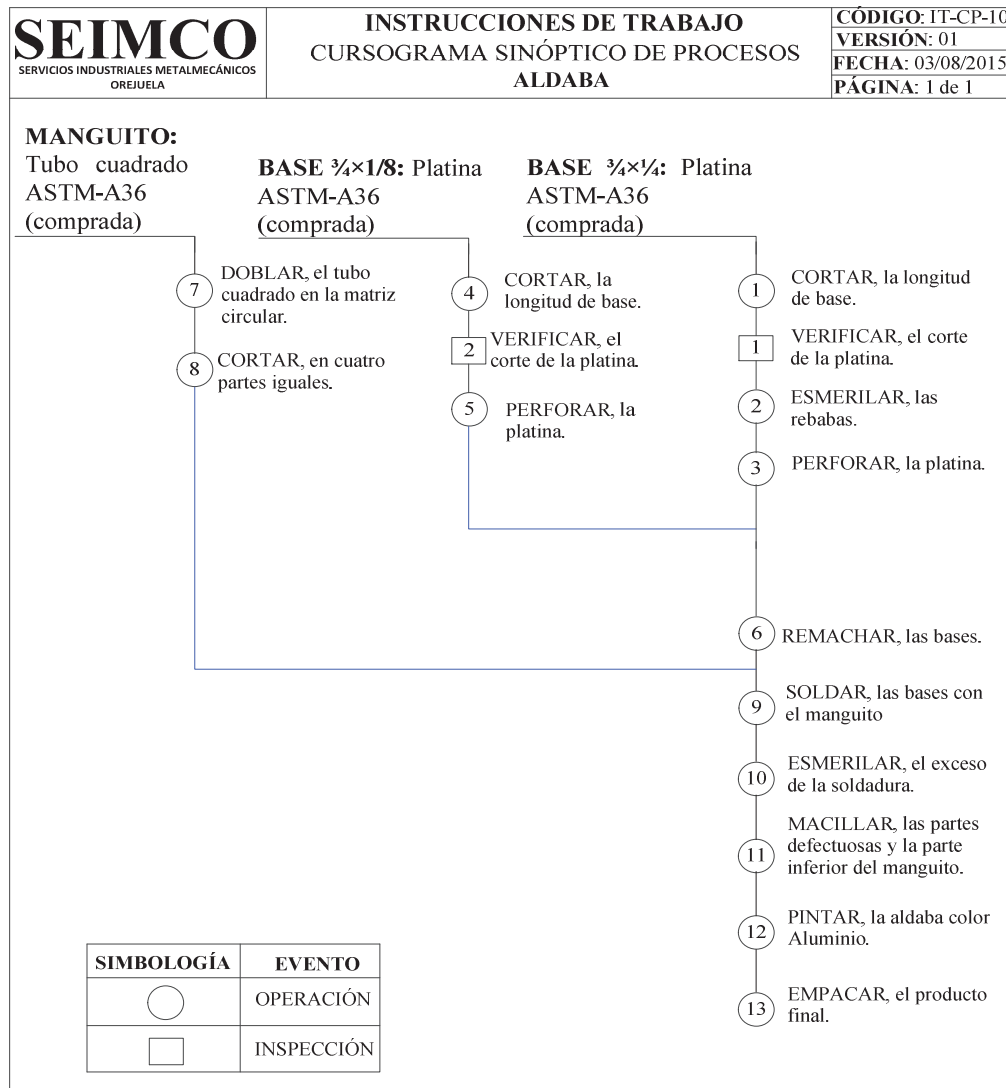


Figura 2.8. Cursograma sinóptico de procesos – Aldabas

La producción del manguito se realiza mediante el doblado del material en una matriz circular, una vez dada la forma se divide el material en cuatro partes iguales y se procede con el corte a longitud especificada en el plano de ingeniería del Anexo IV, Figura AIV.6.

Los cortes de las bases se realizan según el espesor del material, es decir, el corte de la base de 3/4" x 1/8" se obtiene mediante el cizallamiento manual del material y el corte de la base de 3/4" x 1/4", se obtiene mediante una máquina tronzadora; las rebabas de esta operación se pulen. Las bases se trasladan al taladro y se perfora (el diámetro de perforación para las dos bases es igual).

Culminada las operaciones de mecanizado se procede a unir las dos bases mediante un golpe ligero en el vástago del remache.

El manguito y las bases son unidos mediante soldadura eléctrica, después de esta operación es necesario pulir las superficies debido al exceso de soldadura o por las chispas dejadas. Las partes defectuosas y la parte inferior del manguito son cubiertas con una capa de macilla. Limpia la superficie del producto se procede a pintar. Una vez seco el producto se traslada al área para su respectivo empaque.

2.2.2.7 Proceso de producción de Rodachín

El rodachín es una rueda pequeña de 7/8". El proceso de producción para este producto es por arranque de viruta y la Figura 2.9 presenta las operaciones para desarrollar este producto. A continuación se detalla el proceso de producción para los rodachines:

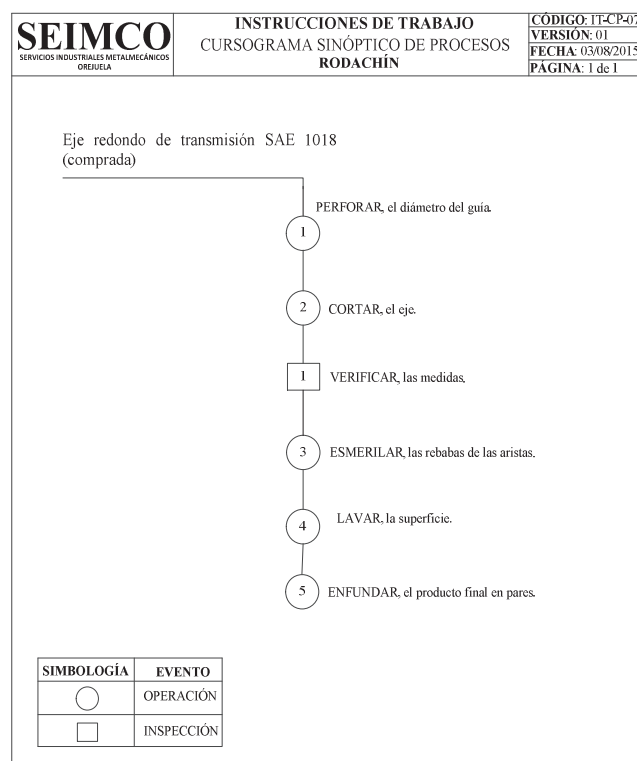


Figura 2.9. Cursograma sinóptico de procesos –Rodachín

En el soporte del torno revólver se ubica el material, la cuchilla y el tope de fijación del material son únicos para esta operación. La perforación y el corte se realizan a la profundidad y longitud respectivamente, especificada en el plano de ingeniería del Anexo IV, Figura AIV.7. Una vez culminado el proceso de mecanizado, se pulen las aristas del producto, para retirar las rebabas. Adicionalmente, es necesario lavar el rodachín para obtener una superficie limpia. Finalizado las operaciones de limpieza el producto es trasladado al área de empaque.

2.2.2.8 Proceso de producción de Forjados

Las varillas forjadas se componen de tres dimensiones, como son: 8, 10 y 12 mm, la presentación de este producto es según la longitud, es decir, largos de 1,60 m y cortos de 1,20 m; dando un total de seis productos diferentes. El proceso de producción es sin arranque de viruta y en la Figura 2.10 se presenta las operaciones que se realizan para obtener el producto. A continuación se detalla el proceso de producción para los forjados:

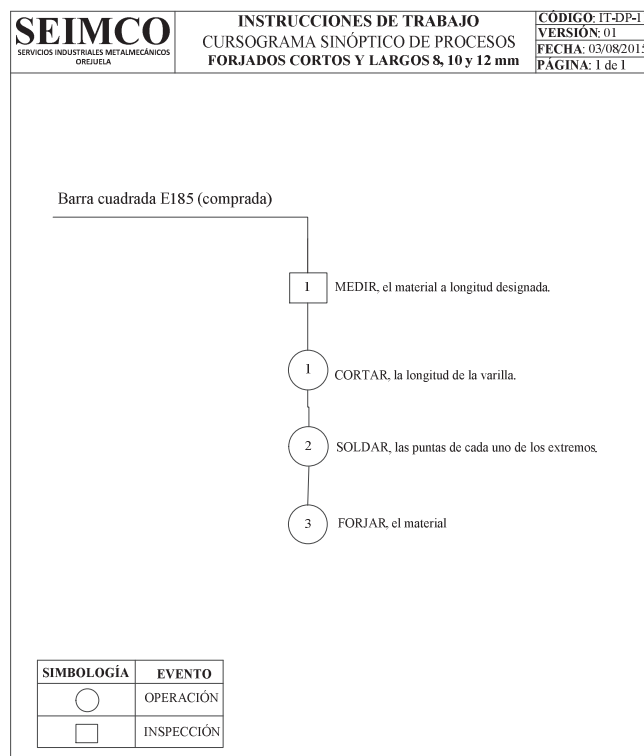


Figura 2.10. Cursograma sinóptico de procesos -Varillas Forjadas cortos y largos

Las varillas forjadas se ubican en lotes de aproximadamente 25 unidades, la medición depende de las especificaciones técnicas, es decir, si es para una varilla forjada corta o larga, tal como se puede determinar en el plano de ingeniería del Anexo IV, Figura AIV.8. Se corta el material con la cortadora por plasma y colocando las varillas en parejas se unen mediante puntos de soldadura en los extremos del producto. Dispuesto el material en parejas y con la ayuda de la prensa hidráulica vertical, mediante presión, se procede a dar forma a las varillas obteniendo el forjado deseado según el molde dispuesto en la máquina. Finalizado el forjado se traslada al área de empaque.

2.3 DISEÑO DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE MÉTODOS

El diseño del programa de ingeniería de métodos, basado en la medición del trabajo y productividad de la empresa, se desarrolló con la aplicación de ocho etapas, como son: selección del trabajo a mejorar, registro de datos, análisis de los datos, desarrollo e implementación del método propuesto, análisis del método implementado (propuesto), definición de estándares y la evaluación continua del método propuesto.


2.3.1 SELECCIÓN DEL TRABAJO A MEJORAR

La selección del trabajo se realizó de forma cualitativa con la aplicación de guías para el análisis del trabajo y lugar de trabajo, tal como se muestra en la Tabla 2.6. Las guías fueron analizadas cuantitativamente en tablas ponderadas, desarrolladas en la sección 3.1; y determinan el producto con mayor priorización de estudio en el desarrollo del programa.

Los criterios de valoración para la selección del producto están conformados por: aspectos técnicos, económicos y humanos; resumidas en los siguientes términos: demanda del producto en el mercado (producto con mayor rotación en el mercado), control de producción (información técnica de los productos: lista de materiales, cursograma de procesos, cursograma de flujo; disposición de los

centros de trabajo, tipo de maquinaria), personal capacitado (el nivel de conocimiento y destrezas en el desarrollo de las actividades) y condiciones ambientales en el lugar de trabajo (iluminación, ruido, ventilación, vibración; presentes al momento de ejecutar las operaciones de mecanizado).

Tabla 2.6. Guía cualitativa-Selección del trabajo y análisis del lugar de trabajo en SEIMCO

	SEIMCO SERVICIOS INDUSTRIALES METALMECANICOS OREJUELA	GUÍAS CUALITATIVAS: SELECCIÓN DEL TRABAJO Y ANÁLISIS DEL LUGAR DE TRABAJO, APLICADA EN SEIMCO
SELECCIÓN DEL TRABAJO Y ANÁLISIS DEL LUGAR DE TRABAJO APLICADA EN SEIMCO		
Investigación propuesta por:	Motivos de la propuesta:	
Producto:		
<i>DATOS DE PRODUCCIÓN</i>		
¿Cuál es la producción por semana?		
¿Cuántos operarios forman parte del trabajo de producción?		
¿Está definido un método de trabajo?		
<i>FACTORES EN LA FABRICACIÓN DEL PRODUCTO</i>		
¿Qué maquinarias se utilizan para elaborar el producto?		
¿Qué procesos de manufactura se utilizan dentro del trabajo?		
¿Cuándo y cómo se efectúa la inspección del producto?		
¿Existen diagramas que representen el flujo del proceso?		
¿Este ítem forma parte de una familia de productos? Indique		
Los centro de mecanizado se encuentran ubicados según el trabajo. Indique las distancias.		
¿Existe espacio disponible?		
¿Es posible modificar el producto, para que sea más fácil su fabricación?		
¿Qué tipo de movimientos están involucrados?		
¿Existe algún levantamiento de cargas?		
¿Las materias primas y demás elementos están disponibles en el mercado? Media Alta Baja		
<i>FACTORES DEL PERSONAL</i>		
Motivación: Media Alta Baja		
Satisfacción en el trabajo: Media Alta Baja		
Nivel de educación: Aprendiz Técnico mecánico Ingeniero		
Nivel de destreza: Media Alta Baja		
Equipo de protección personal:		
<i>FACTORES DEL AMBIENTE DE TRABAJO</i>		
¿La iluminación es adecuada para el lugar de trabajo?		
¿Es aceptable el nivel de ruido? ¿Se puede modificar alguna parte física de la máquina?		
¿Existe vibración?		
<i>FACTORES ADMINISTRATIVOS</i>		
¿Existen incentivos salariales?		
¿Hay rotación en el trabajo? ¿Ampliación del horario de trabajo?		
¿Se imparte entrenamiento o instrucción acerca del trabajo?		

2.3.2 REGISTRO DE DATOS

La información necesaria para elaborar cada uno de los productos, se registraron en los planos de ingeniería, detallados en el Anexo AIV compuesto por: gráfico bidimensional, dimensiones principales, tipos de materiales y normas por cada material.

La Figura 2.11 a la Figura 2.14 detallan los requerimientos de materiales y ensamble necesarios para producir los productos de SEIMCO. La Tabla 2.7 describe la codificación de los productos que se muestran en el árbol estructural, para ello se aplicó la tecnología de grupos considerando aspectos del material, como: dimensión, tipo, forma externa, recubrimiento, calidad y proceso de obtención.

Tabla 2.7. Descripción para la codificación de los productos

DIGITO 1	DIGITO 2	DIGITO 3	DIGITO 4	DIGITO 5	DIGITO 6	DIGITO 7	
Clase de la parte	Dimensión	Tipo de material	Forma externo del material	Recubrimiento del material	Calidad del material	Proceso de obtención	
0	Rotacional	$L/D \leq 0,5$	Barra lisa	Cuadrado	Sin recubrimiento	ASTM A36	Comprado
1	No rotacional	$0,5 < L/D > 3$	Canal	Hexagonal	Galvanizado	Grado E 185	Ensamblado
2		$L/D \geq 3$	Eje de transmisión	Rectangular	Negro	Plástico	Fabricado
3			Plancha	Redondo	Normalizado	SAE 1018	
4			Platina	Tipo U		Normalizado	
5			Tubo	Normalizado			
6			Normalizado				

Las operaciones actuales de producción se registraron en los cursogramas sinópticos de procesos de la Figura 2.3 a la Figura 2.10. El diagrama de flujo de proceso describe: las operaciones, transportes, inspección, demoras, almacenamiento, además del tiempo que se genera para fabricar cada uno de los productos, tal como se demuestra en el Anexo AVII. La distribución física de cada activo del área productiva de la empresa y el recorrido que se realiza para la elaboración de los productos fueron modelados en el layout o diagrama de disposición de maquinarias de la Figura 3.1 a la Figura 3.6.

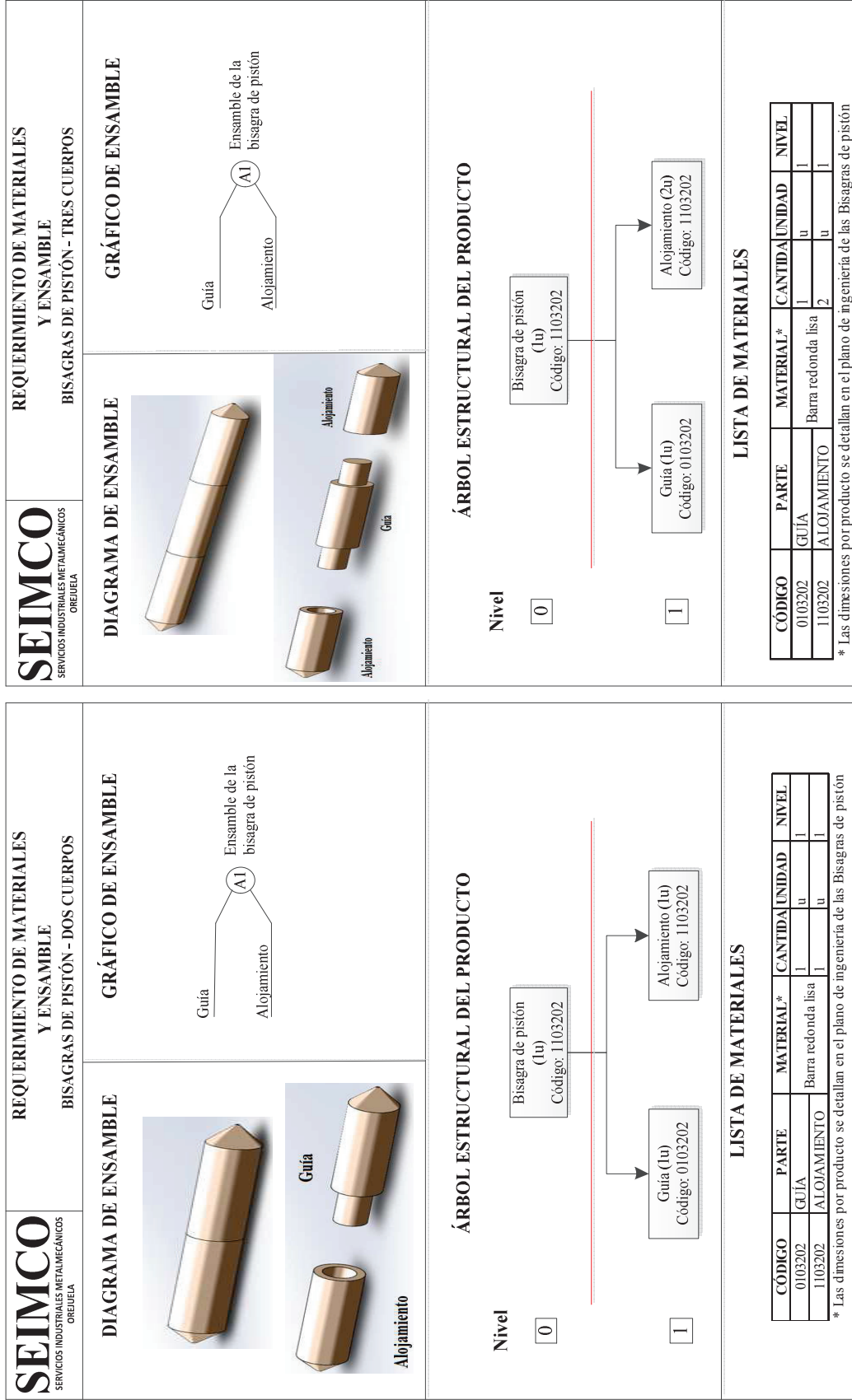


Figura 2.11. Requerimiento de materiales y ensamble de pistón de dos y tres cuerpos

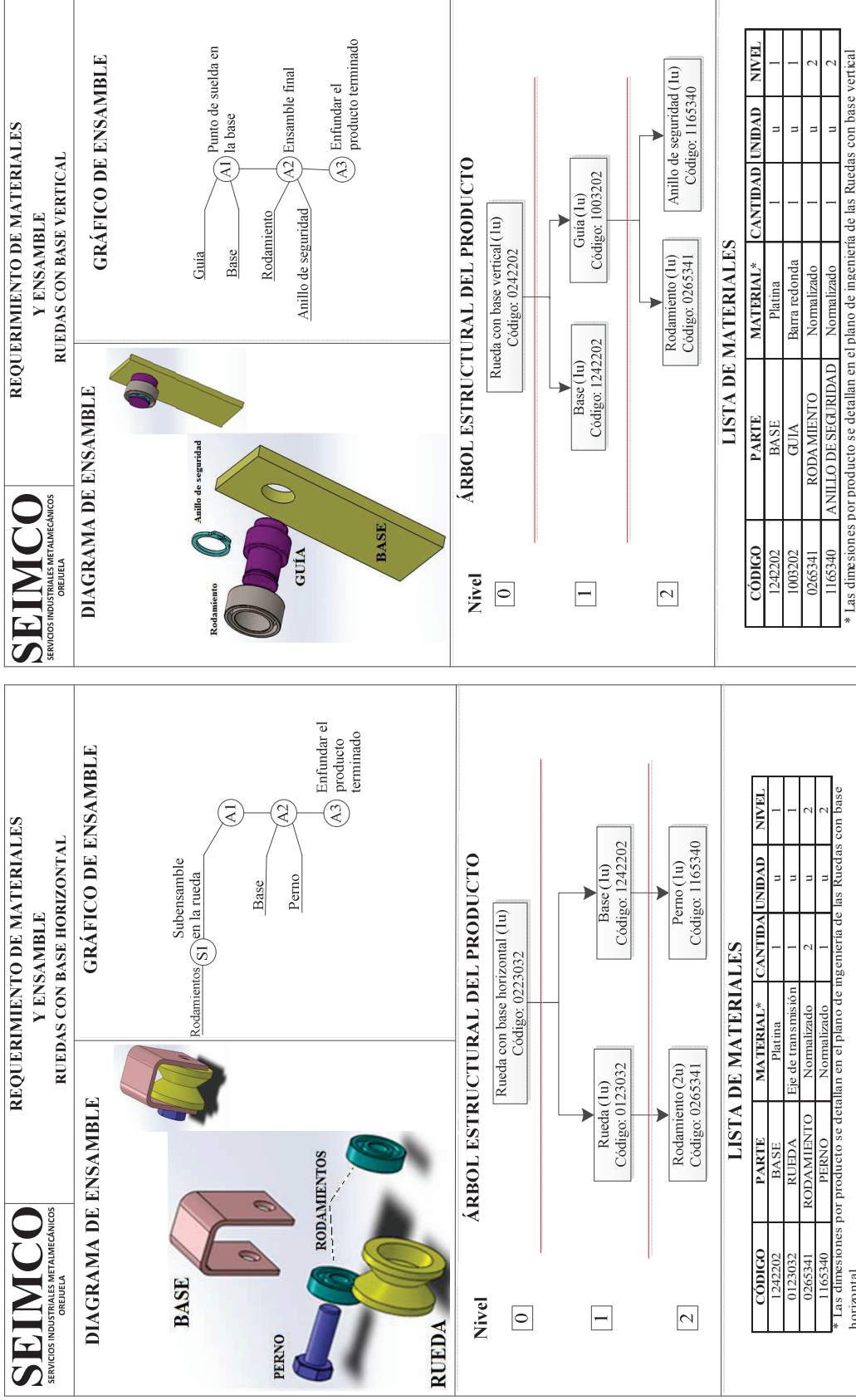


Figura 2.12. Requerimiento de materiales y ensamble del producto - rueda con base horizontal y rueda con base vertical

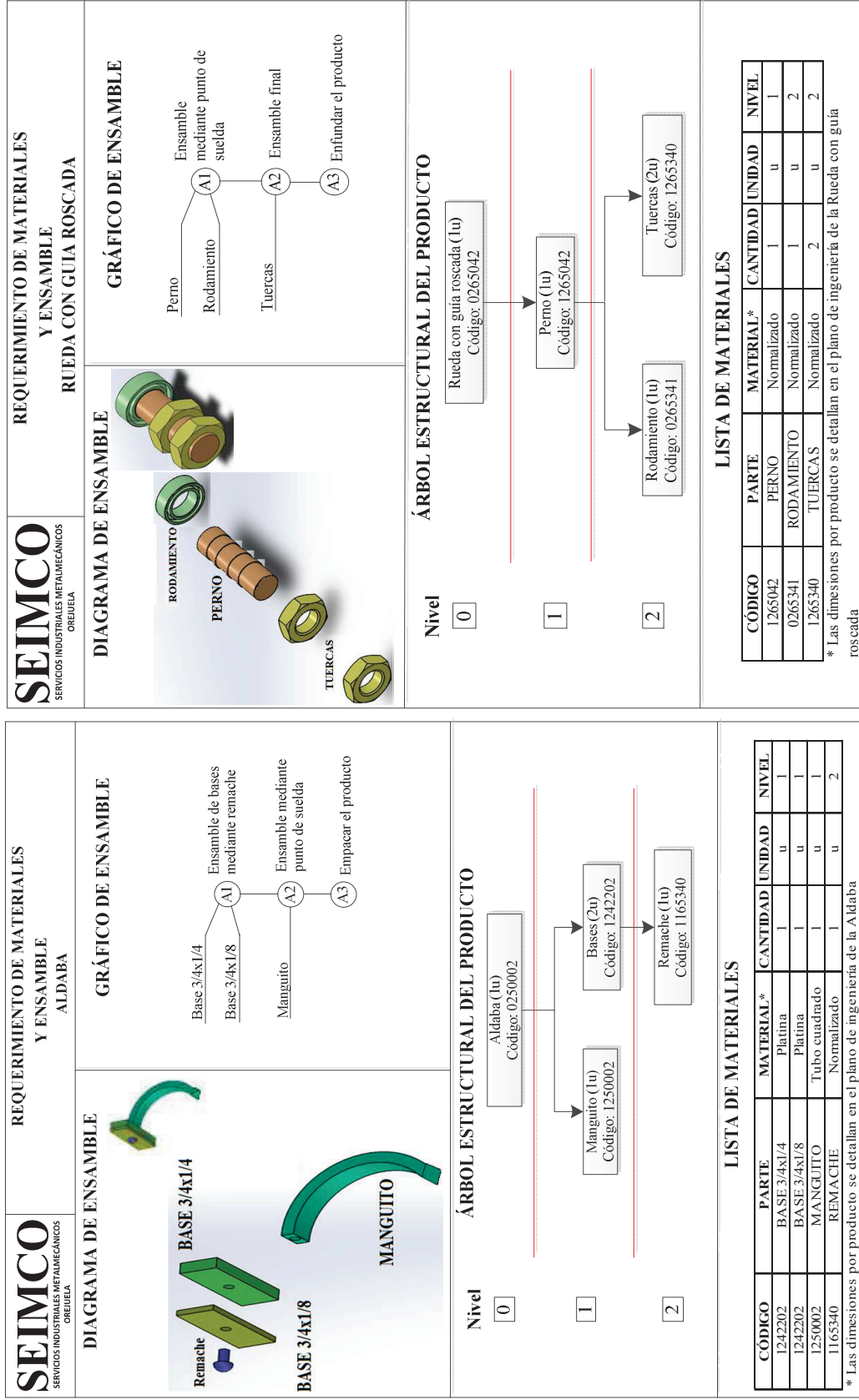


Figura 2.13. Requerimiento de materiales y ensamble del producto - - aldaba

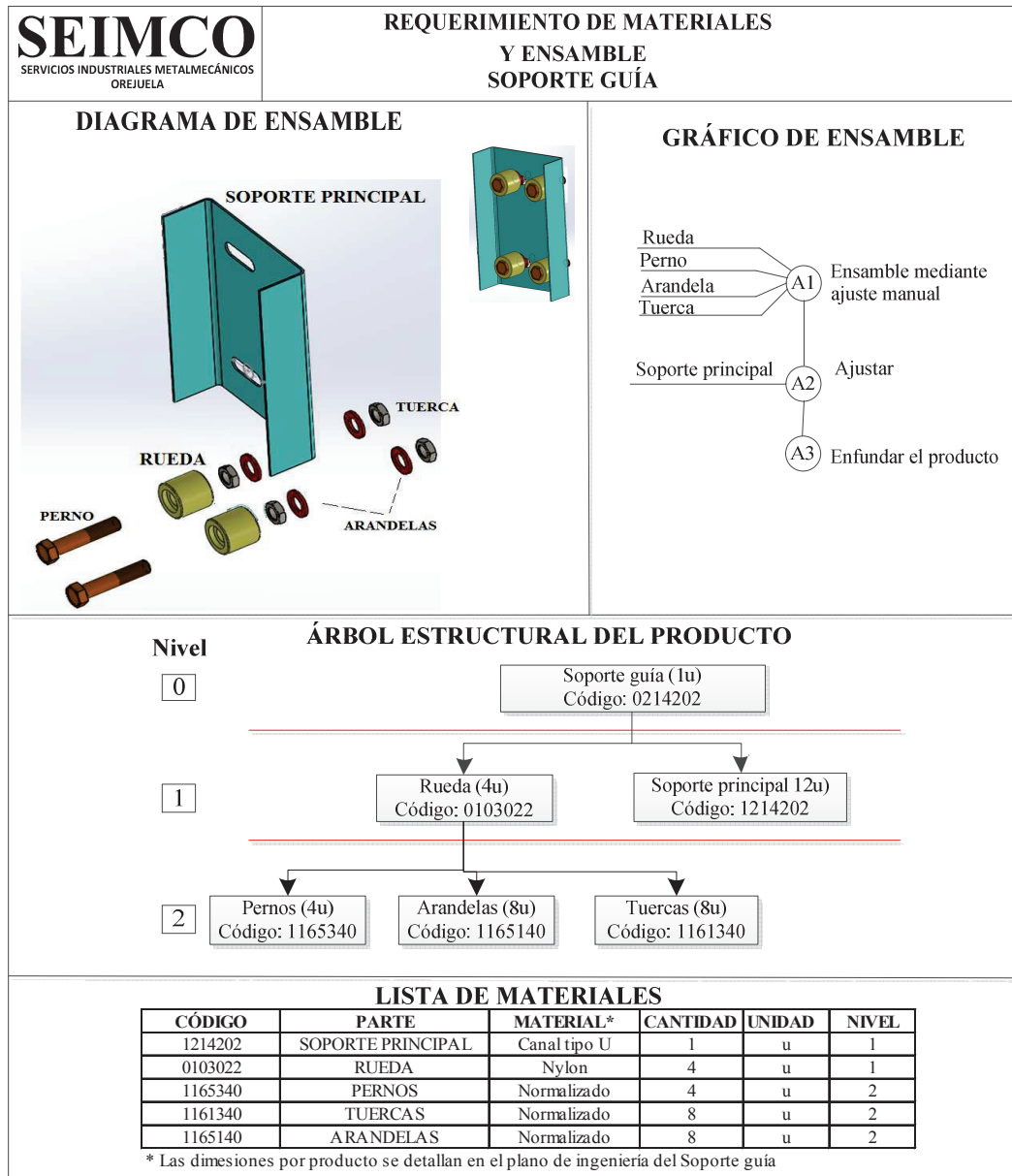


Figura 2.14. Requerimiento de materiales y ensamble del producto – soporte guía

2.3.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS

La información registrada en los respectivos cursogramas sinóptico de procesos y de recorrido fueron analizados en la sección 3.3. Además, se determinó el tiempo de ciclo actual para la elaboración de cada producto llegando a estudiar el tiempo estándar, el análisis se presenta en la Tabla 3.12 sobre la capacidad de las bisagras de pistón.

2.3.4 DESARROLLO DEL NUEVO MÉTODO DE TRABAJO

Para el mejoramiento del nuevo método de trabajo se consideró dos puntos principales: la distribución de planta y el proceso de producción actual. En cuanto, a la distribución de planta se propuso el mejoramiento en la redistribución de los centros de trabajo, tal como se analiza en la sección 3.4.1. Respecto, al mejoramiento en los procesos se consideró el cambio físico de los productos y las modificaciones en las operaciones para obtener los productos.

2.4 IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE MÉTODOS

La implementación del nuevo método de trabajo se desarrolló en el mejoramiento de la distribución física de las máquinas de la empresa y de los procesos de trabajo de los productos (cambios físicos de los productos y operaciones de trabajo). A la redistribución de las máquinas se incorporó activos adquiridos por la empresa anteriormente, como: torno revólver, una cortadora automática y una cizalla universal, aprovechando de ese modo, el espacio disponible de 440 m² de la planta, así como se muestra en la Figura 2.15.

El mejoramiento en los procesos de producción se efectuó en la parte física del producto y en las operaciones de producción. El cambio físico se realizó en las bisagras de pistón de dos cuerpos, ruedas con base horizontal y aldabas; sin que estas modificaciones afecten la calidad del producto y su funcionalidad, en la Figura 2.16 y la Figura 2.17 se observan los cambios propuestos, tanto en la forma física del producto como en el uso de la materia prima.

Además de las modificaciones físicas también se realizaron cambios en los procesos de producción debido al incremento de maquinarias, así, el guía de las bisagras de pistón de dos cuerpos que se cortaba en el torno revólver mediante el proceso de arranque de viruta; en la propuesta el mismo corte del guía se realiza en la cizalla universal, sin arranque de viruta, tal como muestra la Tabla 2.8.



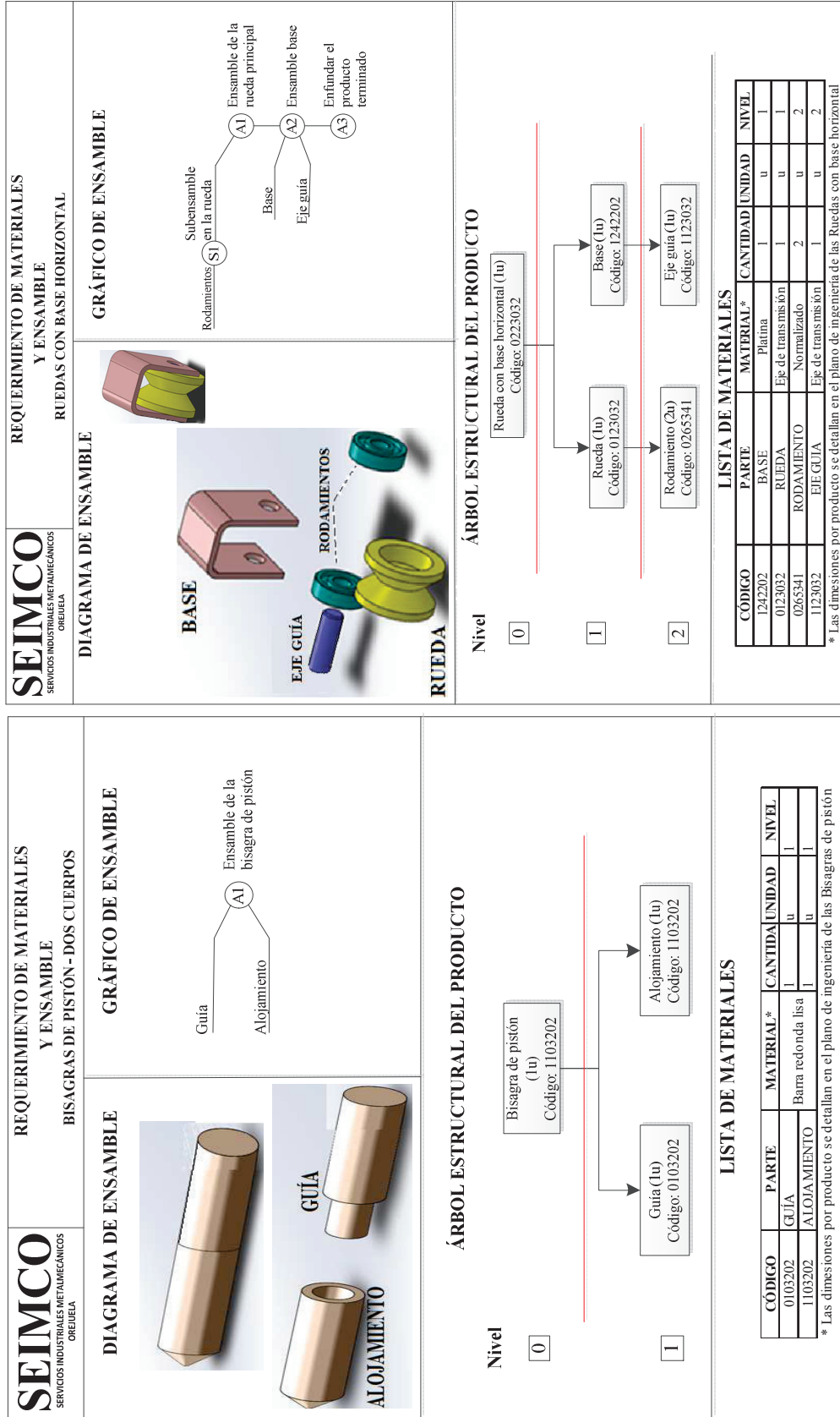


Figura 2.16. Requerimiento de materiales y ensamble del producto (propuesto) – bisagras de pistón de dos cuerpos y ruedas con base horizontal

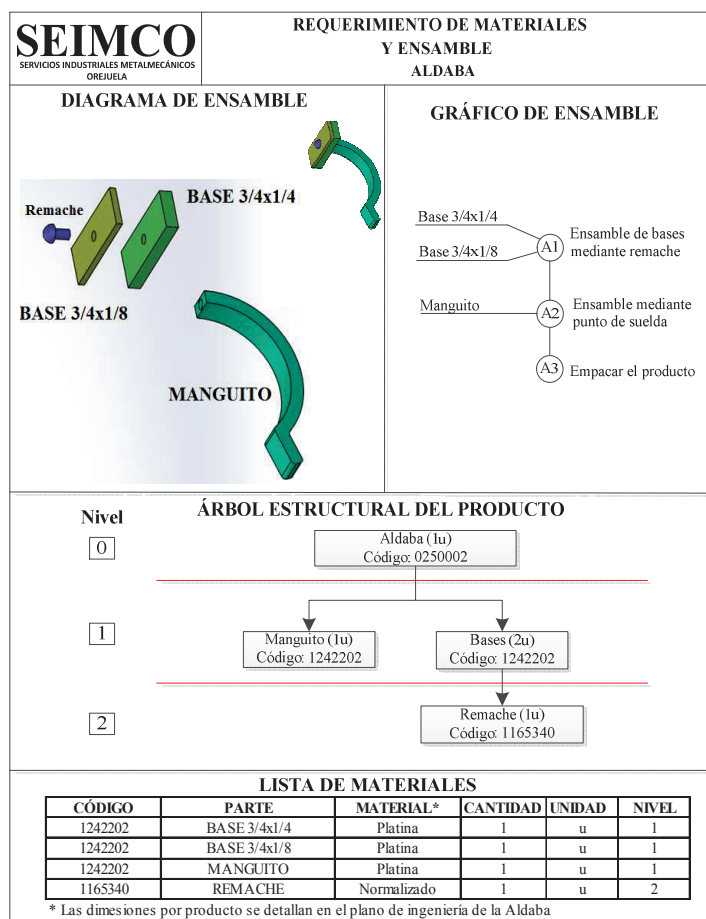


Figura 2.17. Requerimiento de materiales y ensamble del producto (propuesto) – aldaba

Tabla 2.8. Cambio de maquinarias dentro del proceso de producción de SEIMCO

PRODUCTO	PARTE	Operación	Actual		Propuesta	
			Máquina	Proceso	Máquina	Proceso
Bisagras de pistón de dos y tres cuerpos	Guía	Corte	Torno revólver	Arranque de viruta	Cizalla Universal	Sin arranque de viruta
Ruedas con base horizontal	Rueda	Corte	Sierra vaivén	Arranque de viruta	Cortadora automática	Arranque de viruta
	Base	Corte	Tronzadora	Arranque de viruta	Cizalla Universal	Sin arranque de viruta
Ruedas con base vertical	Guía	Corte	Sierra vaivén	Arranque de viruta	Cortadora automática	Arranque de viruta
	Base	Corte	Tronzadora	Arranque de viruta	Cizalla Universal	Sin arranque de viruta
Aldaba	Base 3/4x1/4	Corte	Tronzadora	Arranque de viruta	Cizalla Universal	Sin arranque de viruta
Soporte guía	Rueda	Corte	Sierra vaivén	Arranque de viruta	Cortadora automática	Arranque de viruta
	Soporte principal	Perforación ojos ovalados	Taladro	Arranque de viruta	Cortadora por plasma	Sin arranque de viruta

Sin embargo, los soportes del material de los tornos revólver que producían golpeteo constante del material y generaba ruido fueron cambiados, por un soporte de sistema mecánico abierto que reduce el golpeteo y por ende el ruido.

El detalle de las operaciones de la obtención de los productos en la propuesta realizada, se encuentran registrados en los respectivos cursogramas sinópticos de proceso del Anexo AVII y en los diagramas de flujo de proceso del Anexo AXI.

La implementación del nuevo método desarrollado fue socializada con el personal de producción, pues el personal se encuentra capacitado en el manejo de máquinas herramientas y la manipulación de los nuevos equipos fue fácil, además los operarios siguen las instrucciones de los guías desarrollados para el proyecto de investigación. El estudio del tiempo estándar fue elaborado para cada producto según el estudio de los tiempos observados mediante el respectivo cronometraje, la calificación del ritmo del operario y el estudio de holguras.

2.5 EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA

La evaluación del método implementado, se realizó durante el mes de diciembre del 2015. La Tabla 3.38 y la Tabla 3.39 demuestran la productividad y costos respectivamente obtenidos para el análisis en cada uno de los productos deduciendo de ese modo que la implementación del nuevo método de trabajo incrementó la productividad de la empresa al 34 %.



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 SELECCIONAR EL TRABAJO A MEJORAR

La información sobre el método de trabajo actual de los productos fabricados en SEIMCO fueron recolectados en Guías Cualitativas de Selección del Trabajo y Análisis del Lugar de Trabajo, detalladas en el Anexo III.

3.1.1 ALTERNATIVAS DE SELECCIÓN

Las alternativas de selección consideradas en la Tabla 3.1, corresponden a los productos y familia de productos que se producen en SEIMCO y son designadas con las primeras letras mayúsculas del alfabeto.

Tabla 3.1. Designación de los productos por medio de alternativas

ALTERNATIVAS	FAMILIA DE PRODUCTOS
A	Bisagras de pistón
B	Ruedas con base horizontal
C	Ruedas con base vertical
D	Ruedas con guía roscada
E	Rodachines
F	Forjados
G	Aldabas
H	Soporte guía

3.1.2 CRITERIOS DE VALORACIÓN

Los criterios de valoración corresponden a aspectos: técnicos, económicos y humanos.

- *Demanda de productos en el mercado:* la participación de los productos de SEIMCO en el mercado nacional según la Tabla 3.2 identifica a las bisagras de pistón como el producto más representativo de la empresa y con mayor rotación y la rueda con guía roscada como el producto con menor rotación.



Tabla 3.2. Producción de los productos de SEIMCO del año 2014

PRODUCTOS	PRODUCCIÓN (unidades) 2014	PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN
Bisagras de pistón	281 616	92,37 %
Forjados	12 456	4,08 %
Ruedas con base horizontal	2 268	1,49 %
Aldabas	1 336	0,88 %
Ruedas sin base	638	0,42 %
Soporte guía	418	0,27 %
Ruedas con base vertical	312	0,20 %
Rodachines	252	0,17 %
Ruedas con guía roscada	191	0,13 %

(SEIMCO, 2014, Producción)

- *Control de los procesos de producción:* establece el manejo de información técnica de cada uno de los productos (lista de materiales, cursogramas de procesos), centros de trabajo (distancias, posición de las máquinas), movimientos y cargas realizadas, tipo de maquinaria que se utiliza para ejecutar la producción, tiempos ejecutados.
- *Personal capacitado:* determina las destrezas y el nivel de conocimiento que ejecuta el personal en la producción de los productos.
- *Consideraciones ambientales:* estudia factores como: iluminación, ruido, ventilación, vibración; presentes al momento de ejecutar las operaciones.

3.1.3 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS TABLAS DE PONDERACIÓN

3.1.3.1 Evaluación del peso específico de cada criterio

Los criterios de valoración se relacionan entre sí con la finalidad de determinar el criterio con mayor puntaje, así, este criterio es atendido prioritariamente en el desarrollo del presente proyecto de investigación.

El análisis y evaluación de los criterios en la Tabla 3.3 determinan la necesidad de mejorar los procesos de producción, reducir factores ambientales que se producen en el entorno de trabajo con la intervención de personal capacitado, lo que corresponde elevar la producción de los productos en la empresa.



Tabla 3.3. Análisis y evaluación de los criterios

Criterios de evaluación	Demanda del producto	Control en el proceso de producción	Personal capacitado	Consideración ambiental	$\Sigma+1$	Ponderación
Demanda del producto		0,5	1	0	2,5	0,23
Control en el proceso de producción	0,5		0,5	1	3	0,27
Personal capacitado	0,5	0,5		1	3	0,27
Consideración ambiental	0	1	0,5		2,5	0,23
TOTAL					11	1,00

3.1.3.2 Evaluación del peso específico del criterio: Demanda del producto

La Tabla 3.4 relaciona a los productos de SEIMCO según la demanda de producción. El análisis demuestra que las alternativas con mayor ponderación (A, B, F y G) corresponde a los productos de demanda alta y los productos con menor ponderación (D, E y H) corresponde a los productos de demanda baja es decir aquellos productos nuevos que están ingresando en el mercado.

Tabla 3.4. Análisis y evaluación de la demanda entre los productos

1. Demanda del producto	A	B	C	D	E	F	G	H	$\Sigma+1$	Ponderación
A		1	1	1	1	1	1	1	8	0,19
B	0,5		1	1	0,5	0	0,5	1	5,5	0,13
C	0	0,5		1	1	0	0,5	0,5	4,5	0,10
D	0	0,5	0,5		0,5	0	0,5	0,5	3,5	0,08
E	0	0,5	0,5	1		0	0	0,5	3,5	0,08
F	0,5	0,5	1	1	1		0,5	1	6,5	0,15
G	0,5	0,5	1	1	1	0,5		1	6,5	0,15
H	0	0,5	1	1	1	0	0,5		5	0,12
TOTAL									43	1,00

3.1.3.3 Evaluación del peso específico del criterio: Control en el proceso de producción

Según la Tabla 3.5, el análisis de control en los procesos de producción demuestra que existen productos cuyas operaciones son ineficientes, además no existe sustentabilidad técnica de los productos. Las alternativas A, B, C, D, G y H son consideradas como prioridad de estudio, tanto para el cambio de las

características físicas del producto como de las condiciones operativas del trabajo; sin afectar la calidad del producto y mejorando el tiempo en cada operación.

Tabla 3.5. Análisis y evaluación del criterio de control en el proceso de producción

2. Control de producción	A	B	C	D	E	F	G	H	$\Sigma+1$	Ponderación
A		1	1	1	1	1	1	1	8	0,18
B	0,5		0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	5	0,11
C	0,5	0,5		0,5	1	1	0,5	0,5	5,5	0,13
D	0,5	0,5	0,5		1	1	0,5	0,5	5,5	0,13
E	0,5	0,5	0,5	0,5		0	0,5	0	3,5	0,08
F	0,5	0	0	0	0,5		0,5	0	2,5	0,06
G	0,5	1	1	1	0,5	1		0,5	6,5	0,15
H	0,5	1	1	1	1	1	0,5		7	0,16
TOTAL									43,5	1,00

3.1.3.4 Evaluación del peso específico del criterio: Personal capacitado

La Tabla 3.6 analiza la dificultad que existe al trabajar con personal no capacitado en las diferentes operaciones de producción. Las alternativas con mayor ponderación (B, C, G y H) son productos que necesitan de personal con conocimiento en el manejo de máquinas herramientas y de procesos de soldadura.

Tabla 3.6. Análisis y evaluación del criterio de personal capacitado

3. Personal capacitado	A	B	C	D	E	F	G	H	$\Sigma+1$	Ponderación
A		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	4,5	0,11
B	1		1	1	1	1	0,5	0,5	7	0,18
C	1	1		1	0,5	0,5	0,5	0,5	6	0,15
D	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5	4,5	0,11
E	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	0	0	3,5	0,09
F	0	0	0	0	0		0	0	1	0,03
G	1	1	1	1	0,5	0		0,5	6	0,15
H	1	0,5	1	1	1	1	0,5		7	0,18
TOTAL									39,5	1,00

3.1.3.5 Evaluación del peso específico del criterio: Condiciones ambientales

La evaluación de la Tabla 3.7 determina que las alternativas B, C, G, y H; corresponden a los productos que generan mayor impacto ambiental, producidos por: el nivel de ruido en los tornos revólver, sierra vaivén, además del pulido al momento de eliminar las rebabas metálicas; el fuerte olor que emana la macilla que se coloca para cubrir ciertos defectos en las partes de la aldaba.

Tabla 3.7. Análisis y evaluación del criterio de las condiciones ambientales

4. Condiciones ambientales	A	B	C	D	E	F	G	H	Σ_{+1}	Ponderación
A		0,5	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	3,5	0,09
B	1		1	1	1	0,5	0,5	0,5	6,5	0,18
C	1	1		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	5,5	0,15
D	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5	4,5	0,12
E	0,5	0	0	0		0	0	0	1,5	0,04
F	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	4,5	0,12
G	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5		0,5	5,5	0,15
H	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5		5,5	0,15
TOTAL									37	1,00

3.1.4 SELECCIONAR EL TRABAJO A MEJORAR, CON APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE MÉTODOS

La selección de las alternativas es el producto del análisis de las ponderaciones de los criterios de la Tabla 3.3, respecto a las ponderaciones de cada uno de los criterios de la Tabla 3.4, a la Tabla 3.7. La Tabla 3.8 determina que las alternativas de mayor ponderación consideradas parte del desarrollo del programa de ingeniería de métodos son: A (Bisagras de pistón), B (Ruedas con base horizontal), G (Aldabas), H (Soporte guía), C (Ruedas con base vertical) y D(Ruedas con guía roscada). Las alternativas E y F de menor ponderación representan a los rodachines y forjados respectivamente y no son consideradas dentro del estudio, más, se realizó los primeros registros, para dejar constancia el desarrollo del proyecto de investigación.

Tabla 3.8. Selección de alternativas

Criterios Alternativas	1. Demanda del producto	2. Control de producción	3. Personal capacitado	4. Condiciones ambientales	Σ
A	0,04	0,05	0,03	0,02	0,15
B	0,03	0,03	0,05	0,04	0,15
C	0,02	0,03	0,04	0,03	0,13
D	0,02	0,03	0,03	0,03	0,11
E	0,02	0,02	0,02	0,01	0,07
F	0,03	0,02	0,01	0,03	0,08
G	0,03	0,04	0,04	0,03	0,15
H	0,03	0,04	0,05	0,03	0,15
				TOTAL	1,00

3.2 REGISTRAR – OBTENCIÓN DE DATOS DEL TRABAJO

La información que se presenta es parte de la investigación de campo realizada en cada uno de los productos de SEIMCO, con la generación de los respectivos planos de ingeniería, layout por productos, cursogramas sinópticos de procesos y flujos de procesos, costos, entre otros.

3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PRODUCTIVA DE LAS BISAGRAS DE PISTÓN

3.2.1.1 Distribución de la planta para el proceso productivo de las bisagras de pistón

El área de fabricación de las bisagras de pistón está compuesta por las siguientes máquinas herramientas:

- 2 tornos revólver
- 2 tornos automáticos
- 1 torno paralelo
- 1 tronadora

El diagrama de recorrido de la Figura 3.1 representa la disposición actual de los centros de trabajo. El recorrido que realiza el operario para la producción de las bisagras de pistón de dos cuerpos es aproximadamente 36,56 m; en promedio se traslada de un centro a otro en 2,22 minutos. El recorrido que realiza el operario



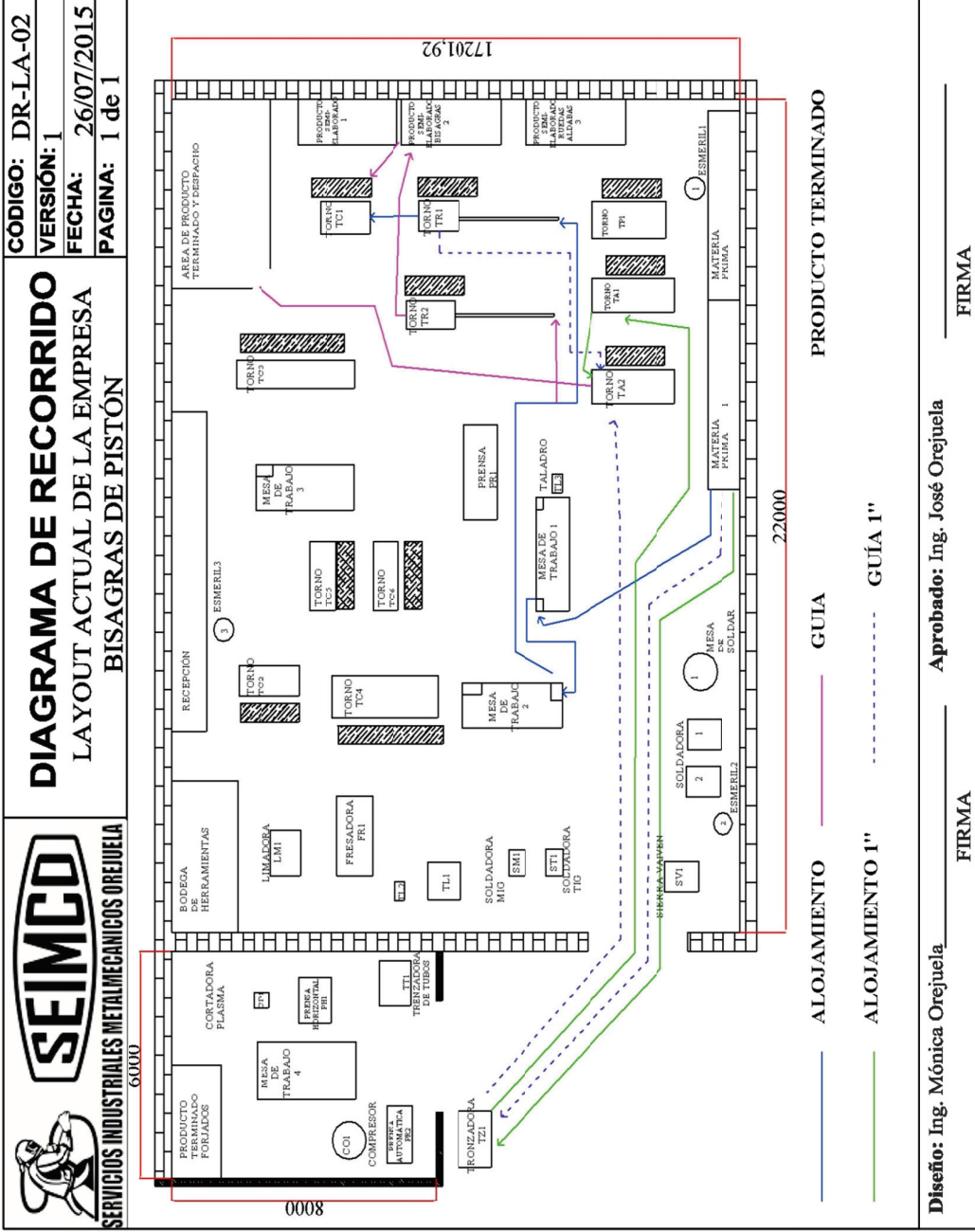


Figura 3.1. Distribución de máquinas para la producción de bisagras de pistón de dos y tres cuerpos

para la producción de bisagras de pistón de tres cuerpos el recorrido es aproximadamente 76,97 m; en promedio se traslada de un centro a otro en 4,48 minutos. La información se detalla en el diagrama de flujo de proceso del Anexo VIII, Tabla AVIII.1 a la Tabla AVIII.4 y el estudio de tiempos del Anexo IX, Tabla AIX.1 a la Tabla AIX.4.

El recorrido de 50,56 m es efectuado en la operación de corte, tanto de los guías como de los alojamientos de las bisagras de pistón de tres cuerpos de 1", puesto que la máquina tronzadora está ubicada en los exteriores de la planta.

3.2.1.2 Capacidad de producción de bisagras de pistón

Los tornos revólver son máquinas herramientas semiautomáticas y ejecutan trabajos en serie. SEIMCO dispone de dos tornos, denominados según el código de empresa como: torno revólver 1 – TR1 y torno revólver 2 – TR2. Cada torno revólver tiene una torreta para la ubicación de las herramientas de corte (cuchilla, broca), además posee boquillas propias para cada máquina con dimensiones desde 3/8" hasta 1" de diámetro y la alimentación externa del material se realiza por medio de un soporte fijo de sistema cerrado de 3,30 m de longitud.

Los resultados de la Tabla 3.12 de la sección 3.3.1.6 determinan el cuello de botella para la producción de las bisagras de pistón, este efecto se realiza en el mecanizado de alojamientos obtenidos en el torno revólver 1 y cuya producción tiene una capacidad de 8 641 pares al mes. La máquina TR1 trabaja de lunes a viernes en jornada de 8 horas produciendo alojamientos de 3/8" a 3/4", mientras que, el torno revólver TR2 realiza el corte de los guías para las bisagras de pistón de dos cuerpos.

Por otra parte, la capacidad de cilindrar los guías en los tornos convencional y automático es de 13 668 pares al mes. Estas máquinas tienen la capacidad requerida para mecanizar y cumplir las metas planteadas por el área de ventas en lo que corresponde a bisagras de pistón.

3.2.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PRODUCTIVA DE LAS RUEDAS CON BASE HORIZONTAL

3.2.2.1 Distribución de la planta para el proceso productivo de las ruedas con base horizontal

El área de fabricación de las ruedas con base horizontal está compuesta por las siguientes máquinas herramientas y equipos industriales:

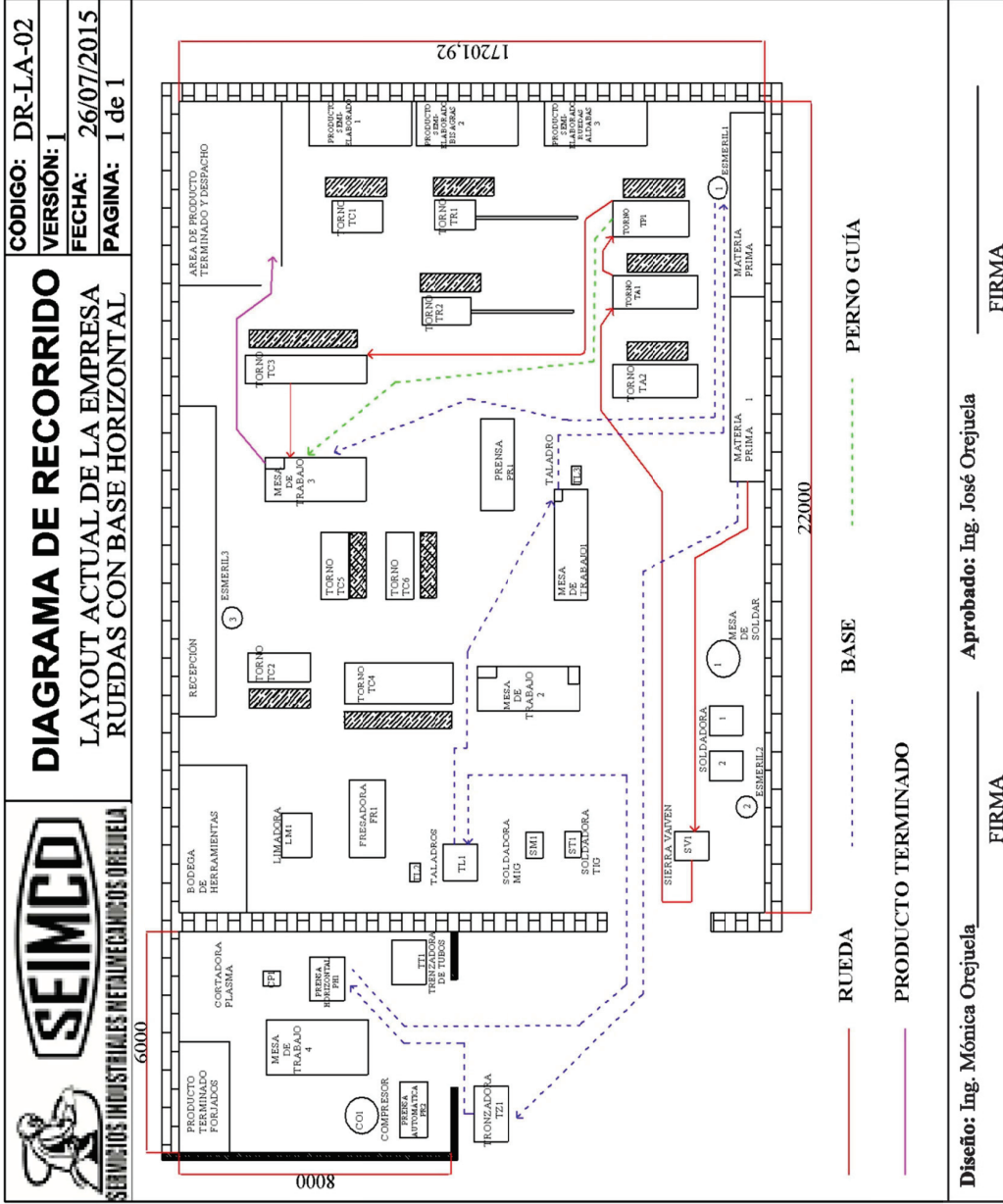
- 2 torno paralelo
- 1 torno automático
- 1 tronzadora
- 1 sierra vaivén
- 1 equipo de soldadura eléctrica
- 1 esmeril de pedestal

El diagrama de recorrido de la Figura 3.2 representa la disposición actual de los centros de trabajo. El recorrido que realiza el operario en la producción de las ruedas con base horizontal es de 142,39 m y en promedio se traslada de un centro a otro en 8,18 minutos. Los datos se detallan en el diagrama de flujo de proceso del Anexo VIII, Tabla AVIII.5 a la Tabla AVIII.6 y el estudio de tiempos del Anexo IX, Tabla AIX.5. El operario para realizar el proceso de manufactura de la rueda con base horizontal recorre 41,43 m para mecanizar la rueda y 92,55 m para fabricar la base.

3.2.2.2 Capacidad de producción de las ruedas con base horizontal

Los resultados de la Tabla 3.16 de la sección 3.3.2.6 determina el cuello de botella. Esta limitación se efectúa en el corte de la rueda con la sierra vaivén, la capacidad de producción es de 65 unidades al mes. La máquina trabaja de lunes a viernes en jornada de 8 horas, realizando el corte del material.

La capacidad de producir las bases de las ruedas es de 540 unidades al mes, las limitaciones se presentan en las operaciones de corte, perforación, doblaje y roscado que corresponden respectivamente a las ruedas 1"1/2, 2", 2"1/2 y 3".



3.2.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PRODUCTIVA DE LAS ALDABAS

3.2.3.1 Distribución de la planta para el proceso productivo de las Aldabas

El área de fabricación de las Aldabas está compuesta por las siguientes máquinas herramientas y equipos industriales:

- 1 tronzadora
- 1 taladro
- 1 cizalla manual
- 1 esmeril de pedestal
- 1 equipo de soldadura eléctrica

El diagrama de recorrido de la Figura 3.3 representa la disposición actual del centro de trabajo. El recorrido en la producción de aldabas es aproximadamente de 110,35 m y en promedio se traslada de un centro a otro en 5,81 minutos. Los datos se detallan en el diagrama de flujo de proceso del Anexo VIII, Tabla AVIII.10 y el estudio de tiempos del Anexo IX, Tabla AIX.9. El recorrido más representativo en la fabricación de aldabas se encuentra en la operación de cortar las bases de 3/4" x 1/4" con aproximadamente 56,78 m y en repetir la operación de pulido en estas bases con una distancia de 23,06 m.

3.2.3.2 Capacidad de producción de las aldabas

Los resultados de la Tabla 3.19 de la sección 3.3.3.6 determina la operación cuello de botella en la producción de las aldabas, esta limitación se encuentra en los acabados (soldar, macillar y pulir). Por lo tanto, la capacidad de producción de aldabas es de 180 unidades al mes. Una de las operaciones que limita la producción es en el corte de la base de 3/4" x 1/4", pues la tronzadora deja rebabas metálicas en la superficie.

3.2.4 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PRODUCTIVA DEL SOPORTE GUÍA

3.2.4.1 Distribución de la planta para el proceso productivo del Soporte guía

El área de fabricación del soporte guía está compuesta por las siguientes máquinas herramientas y equipos industriales:



- 1 sierra vaivén
- 1 torno automático
- 1 torno paralelo
- 1 taladro de pedestal
- 1 taladro fresador
- 1 esmeril de pedestal
- 1 cortadora plasma

El diagrama de recorrido de la Figura 3.4 representa la disposición actual del centro de trabajo. El recorrido que se realiza para la producción del soporte guía es aproximadamente de 124,61 m y en promedio se traslada de un centro a otro en 5,90 minutos. Los datos se detallan en el diagrama de flujo de proceso del Anexo VIII, Tabla AVIII.10 y el estudio de tiempos del Anexo IX, Tabla AIX.9.

El recorrido más representativo que realiza el operación para la fabricación del soporte guía se encuentra en la operación corte del soporte principal con aproximadamente 73,94 m; y en el corte del eje con aproximadamente 25,96 m.

3.2.4.2 Capacidad de producción del soporte guía

Los resultados de la Tabla 3.22 de la sección 3.3.4.6 determinan que la operación cuello de botella se realizan en el mecanizado de los ojos ovalados que se efectúan en el taladro fresador TL1, con una capacidad de 10 unidades al mes. A diferencia del corte por plasma del canal en U que tiene una capacidad de cortar 60 unidades al mes.

3.2.5 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PRODUCTIVA DE LA RUEDA CON BASE VERTICAL

3.2.5.1 Distribución de la planta - proceso productivo de la rueda con base vertical

El área de fabricación de la rueda con base vertical se compone por las siguientes máquinas herramientas y equipos industriales:

- 1 torno automático
- 1 tronzadora
- 1 sierra vaivén
- 1 esmeril de pedestal
- 1 taladro fresador

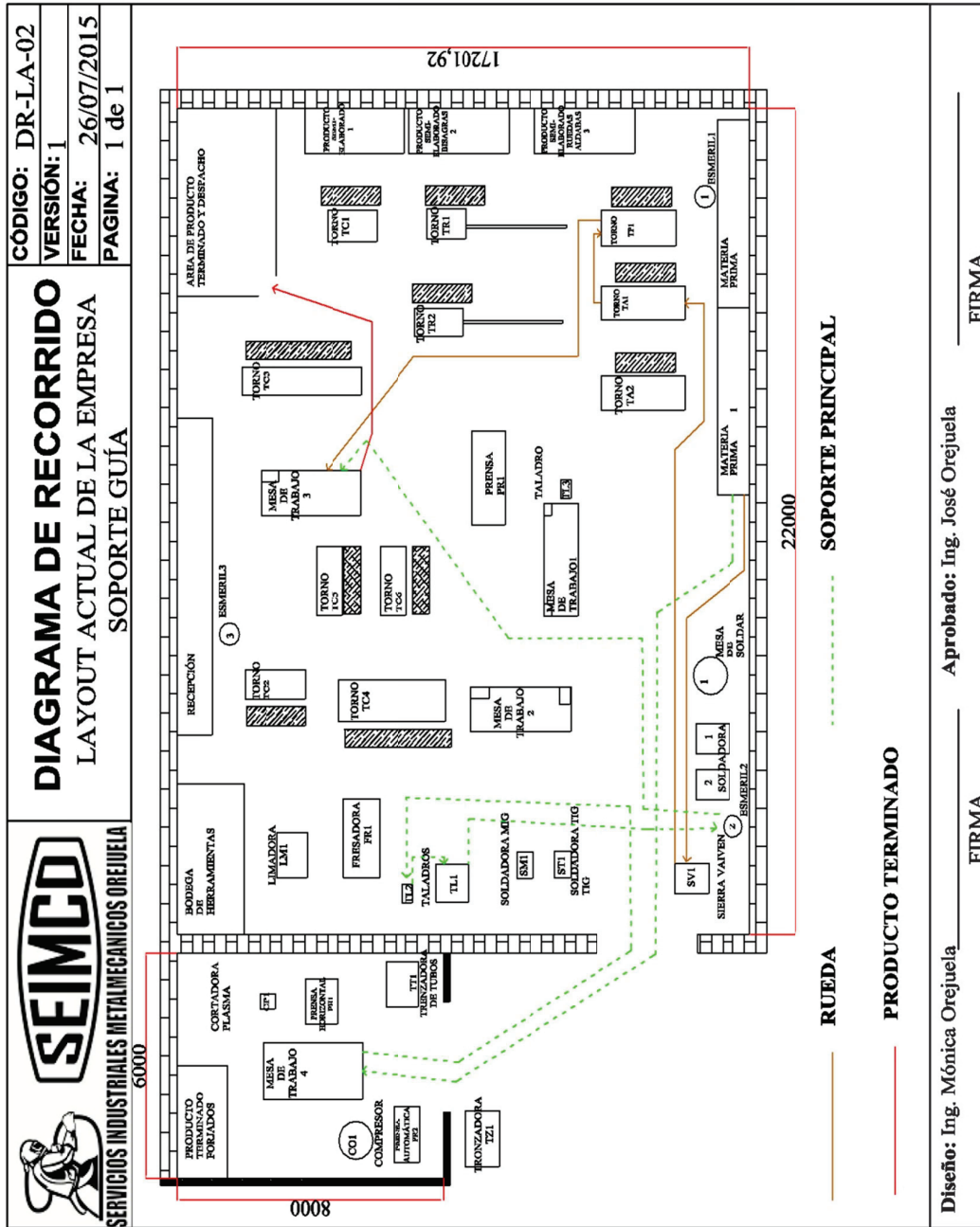


Figura 3.4. Distribución de máquinas para la producción de Soporte guía

El diagrama de recorrido de la Figura 3.5 representa la disposición actual del centro de trabajo. El recorrido aproximado para la producción de las ruedas con base vertical es de 115,48 m y en promedio se traslada de un centro a otro en 5,35 minutos. La información se detalla en el diagrama de flujo de proceso del Anexo VIII, Tabla AVIII.7 y Tabla AVIII.8 y el estudio de tiempos del Anexo IX, Tabla AIX.7.

El recorrido más representativo que realiza el operario es de 72,02 m en las operaciones para fabricar las bases, pues, la máquina tronzadora que realiza la operación de corte se encuentra en la parte externa de la planta; además de la operación de pulido que se efectúa por las rebabas metálicas dejadas por el corte.

3.2.5.2 Capacidad de producción de la rueda con base vertical

Los resultados de la Tabla 3.26 de la sección 3.3.5.6 determinan el cuello de botella en la operación corte del guía que se realiza en la sierra vaivén SV1 cuya capacidad de trabajo en la producción es de 103 unidades al mes.

3.2.6 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PRODUCTIVA DE LA RUEDA CON GUÍA ROSCADA

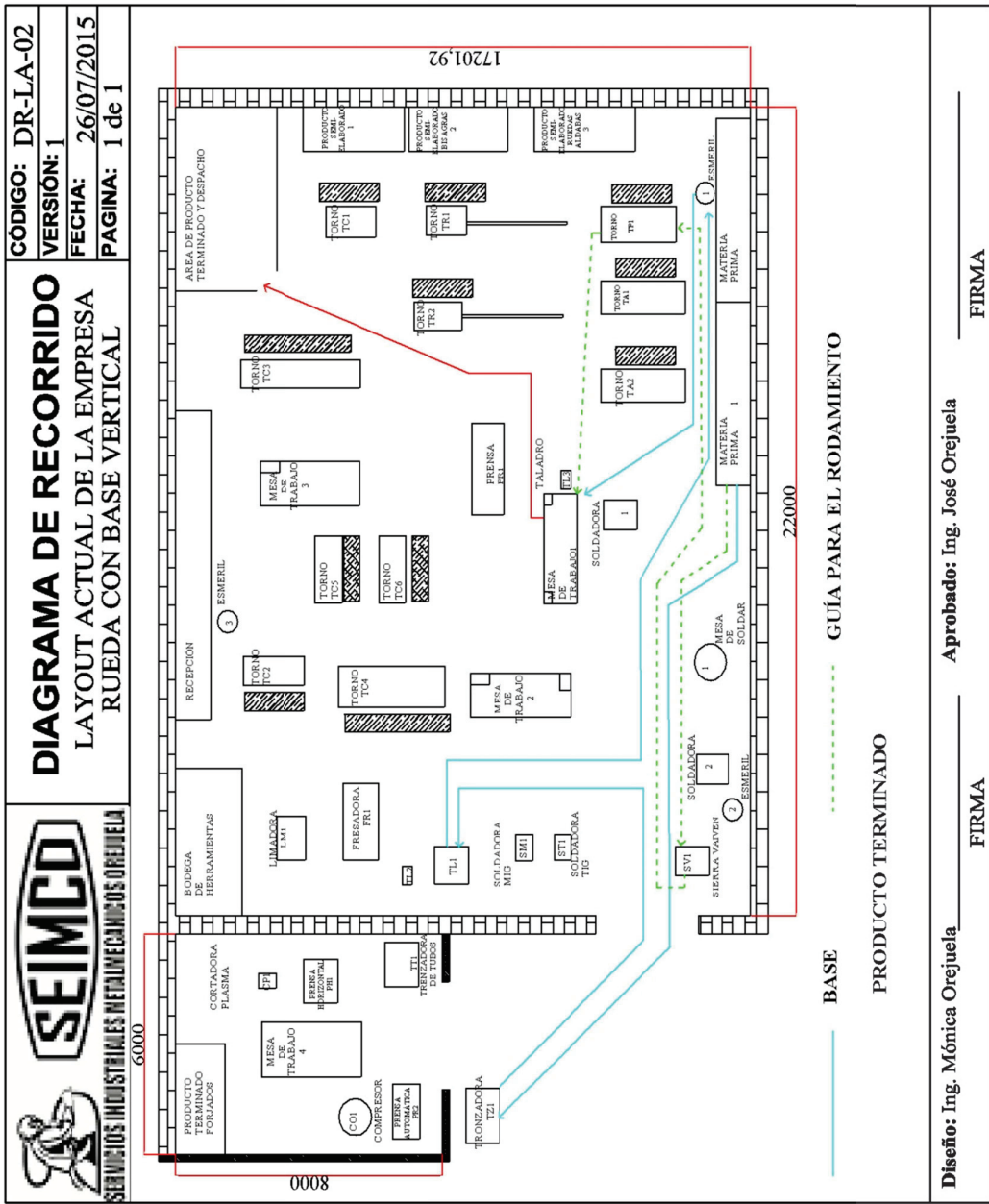
3.2.6.1 Distribución de la planta - proceso productivo de la rueda con guía roscada

El área de fabricación de la rueda con guía roscada se compone por las siguientes máquinas herramientas:

- 1 taladro
- 1 torno paralelo

El diagrama de recorrido de la Figura 3.6 representa la disposición actual del centro de trabajo. El recorrido para la producción de este tipo de ruedas es de 33,12 m y en promedio se traslada el operario de un centro a otro en 1,73 minutos. La información se presenta en el diagrama de flujo de proceso del Anexo VIII, Tabla AVIII.9 y el estudio de tiempos del Anexo IX, Tabla AIX.8.





Diseño: Ing. Mónica Orejuela _____ **FIRMA**

Aprobado: Ing. José Orejuela _____ **FIRMA**

Figura 3.5. Distribución de máquinas para la producción de Ruedas con base vertical

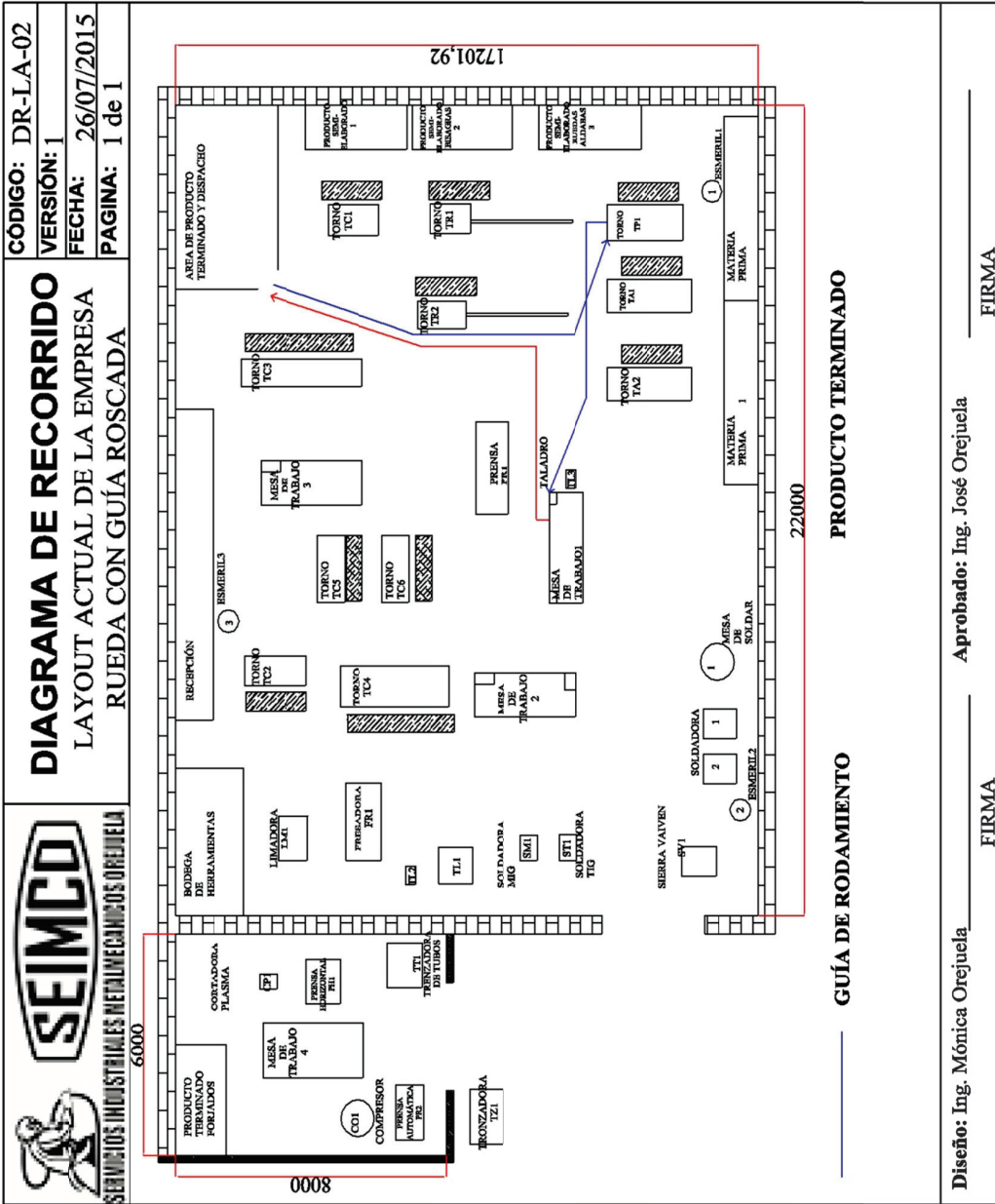


Figura 3.6. Distribución de máquinas para la producción de Ruedas con guía roscada

3.2.6.2 Capacidad de producción de la rueda con guía roscada

Los resultados de la Tabla 3.30 de la sección 3.3.6.6 determinan que la operación que limita la producción en este producto son los acabados, es así que, la capacidad de entrega del producto final es de 360 unidades al mes.

3.3 ANALIZAR LOS DATOS DEL TRABAJO

3.3.1 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE TIEMPOS EN LA FABRICACIÓN DE LAS BISAGRAS DE PISTÓN

Selección del trabajo

Los trabajos seleccionados para la medición de tiempos son las operaciones para fabricar: el alojamiento y guía en dos y tres cuerpos, para las dimensiones de bisagras de pistón de 3/8", 1/2", 5/8", 3/4" y 1".

3.3.1.1 Análisis del trabajo efectuado en el proceso de obtención del producto.

Los diagramas de flujo de procesos representados en el Anexo VIII, Tabla AVIII.1 a la Tabla AVII.4, muestran las actividades relacionadas a la producción de las bisagras de pistón. Este producto es elaborado con la participación de tres operarios. Así, el tiempo de ciclo corresponde a la sumatoria del tiempo en las operaciones para obtener el alojamiento, corte del guía, y finalmente el cilindrado del guía y ensamble, como se muestra en la Ecuación [3.1].

$$\text{Tiempo de ciclo} = T. \text{alojamiento} + T. \text{corte guía} + T. \text{cilindrado ensamble} \quad [3.1]$$

Dónde:

T. alojamiento= tiempo del alojamiento = 1,23 min/u

T. corte guía = tiempo del guía = 0,32 min/u

T. cilindrado ensamble = tiempo de cilindrado y ensamble= 0,22 min/u

$$\text{Tiempo de ciclo} = (1,23 + 0,32 + 0,22) \text{ min/u} = 1,77 \text{ min/u}$$

El promedio de los tiempos observados y el cálculo del tiempo de ciclo para cada una de las dimensiones del producto se muestran en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9. Promedio de tiempos observados y tiempo de ciclo de las bisagras de pistón

PRODUCTOS in	ALOJAMIENTO min/u	CORTE min/u	GUÍA-ENSAMBLE min/u	TIEMPO DE CICLO min/u
3/8×2	1,23	0,32	0,22	1,77
1/2×2	1,46	0,36	0,17	1,99
5/8×2	1,57	0,57	0,18	2,32
3/4×2	1,9	0,76	0,21	2,87
1×2	0,46	0,11	0,36	0,93
3/8×3	1,49	0,05	0,35	1,89
1/2×3	1,83	0,05	0,38	2,26
5/8×3	1,88	0,07	0,52	2,47
3/4×3	2,29	0,09	0,36	2,74
1×3	0,91	0,11	0,54	1,56

3.3.1.2 Ejecución de la muestra inicial, tamaño de la muestra

Las mediciones de los tiempos observados se realizaron durante la ejecución de cada una de las operaciones y la muestra inicial tomada fue de cinco mediciones para todas las dimensiones de las bisagras de pistón.

La información de la Tabla 3.10 pertenece al promedio de las mediciones de las bisagras de pistón consideradas como referencia de muestra inicial para el estudio del tamaño de muestra. Los datos recopilados se detallan en el estudio de tiempos del Anexo IX, Tabla AIX.1 a la Tabla AIX.4.

Cálculo del tamaño de la muestra, necesario para el estudio de tiempos de las bisagras de pistón

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizó la Ecuación [1.17] citada en el capítulo 1. Las partes del producto involucradas en el estudio de tiempos son: alojamiento con operaciones de perforación y corte del material; y guía con operaciones de corte, cilindrado y ensamblado del producto terminado.



Tabla 3.10. Promedios de las mediciones, muestra inicial de las bisagras de pistón

3/8 X 2			1/2 X 2			5/8 X 2			3/4 X 2			1" X 2		
n	obs	obs ²	n	obs	obs ²	n	obs	obs ²	n	obs	obs ²	n	obs	obs ²
1	1,83	3,35	1	1,99	3,96	1	2,40	5,75	1	2,98	8,90	1	0,89	0,80
2	1,84	3,40	2	2,00	3,98	2	2,53	6,42	2	3,11	9,70	2	0,96	0,93
3	1,73	2,98	3	1,91	3,67	3	2,26	5,11	3	2,72	7,38	3	0,90	0,81
4	1,54	2,36	4	1,78	3,18	4	2,01	4,05	4	2,58	6,67	4	0,97	0,93
5	1,70	2,88	5	1,98	3,90	5	2,18	4,76	5	3,00	9,00	5	0,90	0,81
\sum obs		\sum obs ²	\sum obs		\sum obs ²	\sum obs		\sum obs ²	\sum obs		\sum obs ²	\sum obs		\sum obs ²
8,63		14,97	9,66		18,69	11,39		26,08	14,40		41,65	4,62		4,28

3/8 X 3			1/2 X 3			5/8 X 3			3/4 X 3			1" X 3		
n	obs	obs ²	n	obs	obs ²	n	obs	obs ²	n	obs	obs ²	n	obs	obs ²
1	1,97	3,87	1	2,23	4,99	1	2,49	6,21	1	2,79	7,79	1	0,85	0,73
2	2,00	4,00	2	2,28	5,21	2	2,74	7,51	2	3,08	9,51	2	0,97	0,93
3	1,86	3,48	3	2,18	4,76	3	2,33	5,43	3	2,57	6,63	3	0,87	0,75
4	1,72	2,95	4	2,31	5,34	4	2,19	4,80	4	2,43	5,89	4	1,00	1,00
5	1,88	3,55	5	2,17	4,69	5	2,43	5,90	5	2,91	8,47	5	0,90	0,81
\sum obs		\sum obs ²	\sum obs		\sum obs ²	\sum obs		\sum obs ²	\sum obs		\sum obs ²	\sum obs		\sum obs ²
9,43		17,84	11,17		24,99	12,18		29,85	13,80		38,30	4,59		4,23

El tamaño de la muestra para el estudio de tiempos, se calcula con la información de detallada en la Tabla 3.10. A continuación se calcula el tamaño de la muestra de la bisagra de pistón de 3/8" × 2.

Datos:

Tamaño de la muestra inicial = 5 \sum obs = 8,63 \sum obs² = 14,97

$$n = \left(\frac{40 \times \sqrt{5 \times (14,97) - (8,63)^2}}{8,63} \right)^2 = 8,02$$

El estudio de tiempos de las bisagras de pistón de 3/8" × 2 necesita de ocho muestras para levantar la información de tiempos de cada una de las operaciones al momento de fabricar el producto. La Tabla 3.11 resume el tamaño de la muestra calculada para todas las dimensiones de las bisagras de pistón.

Tabla 3.11. Cálculo del tamaño de la muestra para las bisagras de pistón

PRODUCTO in	NÚMERO DE OBSERVACIONES	PRODUCTO in	NÚMERO DE OBSERVACIONES
3/8×2	8	3/8×3	5
1/2×2	2	1/2×3	2
5/8×2	10	5/8×3	10
3/4×2	8	3/4×3	9
1×2	4	1×3	6

3.3.1.3 Cronometraje, según el tamaño de la muestra para cada producto

El cronometraje para cada uno de los productos se desarrolló con el tamaño de la muestra especificada en la Tabla 3.11. En consecuencia, se genera el estudio de tiempos permitiendo el desarrollo del tiempo observado promedio para cada una de las operaciones de las bisagras de pistón, tal como se indica en el Anexo IX, Tabla AIX.1 a la Tabla AIX.4.

3.3.1.4 Calificación de desempeño del operario

Para la calificación del desempeño del operario, se tomó referencia la Tabla 1.3 citada en el capítulo 1 sobre la valoración del ritmo de trabajo, que evalúa los criterios de desempeño según la norma británica. La participación del operario se evalúa en base al parámetro que corresponde el 75 %, es decir, aquel personal que es constante, resuelto, sin prisa como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde el tiempo adrede mientras lo observan.

3.3.1.5 Estudio de las tolerancias u holguras

El estudio de las tolerancias u holguras se basa en lo descrito Anexo II e indica el estudio de las tolerancias que corresponden a factores, como: las necesidades personales, fatiga, trabajo realizado de pie, posición del trabajo, peso a levantar, condiciones de iluminación, de tipo atmosféricas, tipo de trabajo, nivel de ruido, esfuerzo mental, la monotonía de realizar el trabajo.



El estudio de holguras se realizó con el personal que participa en la producción de las bisagras de pistón. La calificación realizada en el Anexo X, Tabla AX.1 determinó que los tres operarios realizan el trabajo en condiciones de iluminación baja, nivel de ruido intermitente muy fuerte, y el trabajo es monótono por tener operaciones en serie, además el operario 2 tiene mayor fatiga debido al esfuerzo realizado en el corte del guía. El promedio en el estudio de holguras de los tres operarios es de 26 %, este valor es utilizado para determinar el tiempo estándar de cada una de las dimensiones del producto.

3.3.1.6 Cálculo del tiempo estándar

Para el cálculo del tiempo estándar se utilizó la Ecuación [1.20], citada en el capítulo 1. Los datos analizados inicialmente en ésta sección determinan el tiempo estándar para las bisagras de pistón de dos y tres cuerpos. A continuación se calcula el tiempo estándar en las operaciones para mecanizar el alojamiento del producto de $3/8" \times 2$.

- Bisagras de pistón de $3/8" \times 2$ - Alojamiento: corte y perforación

Datos:

Tiempo observado promedio = 1,23 min/u (Ver Tabla 3.9)

Calificación de desempeño del operario = 75 %

Holgura promedio = 26 %

Cálculo del tiempo normal

$$\text{Tiempo normal} = \left(1,23 \frac{\text{min}}{\text{u}}\right) \times \left(\frac{75}{100}\right) = 0,93 \frac{\text{min}}{\text{u}}$$

Cálculo del tiempo estándar

$$\text{Tiempo estándar} = 0,93 \frac{\text{min}}{\text{u}} \times \left(1 + \frac{26}{100}\right) = 1,17 \frac{\text{min}}{\text{u}}$$

El tiempo estándar para la producción del alojamiento de las bisagras de pistón de $3/8" \times 2$ es de 1,17 min/u, es decir, el torno revolver TR1 tiene la capacidad de



producir 1 836 pares al mes, así como se muestra en la Tabla 3.12. El tiempo estándar de las demás actividades en la producción de las bisagras de pistón de 3/8" a 1" de dos y tres cuerpos son calculadas como el ejemplo presentado anteriormente.

Tabla 3.12. Capacidad instalada, Bisagras de Pistón

DIM in	MÁQUINA	CD	PARTE	ACTIVIDAD	Tnor. min/u	T std min/u	u/minutos	u/h	par/día	días/mes	pares/mes
3/8×2	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+Perforación	0,93	1,17	0,85	51	204	9	1 836
	Torno revólver	TR2	Guía	Corte	0,24	0,30	3,32	199	796	5	3 980
	Torno convencional	TC1		Cilindrado+Ensamble	0,17	0,21	4,77	286	1 144	3	3 432
1/2×2	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+Perforación	1,09	1,38	0,73	44	176	5	880
	Torno revólver	TR2	Guía	Corte	0,27	0,34	2,95	177	708	3	1 770
	Torno convencional	TC1		Cilindrado+Ensamble	0,13	0,17	5,99	359	1 438	1	1 726
5/8×2	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+Perforación	1,18	1,49	0,67	40	161	6	966
	Torno revólver	TR2	Guía	Corte	0,43	0,54	1,86	112	446	5	2 007
	Torno automático	TA2		Cilindrado+Ensamble	0,14	0,17	5,84	350	1 402	1	1 963
3/4×2	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+Perforación	1,42	1,79	0,56	34	134	4	536
	Torno revólver	TR2	Guía	Corte	0,57	0,72	1,40	84	336	2	538
	Torno automático	TA2		Cilindrado+Ensamble	0,16	0,21	4,84	290	508	1	508
1×2	Tronzadora	TZ1	Alojamiento	Corte	0,08	0,10	9,77	586	293	1	293
	Torno automático	TA1		Perforación	0,26	0,33	3,00	180	270	1	270
	Tronzadora	TZ1	Guía	Corte	0,14	0,18	5,52	331	248	1	248
	Torno automático	TA2		Cilindrado+Ensamble	0,21	0,26	3,80	228	228	1	228
3/8×3	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+Perforación	1,11	1,40	0,71	43	170	2	340
	Tronzadora	TZ1	Guía	Corte	0,04	0,05	20,00	1 200	600	1	600
	Torno automático	TA2		Cilindrado+Ensamble	0,26	0,33	3,02	181	272	1	272
1/2×3	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+Perforación	1,37	1,72	0,58	35	139	5	695
	Tronzadora	TZ1	Guía	Corte	0,04	0,05	21,16	1 270	1 270	1	1 270
	Torno automático	TA2		Cilindrado+Ensamble	0,29	0,36	2,76	166	662	2	1 258
5/8×3	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+Perforación	1,41	1,78	0,56	34	134	7	938
	Tronzadora	TZ1	Guía	Corte	0,05	0,07	14,81	889	2 222	1	2 222
	Torno automático	TA2		Cilindrado+Ensamble	0,39	0,49	2,05	123	492	4	1 968
3/4×3	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+Perforación	1,71	2,16	0,46	28	110	10	1 100
	Tronzadora	TZ1	Guía	Corte	0,07	0,09	11,66	700	1 399	1	1 399
	Torno autom	TA2		Cilindr+Ensamble	0,27	0,34	2,94	176	706	2	1 130
1×3	Tronzadora	TZ1	Alojamiento	Corte	0,16	0,20	5,01	301	1 202	1	1 202
	Torno automático	TA1		Perforación	0,53	0,66	1,50	90	360	3	1 080
	Tronzadora	TZ1	Guía	Corte	0,08	0,10	10,03	602	1 204	1	1 204
	Torno autom	TA2		Cilindr+Ensamble	0,40	0,51	1,97	118	473	3	1 183
CAPACIDAD PRODUCCIÓN											8 641

3.3.2 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE TIEMPOS EN LA FABRICACIÓN DE RUEDAS CON BASE HORIZONTAL

Selección del trabajo

Los trabajos seleccionados para la medición de tiempos son las operaciones para fabricar la rueda y base, para las dimensiones de 1"1/2, 2", 2"1/2 y 3".

3.3.2.1 Análisis del trabajo efectuado en el proceso de obtención del producto.

Los diagramas de flujo de procesos representados en el Anexo VIII, Tabla AVIII.5 y Tabla AVIII.6, muestran las actividades relacionadas a la producción de ruedas con base horizontal. Este producto es elaborado con la participación de tres operarios. Así, el tiempo de ciclo es la sumatoria del tiempo en las operaciones de producción de la rueda, base y ensamble, como se indica en la Ecuación [3.2].

$$\text{Tiempo de ciclo} = T. \text{rueda} + T. \text{base} + T. \text{ensamble} \quad [3.2]$$

Dónde:

T. rueda = tiempo de la rueda = 7,33 min/u

T. base = tiempo de la base = 1,46 min/u

T. ensamble = tiempo de ensamble = 0,90 min/u

$$\text{Tiempo de ciclo} = (7,33 + 1,46 + 0,90) \text{ min} = 9,69 \text{ min/u}$$

El promedio de los tiempos observados y el cálculo del tiempo de ciclo para cada una de las ruedas con base horizontal se muestran en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13. Promedio de tiempos observados y tiempo de ciclo

PROD	RUEDA (min/u)				Acabados min/u	BASE (min/u)				Perno guía min/u	TC min/ u
	Corte	Perforación	Cilindrado interno	Perfilar a 90° +Ensamble		Corte	Doblez	Perforación	Roscar		
1"1/2	5,56	0,49	0,78	0,90	0,50	0,20	0,10	0,30	0,86	0,00	9,69
2"	15,53	0,63	0,55	1,06	0,50	0,26	0,11	0,36	0,85	0,00	19,85
2"1/2	41,54	0,82	0,86	1,26	0,51	0,32	0,12	0,37	1,30	1,42	48,51
3"	58,88	0,83	0,87	1,42	0,52	0,38	0,15	0,50	1,53	1,52	66,60



3.3.2.2 Ejecución de la muestra inicial, tamaño de la muestra

Las mediciones de los tiempos observados se realizaron durante la ejecución de cada una de las operaciones y la muestra inicial tomada fue de cinco mediciones para las dimensiones de las ruedas con base horizontal en estudio. La información de la Tabla 3.14, pertenece al promedio de las mediciones de este producto consideradas como referencia de la muestra inicial para el estudio del tamaño de muestra. Los datos recopilados se detallan en el Anexo IX del estudio de tiempos de la Tabla AIX.5.

Tabla 3.14. Promedios de las mediciones, muestra inicial de las ruedas con base horizontal

1"1/2			2"			2"1/2			3"		
n	obs	obs ²	n	obs	obs ²	n	obs	obs ²	n	obs	obs ²
1	9,47	89,62	1	19,75	390,06	1	49,07	2 407,54	1	66,60	4 435,56
2	9,33	87,11	2	19,83	393,36	2	48,25	2 328,06	2	66,03	4 360,40
3	10,72	114,85	3	20,08	403,34	3	47,75	2 280,06	3	65,45	4 283,70
4	9,57	91,52	4	20,07	402,67	4	47,88	2 292,81	4	65,38	4 275,18
5	9,37	87,73	5	19,68	387,43	5	48,48	2 350,63	5	66,05	4 362,60
\sum obs		\sum obs ²	\sum obs		\sum obs ²	\sum obs		\sum obs ²	\sum obs		\sum obs ²
48,45		470,83	99,00		1 977,00	241,00		11 659,00	329,50		21 717,40

Cálculo del tamaño de la muestra, necesario para el estudio de tiempos de las ruedas con base horizontal

El cálculo del tamaño de la muestra se realizó mediante el desarrollo de la Ecuación [1.17] citada en el capítulo 1. Las partes del producto involucradas en el estudio de tiempos son: rueda con operaciones de corte, perforación, cilindrado, perfilado; y base con operaciones de corte, doblado, perforación, rosca, guía y ensamblado del producto terminado. El tamaño de la muestra para el estudio de tiempos, se calcula con la información detallada en la Tabla 3.14. A continuación se calcula el tamaño de la muestra de la rueda con base horizontal de 1"1/2.

Datos:

$$\text{Tamaño de la muestra inicial} = 5 \quad \sum \text{obs} = 48,45 \quad \sum \text{obs}^2 = 470,83$$

$$n = \left(\frac{40 \times \sqrt{5 \times (470,83) - (48,45)^2}}{48,45} \right)^2 = 4,60$$

El estudio de tiempos de las ruedas con base horizontal de 1"1/2 necesita de cinco muestras para levantar la información de tiempos que se ejecutan en cada una de las operaciones al momento de fabricar el producto. La Tabla 3.15 resume el tamaño de la muestra calculada para todas las dimensiones de las ruedas con base horizontal.

Tabla 3.15. Cálculo del tamaño de la muestra para las ruedas con base horizontal

PRODUCTO		NÚMERO DE OBSERVACIONES
RUEDA CON BASE HORIZONTAL	1"1/2	5
	2"	14
	2"1/2	6
	3"	0

3.3.2.3 Cronometraje, según el tamaño de la muestra para cada producto

El cronometraje para cada uno de los productos se desarrolló con el tamaño de la muestra especificada en la Tabla 3.15. En consecuencia, se genera el estudio de tiempos permitiendo el desarrollo del tiempo observado promedio para cada una de las operaciones de las ruedas con base horizontal, tal como se indica en el Anexo IX, Tabla AIX.5 y Tabla AIX.6.

3.3.2.4 Calificación de desempeño del operario

Para la calificación del desempeño del operario, se tomó referencia la Tabla 1.3 citada en el capítulo 1 sobre la valoración del ritmo de trabajo, que evalúa los criterios de desempeño según la norma británica. La participación del operario se evaluó en base al parámetro que corresponde al 75 %, es decir, aquel personal que es constante, resuelto, sin prisa como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde el tiempo adrede mientras lo observan.

3.3.2.5 Estudio de las tolerancias u holguras

El estudio de holguras se realizó con el personal que participa en la producción del producto. La calificación realizada en el Anexo X, Tabla AX.1, determinó que



los tres operarios realizan el trabajo en condiciones de iluminación baja, nivel de ruido intermitente muy fuerte, el trabajo es monótono por tener operaciones en serie, además, el operario 3 tiene menor fatiga en su trabajo debido al perfilado en V de la rueda y ensamble.

El promedio en el estudio de holguras de los tres operarios es de 33 %, éste cálculo determina el tiempo estándar de cada una de las dimensiones del producto.

3.3.2.6 Cálculo del tiempo estándar

Para el cálculo del tiempo estándar se utilizó la Ecuación [1.20], citada en el capítulo 1. Los datos que fueron analizados inicialmente en ésta sección permiten determinar el tiempo estándar para las ruedas con base horizontal. A continuación se calcula el tiempo estándar de la operación corte de la rueda de 1"1/2.

- Rueda con base horizontal 1"1/2 - Rueda: corte

Datos:

Tiempo observado promedio = 5,56 min/u (ver Tabla 3.13)

Calificación de desempeño del operario = 75 %

Holgura promedio = 33 %

Cálculo del tiempo normal

$$\text{Tiempo normal} = \left(5,56 \frac{\text{min}}{\text{u}}\right) \times \left(\frac{75}{100}\right) = 4,17 \frac{\text{min}}{\text{u}}$$

Cálculo del tiempo estándar

$$\text{Tiempo estándar} = 4,17 \frac{\text{min}}{\text{u}} \times \left(1 + \frac{33}{100}\right) = 5,55 \frac{\text{min}}{\text{u}}$$

El tiempo estándar para cortar la rueda de 1"1/2 es de 5,55 min/u, es decir la sierra vaivén tiene la capacidad de cortar 33 unidades al mes. El tiempo estándar de las actividades relacionadas con la producción de las ruedas con base horizontal son desarrolladas como el ejemplo presentado anteriormente, así como se muestra en la Tabla 3.16.



Tabla 3.16. Capacidad instalada, Ruedas con base horizontal

DIM	MÁQUINA	CD	PARTE	ACTIVIDAD	T nor. min/u	T std min/u	u/m	u/h	u/día	días/mes	u/mes
1"1/2	Sierra Vaivén	SV1	Rueda	Corte	4,17	5,55	0,18	11	33	1	33
	Torno automático	TA1		Perforación	0,37	0,49	2,00	120	120	1	120
	Torno convencional	TP1		Cilindrado interno	0,59	0,78	1,00	60	60	1	60
	Torno convencional	TC3	Base	Perfilar a 90°+Ensamble	0,67	0,89	1,00	60	60	1	60
	Acabados	s/n		Pulir+lavar+pintar	0,38	0,50	2,00	120	60	1	60
	Tronzadora	TZ1		Corte	0,15	0,20	5,00	300	150	1	150
	Prensa Hidráulica	PH1	Base	Doblez	0,08	0,10	10,00	600	300	1	300
	Taladro	TL1		Perforación	0,22	0,30	3,00	180	270	1	270
	Roscador manual	s/n		Roscar	0,65	0,86	1,00	60	240	1	240
2"	Sierra Vaivén	SV1	Rueda	Corte	11,65	15,49	0,06	4	16	1	16
	Torno automático	TA1		Perforación	0,48	0,63	2,00	120	60	1	60
	Torno convencional	TP1		Cilindrado interno	0,41	0,55	2,00	120	60	1	60
	Torno convencional	TC3	Base	Perfilar a 90°+Ensamble	0,80	1,06	1,00	60	60	1	60
	Acabados	s/n		Pulir+lavar+pintar	0,37	0,50	2,00	120	60	1	60
	Tronzadora	TZ1		Corte	0,19	0,26	4,00	240	120	1	120
	Prensa Hidráulica	PH1	Base	Doblez	0,08	0,11	9,00	540	270	1	270
	Taladro	TL1		Perforación	0,27	0,36	3,00	180	90	1	90
	Roscador manual	s/n		Roscar	0,63	0,84	1,00	60	60	1	60
2"1/2	Sierra Vaivén	SV1	Rueda	Corte	31,15	41,44	0,02	1	8	1	8
	Torno automático	TA1		Perforación	0,62	0,82	1,00	60	48	1	48
	Torno convencional	TP1		Cilindrado interno	0,64	0,85	1,00	60	48	1	48
	Torno convencional	TC3	Base	Perfilar a 90°+Ensamble	0,94	1,26	1,00	60	48	1	48
	Acabados	s/n		Pulir+lavar+pintar	0,38	0,50	2,00	120	60	1	60
	Tronzadora	TZ1		Corte	0,24	0,32	3,00	180	360	1	360
	Prensa Hidráulica	PH1	Base	Doblez	0,09	0,12	9,00	540	270	1	270
	Taladro	TL1		Perforación	0,28	0,37	3,00	180	360	1	360
	Roscador manual	s/n		Roscar	0,98	1,30	1,00	60	360	1	360
Torno convencional	TP1	Perno guía	Rebajar rosca	1,06	1,41	1,00	60	360	1	360	
3"	Sierra Vaivén	SV1	Rueda	Corte	44,16	58,74	0,02	1	8	1	8
	Torno automático	TA1		Perforación	0,63	0,83	1,00	60	30	1	30
	Torno convencional	TP1		Cilindrado interno	0,65	0,86	1,00	60	30	1	30
	Torno convencional	TC3	Base	Perfilar a 90°+Ensamble	1,06	1,41	1,00	60	30	1	30
	Acabados	s/n		Pulir+lavar+pintar	0,39	0,52	2,00	120	60	1	60
	Tronzadora	TZ1		Corte	0,29	0,38	3,00	180	90	1	90
	Prensa Hidráulica	PH1	Base	Doblez	0,11	0,15	7,00	420	210	1	210
	Taladro	TL1		Perforación	0,38	0,50	2,00	120	60	1	60
	Roscador manual	s/n		Roscar	1,15	1,53	1,00	60	30	1	30
Torno convencional	TP1	Perno guía	Rebajar rosca	1,14	1,51	1,00	60	30	1	30	
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN											65

3.3.3 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE TIEMPOS EN LA FABRICACIÓN DE ALDABAS

Selección del trabajo

Los trabajos seleccionados para la medición de tiempos son las operaciones para producir las bases de 3/4"×1/4", 3/4"×1/8" y el manguito de la aldaba.

3.3.3.1 Análisis del trabajo efectuado en el proceso de obtención del producto.

El diagrama de flujo de procesos representados en el Anexo VIII, Tabla AVIII.10, muestra las actividades relacionadas a la producción de aldabas. Este producto



es elaborado con la participación de dos operarios. Así, el tiempo de ciclo es la sumatoria del tiempo de las operaciones para obtener las bases de 3/4" x 1/4", las bases de 3/4" x 1/8" y el manguito, como se muestra en la Ecuación [3.3].

$$\text{Tiempo de ciclo} = \text{T. base } 3/4" \times 1/4" + \text{T. base } 3/4" \times 1/8" + \text{T. Manguito} + \text{T. acabados} \quad [3.3]$$

Dónde:

T. base 3/4" x 1/4" = tiempo de la base 3/4" x 1/4" = 0,82 min/u

T. base 3/4" x 1/8" = tiempo de la base 3/4" x 1/8" = 0,50 min/u

T. manguito = tiempo de manguito = 0,97 min/u

T. acabados = tiempo de acabados = 1,51 min/u

$$\text{Tiempo de ciclo} = (0,82 + 0,50 + 0,97 + 1,51) \text{ min/u} = 3,80 \text{ min/u}$$

El promedio de los tiempos observados y el tiempo de ciclo de cada una de las operaciones que conforman la aldaba se muestra en la Tabla 3.17.

Tabla 3.17. Promedio de tiempos observados y tiempo de ciclo de la aldaba

	ACTIVIDADES	TIEMPO min/u
Base 3/4" x 1/4"	Corte	0,24
	Pulir	0,12
	Perforación	0,46
Base 3/4" x 1/8"	Corte	0,31
	Perforación	0,19
Manguito	Doble manual	0,97
Tiempo de ciclo		3,80

3.3.3.2 Ejecución de la muestra inicial, tamaño de la muestra

Las mediciones de los tiempos observados se realizaron durante la ejecución de cada una de las operaciones y la muestra inicial tomada fue de cinco mediciones. La información de la Tabla 3.18, pertenece al promedio de las mediciones de la aldaba consideradas como referencia de la muestra inicial para el estudio del

tamaño de muestra para el producto. Los datos recopilados se detallan en el estudio de tiempos del Anexo IX, Tabla AIX.9.

Tabla 3.18. Promedios de las mediciones, muestra inicial de las aldabas

n	obs	obs ²
1	3,82	14,57
2	3,63	13,20
3	4,13	17,08
4	3,72	13,81
5	3,72	13,81
	\sum obs	\sum obs ²
	19,02	72,48

Cálculo del tamaño de la muestra, necesario para el estudio de tiempos de la aldaba

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizó la Ecuación [1.17]. Las partes del producto involucradas en el estudio de tiempos son: base de 3/4" × 1/4" con operaciones de corte, perforación y pulido; base de 3/4" × 1/8" con operaciones de corte y perforación; y el manguito con operaciones de doblez y ensamble. El tamaño de muestra para el estudio de tiempos se calcula con los datos de la Tabla 3.18.

Datos:

$$\text{Tamaño de la muestra inicial} = 5 \quad \sum \text{obs} = 19,02 \quad \sum \text{obs}^2 = 72,48$$

$$n = \left(\frac{40 \times \sqrt{5 \times (72,48) - (19,02)^2}}{19,02} \right)^2 = 2,83$$

Para el estudio de tiempos de la aldaba se necesitan tres muestras, para levantar la información de tiempos que se ejecutan en cada una de las operaciones al momento de fabricar el producto.

3.3.3.3 Cronometraje, según el tamaño de la muestra para cada producto

El cronometraje para el producto se desarrolló con el tamaño de la muestra del producto calculado en este caso tres, como se indica en el Anexo IX, Tabla AIX.9.



Este cálculo permite el desarrollo del tiempo observado promedio para cada una de las operaciones de la aldaba.

3.3.3.4 Calificación de desempeño del operario

Para la calificación del desempeño del operario, se consideró la Tabla 1.3 citada en el capítulo 1 sobre la valoración del ritmo de trabajo, que evalúa los criterios de desempeño según la norma británica.

La participación del operario se evalúa en base al parámetro que corresponde el 75 %, es decir, aquel personal que es constante, resuelto, sin prisa como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde el tiempo adrede mientras lo observan.

3.3.3.5 Estudio de las tolerancias u holguras

La estimación de holguras se realizó con el personal que participa en la producción de la aldaba. La calificación realizada en el Anexo X, Tabla AX.2, determinó que los dos operarios realizan el trabajo en condiciones de iluminación baja, nivel de ruido intermitente muy fuerte, y el trabajo es monótono por ser un proceso en serie.

El promedio en el estudio de holguras de los dos operarios es de 29,5 %, este cálculo es utilizado para determinar el tiempo estándar.

3.3.3.6 Cálculo del tiempo estándar

Para el cálculo del tiempo estándar se utilizó la Ecuación [1.20], citadas en el capítulo 1. Los datos que fueron analizados inicialmente en ésta sección permiten determinar el tiempo estándar del producto. A continuación se calcula el tiempo estándar en la operación de corte de la base de $3/4" \times 1/4"$

- Aldaba - Base $3/4" \times 1/4"$: corte



Datos:

Tiempo observado promedio = 0,24 min/u (ver Tabla 3.17)

Calificación de desempeño del operario = 75 %

Holgura promedio = 29,5 %

Calculo del tiempo normal

$$\text{Tiempo normal} = \left(0,24 \frac{\text{min}}{\text{u}}\right) \times \left(\frac{75}{100}\right) = 0,18 \frac{\text{min}}{\text{u}}$$

Calculo del tiempo estándar

$$\text{Tiempo estándar} = 0,18 \frac{\text{min}}{\text{u}} \times \left(1 + \frac{29,5}{100}\right) = 0,24 \frac{\text{min}}{\text{u}}$$

El tiempo estándar para el corte de la base de aldaba de 3/4" × 1/4" es de 0,24min/u, es decir al mes se cortan 240 unidades de platinas de 3/4" × 1/4", así como se muestra en la Tabla 3.19. Las demás actividades relacionadas con la producción de la aldaba son calculadas como el ejemplo presentado anteriormente.

Tabla 3.19. Capacidad Instalada – Aldabas

MÁQUINA	CD	PARTE	ACTIVIDAD	T norm. min/u	T std min/u	u/min	u/h	u/día	días/mes	u/mes
Tronzadora	TZ1	Base 3/4 x 1/4	Corte	0,18	0,24	4,00	240	240	1	240
Esmeril			Pulir	0,09	0,12	8,00	480	240	1	240
Taladro	TL3		Perforación	0,35	0,45	2,00	120	240	1	240
Cizalla manual	CZ1	Base 3/4 x 1/8	Corte	0,23	0,30	3,00	180	360	1	360
Taladro	TL3		Perforación	0,14	0,18	5,00	300	300	1	300
Doble manual		Manguito	Doble manual	0,73	0,94	1,00	60	240	1	240
Acabados			Remachar+Soldar+Pulir+Macillar +Pintar	1,13	1,47	1,00	60	180	1	180
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN										180

3.3.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE TIEMPOS EN LA FABRICACIÓN DEL SOPORTE GUÍA

Selección del trabajo

Los trabajos seleccionados para la medición de tiempos son las operaciones para fabricar las ruedas y el soporte principal.



3.3.4.1 Análisis del trabajo efectuado en el proceso de obtención del producto.

Los diagrama de flujo de procesos representados en el Anexo VIII, Tabla AVIII.10 muestra las actividades relacionadas a la producción del soporte guía. Este producto es elaborado con la participación de dos operarios. Así, el tiempo de ciclo es la sumatoria del tiempo de las operaciones de producir el soporte principal y las ruedas, como se muestra en la Ecuación [3.4].

$$\text{Tiempo de ciclo} = T. \text{ Soporte principal} + T. \text{ Rueda} \quad [3.4]$$

Dónde:

T. Soporte principal = tiempo del soporte principal = 8,78 min/u

T. Rueda = tiempo de la rueda = 1,20 min/u

$$\text{Tiempo de ciclo} = (8,78 + 1,20) \text{ min/u} = 9,98 \text{ min/u}$$

El promedio de los tiempos observados de cada una de las operaciones y el cálculo del tiempo de ciclo para el soporte guía se muestra en la Tabla 3.20.

Tabla 3.20. Promedio de tiempos observados y tiempo de ciclo del soporte guía

	ACTIVIDADES	Tiempo min/u
Soporte guía principal	Cortar	0,90
	Perforación	6,38
	Pulir	0,18
	Pintar+Ensamblaje	1,32
Rueda	Corte	0,23
	Perforación	0,12
	Cilindrado+Refrentado	0,85
Tiempo de ciclo		9,98

3.3.4.2 Ejecución de la muestra inicial, tamaño de la muestra

Las mediciones de los tiempos observados se realizaron durante la ejecución de cada una de las operaciones y la muestra inicial tomada fue de cinco mediciones. La información de la Tabla 3.21, pertenece al promedio de las mediciones del soporte guía consideradas como referencia para el estudio del tamaño de muestra del producto. La información se detalla en el estudio de tiempos del Anexo IX, Tabla AIX.9.



Tabla 3.21. Promedios de las mediciones, muestra inicial del soporte guía

n	obs	obs ²
1	9,98	99,67
2	9,90	98,01
3	10,00	100,00
4	10,02	100,33
5	10,05	101,00
	$\sum obs$	$\sum obs^2$
	49,95	499,01

Cálculo del tamaño de la muestra, necesario para el estudio de tiempos de los soportes guías

El cálculo del tamaño de la muestra se utilizó la Ecuación [1.17]. Las partes del producto involucradas en el estudio de tiempos, son: soporte principal con operaciones de corte, perforación, y pulido; rueda con operaciones de corte, perforación, cilindrado y refrentado, además del acabado respectivo como pintar y ensamblar. El tamaño de la muestra para el estudio de tiempos se calcula con la información de la Tabla 3.21.

Datos:

$$\text{Tamaño de la muestra inicial} = 5 \quad \sum obs = 49,95 \quad \sum obs^2 = 499,01$$

$$n = \left(\frac{40 \times \sqrt{5 \times (499,01) - (49,95)^2}}{49,95} \right)^2 = 0,03$$

Para el estudio de tiempos del soporte guía se necesita una muestra, para levantar la información de tiempos que se ejecutan en cada una de las operaciones al momento de fabricar el producto.

3.3.4.3 Cronometraje, según el tamaño de la muestra para el soporte guía

El cronometraje se desarrolló con el tamaño de la muestra calculada y el estudio de tiempos del Anexo IX, Tabla AIX.9. Este cálculo permitió el desarrollo del tiempo observado promedio para cada una de las operaciones del soporte guía.



3.3.4.4 Calificación de desempeño del operario

Para la calificación del desempeño del operario durante la producción, se tomó como referencia la Tabla 1.3 sobre la valoración del ritmo de trabajo, que evalúa los criterios de desempeño según la norma británica. La participación del operario se evalúa en base al parámetro que corresponde al 75 %, es decir, aquel personal que es constante, resuelto, sin prisa como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde el tiempo adrede mientras lo observan.

3.3.4.5 Estudio de las tolerancias u holguras

El estudio de holguras se realizó con el personal que participa en la producción del soporte guía. La calificación analizada en el Anexo X, Tabla AX.2 determinó los dos operarios realizan el trabajo en condiciones de iluminación baja, nivel de ruido intermitente muy fuerte, y por ser un proceso en serie el trabajo es monótono. El promedio del estudio de holguras de los dos operarios es de 29 %, este cálculo es utilizado para determinar el tiempo estándar del producto.

3.3.4.6 Cálculo del tiempo estándar

Para el cálculo del tiempo estándar se utilizó la Ecuación [1.20], citada en el capítulo 1. Los datos analizados inicialmente en ésta sección permiten determinar el tiempo estándar del soporte guía. A continuación se calcula el tiempo estándar en la operación de corte del soporte principal.

- Soporte guía. Soporte guía principal: corte

Datos:

Tiempo observado promedio = 0,90 min/u (ver Tabla 3.20)

Calificación de desempeño del operario = 75 %

Holgura promedio = 29 %



Calculo del tiempo normal

$$\text{Tiempo normal} = \left(0,90 \frac{\text{min}}{\text{u}}\right) \times \left(\frac{75}{100}\right) = 0,68 \frac{\text{min}}{\text{u}}$$

Calculo del tiempo estándar

$$\text{Tiempo estándar} = 0,68 \frac{\text{min}}{\text{u}} \times \left(1 + \frac{29}{100}\right) = 0,87 \frac{\text{min}}{\text{u}}$$

El tiempo estándar para el corte del soporte principal es de 0,87 min/u, es decir la cortadora plasma tiene la capacidad de cortar 60 unidades al mes, información que se detalla en la Tabla 3.22. El tiempo estándar de las actividades relacionadas con la producción del soporte guía son calculadas como el ejemplo presentado anteriormente.

Tabla 3.22. Capacidad instalada - Soporte guía

MÁQUINA	CD	PARTE	ACTIVIDAD	T obs min/u	T std min/u	u/min	u/h	u/día	días/mes	u/mes
Cortadora Plasma	CP1	Soporte guía principal	Cortar	0,68	0,87	1,00	60	60	1	60
Taladro	TL1		Perforación	4,79	6,18	0,16	10	10	1	10
Acabados			Pulir	0,14	0,18	6,00	360	180	1	180
Acabados finales			Pintar+Ensamblaje	0,99	1,27	1,00	60	60	1	60
Sierra Vaivén	SV1	Rueda	Corte	0,18	0,23	4,00	240	120	1	120
Torno automático	TA1		Perforación	0,09	0,11	9,00	540	270	1	270
Torno convencional	TP1		Cilindrado+Refrentado	0,64	0,82	1,00	60	60	1	60
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN										5

3.3.5 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE TIEMPOS EN LA FABRICACIÓN DE LA RUEDA CON BASE VERTICAL

Selección del trabajo

Los trabajos seleccionados para la medición de tiempos son las operaciones para fabricar el guía y la base para las dimensiones de 1"1/2, 2", 2"1/2 y 3".

3.3.5.1 Análisis del trabajo efectuado en el proceso de obtención del producto.

Los diagramas de flujo de procesos representados en el Anexo VIII, Tabla AVIII.7 y la Tabla AVIII.8, muestra las actividades relacionadas a la producción de las



ruedas con base vertical. Este producto es elaborado con la participación de dos operarios.

El tiempo de ciclo es la sumatoria del tiempo de las operaciones para obtener el guía, la rueda y el ensamble final del producto, como indica la Ecuación [3.5].

$$\text{Tiempo de ciclo} = T. \text{guía} + T. \text{base} + T. \text{ensamble} \quad [3.5]$$

Dónde:

T. guía = tiempo de del guía = 4,62 min/u

T. rueda = tiempo de la rueda = 0,49 min/u

T. ensamble = tiempo de ensamble = 0,41 min/u

$$\text{Tiempo de ciclo} = (4,62 + 0,49 + 0,41) \text{ min/u} = 5,53 \text{ min/u}$$

El promedio de los tiempos observados y el cálculo del tiempo de ciclo para las dimensiones de las ruedas con base vertical se describen en la Tabla 3.23.

Tabla 3.23. Promedio de tiempos observados y tiempo de ciclo - ruedas con base vertical

PRODUCTO	GUÍA min/u		Ensamble min/u	BASE min/u			Tc min/u
	CORTE	CILINDRADO		CORTE	PERFORACIÓN	PULIR	
1"1/2	3,93	0,69	0,41	0,18	0,18	0,13	5,53
2"	3,82	0,85	0,43	0,25	0,18	0,13	5,65
2"1/2	3,82	1,02	0,43	0,32	0,18	0,13	5,88
3"	4,93	1,23	0,42	0,38	0,17	0,13	7,26

3.3.5.2 Ejecución de la muestra inicial, tamaño de la muestra

La muestra inicial tomada fue de cinco mediciones para todas las dimensiones del producto. La información de la Tabla 3.24 pertenece al promedio de mediciones consideradas como referencia para la muestra inicial. Los datos del estudio de tiempos se detallan en el Anexo IX, Tabla AIX.7.



Tabla 3.24. Promedios de las mediciones, muestra inicial de las ruedas con base vertical

1"1/2			2"			2"1/2			3"		
n	Obs	obs ²	n	obs	obs ²	n	obs	obs ²	n	Obs	obs ²
1	5,45	29,70	1	5,68	32,30	1	5,92	35,01	1	7,05	49,70
2	5,38	28,98	2	5,62	31,55	2	5,85	34,22	2	6,98	48,77
3	5,88	34,61	3	6,08	37,01	3	6,32	39,90	3	7,75	60,06
4	5,38	28,98	4	5,62	31,55	4	5,85	34,22	4	6,97	48,53
5	5,32	28,27	5	5,57	30,99	5	5,78	33,45	5	6,90	47,61
	\sum obs	\sum obs ²		\sum obs	\sum obs ²		\sum obs	\sum obs ²		\sum obs	\sum obs ²
	27,40	150,50		28,57	163,39		29,72	176,80		35,65	254,68

Cálculo del tamaño de la muestra, necesario para el estudio de tiempos de las ruedas con base vertical

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizó la Ecuación [1.17]. Las partes del producto involucradas en el estudio de tiempos son: el guía con operaciones de corte y cilindrado; la base con operaciones de corte, perforado y pulido; además del ensamble respectivo. El tamaño de la muestra para el estudio de tiempos se calcula con la información detallada en la Tabla 3.24. A continuación se calcula el tamaño de muestra para la rueda con base vertical de 1"1/2.

Datos:

$$\text{Tamaño de la muestra inicial} = 5 \quad \sum \text{obs} = 27,40 \quad \sum \text{obs}^2 = 150,50$$

$$n = \left(\frac{40 \times \sqrt{5 \times (150,50) - (27,40)^2}}{27,40} \right)^2 = 3,71$$

Para el estudio de tiempos de las ruedas con base vertical de 1"1/2 se necesitan cuatro muestras para levantar la información de tiempos de cada una de las operaciones que se ejecutan en este producto. La Tabla 3.25 resume del tamaño de la muestra calculada para las demás dimensiones de este producto.

Tabla 3.25. Cálculo del tamaño de la muestra para las ruedas con base vertical

PRODUCTO		NÚMERO DE OBSERVACIONES	PRODUCTO	NÚMERO DE OBSERVACIONES
RUEDA CON BASE VERTICAL	1"1/2	4	2"1/2	2
	2"	2	3"	3



3.3.5.3 Cronometraje, según el tamaño de la muestra para ruedas con base vertical

El cronometraje se desarrolló con el tamaño de la muestra especificada en la Tabla 3.25. En consecuencia, se genera el estudio de tiempos permitiendo el desarrollo del tiempo observado promedio para cada una de las operaciones de las ruedas con base vertical, como se indica en el Anexo IX, Tabla AIX.7.

3.3.5.4 Calificación de desempeño del operario

Para la calificación del desempeño del operario, se consideró la Tabla 1.3 sobre la valoración del ritmo de trabajo, que evalúa los criterios de desempeño según la norma británica. La participación del operario se evalúa en base al parámetro que corresponde al 75 %, es decir, aquel personal que es constante, resuelto, sin prisa como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde el tiempo adrede mientras lo observan.

3.3.5.5 Estudio de las tolerancias u holguras

El estudio de holguras se realizó con el personal que participa en la producción de las ruedas con base vertical. La calificación realizada en el Anexo X, Tabla AX.1, determinó que los dos operarios realizan el trabajo en condiciones de iluminación baja, nivel de ruido intermitente muy fuerte, y por ser un proceso en serie el trabajo es monótono. El promedio en el estudio de holguras de los dos operarios es del 26 %, este valor es utilizado para determinar el tiempo estándar de cada una de las dimensiones del producto.

3.3.5.6 Cálculo del tiempo estándar

Para el cálculo del tiempo estándar se utilizó la Ecuación [1.20]. Los datos analizados inicialmente en ésta sección determinan el cálculo del tiempo estándar del producto. A continuación se calcula el tiempo estándar en la operación de corte del guía de la rueda con base vertical de 1”1/2.

- Rueda con base vertical 1”1/2 - Guía: corte



Datos:

Tiempo observado promedio = 3,93 min/u (ver Tabla 3.23)

Calificación de desempeño del operario = 75 %

Holgura promedio = 26 %

Calculo del tiempo normal

$$\text{Tiempo normal} = \left(3,93 \frac{\text{min}}{\text{u}}\right) \times \left(\frac{75}{100}\right) = 2,95 \frac{\text{min}}{\text{u}}$$

Calculo del tiempo estándar

$$\text{Tiempo estándar} = 2,95 \frac{\text{min}}{\text{u}} \times \left(1 + \frac{26}{100}\right) = 3,72 \frac{\text{min}}{\text{u}}$$

El tiempo estándar en la operación corte del guía para la rueda con base vertical de 1"1/2 es de 3,72 min/u, es decir, la sierra vaivén tiene capacidad de cortar 32 ejes al mes así como se muestra en la Tabla 3.26. El tiempo estándar para las actividades relacionadas con la producción del producto se calcula como el ejemplo anteriormente explicado.

Tabla 3.26. Capacidad instalada - Ruedas con base vertical

DIM	MÁQUINA	CD	PARTE	ACTIVIDAD	T norm min/u	T std min/u	u/min	u/h	u/día	días/mes	u/mes
1"1/2	Sierra Vaivén	SV1	Guía	Corte	2,95	3,72	0,27	16	32	1	32
	Torno convencional	TP1		Cilindrado	0,52	0,65	2,00	120	60	1	60
	Acabados	s/n	Base	Aclopar+ensamblar	0,31	0,39	3,00	180	90	1	90
	Tronzadora	TZ1		Corte	0,14	0,17	6,00	360	180	1	180
	Taladro	TL1		Perforación	0,14	0,17	6,00	360	180	1	180
	Acabados	s/n	Pulir	0,09	0,12	8,00	480	240	1	240	
	2"	Sierra Vaivén	SV1	Guía	Corte	2,86	3,61	0,28	17	34	1
Torno convencional		TP1	Cilindrado		0,64	0,80	1,00	60	120	1	120
Acabados		s/n	Base	Aclopar+ensamblar	0,32	0,40	2,00	120	60	1	60
Tronzadora		TZ1		Corte	0,19	0,24	4,00	240	120	1	120
Taladro		TL1		Perforación	0,13	0,17	6,00	360	180	1	180
Acabados		s/n	Pulir	0,10	0,13	8,00	480	240	1	240	
2"1/2		Sierra Vaivén	SV1	Guía	Corte	2,86	3,61	0,28	17	17	1
	Torno convencional	TP1	Cilindrado		0,76	0,96	1,00	60	30	1	30
	Acabados	s/n	Base	Aclopar+ensamblar	0,32	0,40	2,00	120	60	1	60
	Tronzadora	TZ1		Corte	0,24	0,30	3,00	180	90	1	90
	Taladro	TL1		Perforación	0,13	0,17	6,00	360	180	1	180
	Acabados	s/n	Pulir	0,10	0,13	8,00	480	240	1	240	
	3"	Sierra Vaivén	SV1	Guía	Corte	3,70	4,66	0,21	13	20	1
Torno convencional		TP1	Cilindrado		0,92	1,16	1,00	60	30	1	30
Acabados		s/n	Base	Aclopar+ensamblar	0,31	0,39	3,00	180	90	1	90
Tronzadora		TZ1		Corte	0,29	0,36	3,00	180	90	1	90
Taladro		TL1		Perforación	0,13	0,16	6,00	360	180	1	180
Acabados		s/n	Pulir	0,10	0,12	8,00	480	240	1	240	
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN											103

3.3.6 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE TIEMPOS EN LA FABRICACIÓN DE LA RUEDA CON GUÍA ROSCADA

Selección del trabajo

Los trabajos seleccionados para la medición de tiempos son las operaciones para mecanizar el guía del perno y ensamble de las ruedas con guía roscada de 1"1/2, 2" y 2"1/2.

3.3.6.1 Análisis del trabajo efectuado en el proceso de obtención del producto.

El diagrama de flujo de procesos representado en el Anexo VIII, Tabla AVIII.9 muestra las actividades relacionadas a la producción de las ruedas con guía roscada. Este producto es elaborado con la participación de un operario. Así, el tiempo de ciclo es la sumatoria de los tiempos de las operaciones para mecanizar el guía y el ensamblar el producto, como se muestra en la Ecuación [3.6].

$$\text{Tiempo de ciclo} = T. \text{ guía} + T. \text{ ensamble} \quad [3.6]$$

Dónde:

Tc. guía = tiempo del guía = 0,41 min/u

T. ensamble = tiempo de ensamble = 0,24 min/u

Tiempo de ciclo = (0,41+ 0,24) min/u = 0,65 min/u

El promedio de los tiempos observados y el cálculo del tiempo de ciclo para cada dimensión de ruedas con guías roscadas, se muestran en la Tabla 3.27.

Tabla 3.27. Promedio de tiempos observados y tiempo de ciclo

PRODUCTO	Guía min/u		Tc min/u
	Cilindrar cabeza perno	Pintar+ Ensamblaje	
1"1/2	0,41	0,24	0,65
2"	0,42	0,28	0,70
2"1/2	0,42	0,41	0,83



3.3.6.2 Ejecución de la muestra inicial, tamaño de la muestra

La muestra inicial tomada fue de cinco mediciones para todas las dimensiones del producto. La información de la Tabla 3.28, pertenece al promedio de las mediciones consideradas como referencia para la muestra inicial para el estudio del tamaño de muestra. Los datos recopilados se detallan en el estudio de tiempos del Anexo IX, Tabla AIX.8.

Tabla 3.28. Promedios de las mediciones, muestra inicial de las ruedas con guía roscada

1"1/2			2"			2"1/2		
n	obs	obs ²	n	obs	obs ²	n	obs	obs ²
1	0,65	0,42	1	0,70	0,49	1	0,82	0,67
2	0,68	0,47	2	0,68	0,47	2	0,83	0,69
3	0,65	0,42	3	0,73	0,54	3	0,83	0,69
4	0,65	0,42	4	0,68	0,47	4	0,77	0,59
5	0,65	0,42	5	0,72	0,51	5	0,80	0,64
	\sum obs	\sum obs ²		\sum obs	\sum obs ²		\sum obs	\sum obs ²
	3,28	2,16		3,52	2,48		4,05	3,28

Cálculo del tamaño de la muestra, necesario para el estudio de tiempos de las ruedas con base vertical

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizó la Ecuación [1.17]. La parte del producto involucrada es el guía cuya cabeza del perno es mecanizado y el respectivo ensamble. El tamaño de la muestra para el estudio de tiempos, se calcula con la información detallada en la Tabla 3.28. A continuación se calcula el tamaño de la muestra para la rueda con guía roscada de 1"1/2.

Datos:

$$\text{Tamaño de la muestra inicial} = 5 \quad \sum \text{obs} = 3,28 \quad \sum \text{obs}^2 = 2,16$$

$$n = \left(\frac{40 \times \sqrt{5 \times (2,16) - (3,28)^2}}{3,28} \right)^2 = 6,19$$

Las muestras para elaborar el estudio de tiempos para la rueda con guía roscada de 1"1/2 son seis. La Tabla 3.29 detalla el tamaño de muestra de las demás dimensiones de este producto.

Tabla 3.29. Cálculo del tamaño de la muestra para las ruedas con guía roscada

PRODUCTO		NÚMERO DE OBSERVACIONES
RUEDA CON GUÍA ROSCADA	1"1/2	6
	2"	1
	2"1/2	2

3.3.6.3 Cronometraje, según el tamaño de la muestra para ruedas con guía roscada

El cronometraje para cada uno de los productos se desarrolló con el tamaño de la muestra especificada en la Tabla 3.29. En consecuencia, se genera el estudio de tiempos permitiendo el desarrollo del tiempo observado promedio para cada una de las operaciones de las ruedas con guía roscada, tal como se indica en el Anexo IX, Tabla AIX.8.

3.3.6.4 Calificación de desempeño del operario

Para la calificación del desempeño del operario durante la producción, se tomó como referencia la Tabla 1.3 citada en el capítulo 1 sobre la valoración del ritmo de trabajo, que evalúa los criterios de desempeño según la norma británica. La participación del operario se evaluó en base al parámetro, corresponde al 75 %, es decir, aquel personal que es constante, resuelto, sin prisa como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde el tiempo adrede mientras lo observan.

3.3.6.5 Estudio de las tolerancias u holguras

El estudio de holguras se realizó con el personal que participa en la producción de las ruedas con guía roscada. La calificación realizada en la Tabla AX.2 determinó que el único operario asignado a esta producción realiza el trabajo en condiciones de iluminación baja, nivel de ruido fuerte, y por ser un proceso en serie el trabajo es medianamente monótono. La calificación del operario es de 21 %, este valor determina el tiempo estándar de cada una de las dimensiones del producto.



3.3.6.6 Cálculo del tiempo estándar

Para el cálculo del tiempo estándar se utilizó la Ecuación [1.20]. Los datos analizados inicialmente en ésta sección permiten determinar el tiempo estándar del producto. A continuación se calcula el tiempo estándar en el cilindrado del guía para la rueda con guía roscada de 1"1/2.

- Rueda con guía roscada 1"1/2 - Guía: cilindrado

Datos:

Tiempo observado promedio = 0,41 min/u (ver Tabla 3.27)

Calificación de desempeño del operario = 75 %

Holgura promedio = 21 %

Calculo del tiempo normal

$$\text{Tiempo normal} = \left(0,41 \frac{\text{min}}{\text{u}}\right) \times \left(\frac{75}{100}\right) = 0,31 \frac{\text{min}}{\text{u}}$$

Calculo del tiempo estándar

$$\text{Tiempo estándar} = 0,31 \frac{\text{min}}{\text{u}} \times \left(1 + \frac{21}{100}\right) = 0,37 \frac{\text{min}}{\text{u}}$$

El tiempo estándar en la operación de cilindrado del guía para la rueda con guía roscada de 1"1/2 es de 0,37 min/u, es decir, el torno convencional tiene capacidad de cilindrar cabezas de los pernos en 180 unidades al mes, así como se muestra en la Tabla 3.30. El tiempo estándar para las demás dimensiones se calcula como el ejemplo anteriormente explicado.

Tabla 3.30. Capacidad instalada - Ruedas con guías roscadas

DIM	MÁQUINA	CD	PARTE	ACTIVIDAD	T obs min/u	T std min/u	u/min	u/h	u/día	días/mes	u/mes
1"1/2	Torno convencional	TP1	Guía	Cilindrar cabeza perno	0,31	0,37	3,00	180	180	1	180
	Acabados			Pintar+Ensamblaje	0,18	0,22	5,00	300	150	1	150
2"	Torno convencional	TP1	Guía	Cilindrar cabeza perno	0,31	0,38	3,00	180	180	1	180
	Acabados			Pintar+Ensamblaje	0,21	0,26	4,00	240	120	1	120
2"1/2	Torno convencional	TP1	Guía	Cilindrar cabeza perno	0,31	0,38	3,00	180	180	1	180
	Acabados			Pintar+Ensamblaje	0,31	0,37	3,00	180	90	1	90
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN											360

3.4 DESARROLLAR E IMPLEMENTAR EL MÉTODO DE TRABAJO PROPUESTO

3.4.1 MEJORAMIENTO EN LA DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE PRODUCCION DE SEIMCO

La distribución actual de la planta tiene ubicadas a las máquinas y equipos de manera desproporcional. Los centros de trabajo se encuentran alejados entre sí, produciendo recorridos extensos e innecesarios y considerando el incremento de las tres maquinarias (un torno revólver, una cizalla universal y una cortadora automática) es necesario organizar el área de producción.

3.4.1.1 Mejoramiento de la distribución de maquinarias de la sección tornos

La sección de tornos ocupa una superficie de 60 m². Actualmente están ubicados tres tornos (TC1, TR1 y TR2) y para aprovechar el espacio ocupacional se añadió dos tornos más (TR3 y TP1). Las cinco máquinas fueron colocadas paralelamente una detrás de la otra, con una separación de máquina a máquina de 1,10 m; así como se muestra el mejoramiento de la sección de tornos en la Figura 3.7. La posición propuesta para las maquinarias da más accesibilidad al ingreso de la materia prima, pues ya no existen elementos que produzcan interferencia y además permiten la movilidad del operador. Simultáneamente los tornos TA1 y TA2 fueron trasladados 4 m hacia atrás.

Los diagramas de flujo de procesos del Anexo XI, Tabla AXI.1 a la Tabla AXI.4 demuestran que los tornos revólver TR1, TR2 y TR3 mecanizan únicamente los alojamientos de las bisagras de pistón de 3/8", 1/2", 5/8" y 3/4", mientras que, los tornos convencionales TC1 y TA2 son utilizados para mecanizar los guías del producto de dos y tres cuerpos.

3.4.1.2 Mejoramiento de la distribución de la sección de corte

La empresa no cuenta con una sección de corte adecuada a la producción. Las máquinas que actualmente realizan los cortes son la cizalla manual CZ1, la sierra



vaivén SV1 y la tronzadora TZ1; estas máquinas tiene una distancia a la cizalla manual de entre 8 y 17 metros respectivamente. La inclusión de la cizalla universal CU1 y la cortadora automática CA1 genera el acondicionamiento para la sección de corte. Las máquinas fueron agrupadas según las características similares en una superficie de 20 m², separadas unas de otras a una distancia de 1,50 m de la sección de tornos, como se muestra en la Figura 3.7.

Los diagramas de flujo de procesos registrados en el Anexo XI indican cómo estas máquinas realizan diferentes operaciones de corte en los productos de SEIMCO. En la cizalla universal CU1 se corta: los guías de las bisagras de pistón de dos y tres cuerpos desde 3/8" a 1"; las bases de las ruedas con base vertical y horizontal y las bases de 3/4" × 1/4" para las aldabas. En la cortadora automática se corta: los ejes para las ruedas con base horizontal y vertical; y las ruedas para el soporte guía. En la tronzadora TZ1 se cortan los guías para las bisagras de pistón de 3/8" a 1" por tres cuerpos.

3.4.1.3 Mejoramiento de la distribución de la sección de taladros

La operación de pulido se realizaba en el esmeril 1 colocado a una distancia de 21 m de la sección de taladros. Con el propósito de reducir esa distancia, se trasladó el esmeril 2 a este centro de trabajo, como se muestra en la Figura 3.7.

3.4.2 MEJORAMIENTO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS PRODUCTOS DE SEIMCO

3.4.2.1 Mejoramiento del estado físico de las máquinas

El problema de trabajar en la sección de tornos, especialmente de los tornos revólver era por el continuo golpeteo del material en el soporte de alimentación. El soporte de alimentación estaba formado por un sistema cerrado, constituido por un tubo redondo de 2" conectado a una polea por medio de un cable galvanizado que produce el avance del material, mientras este es cortado, como se muestra en la Figura 3.8



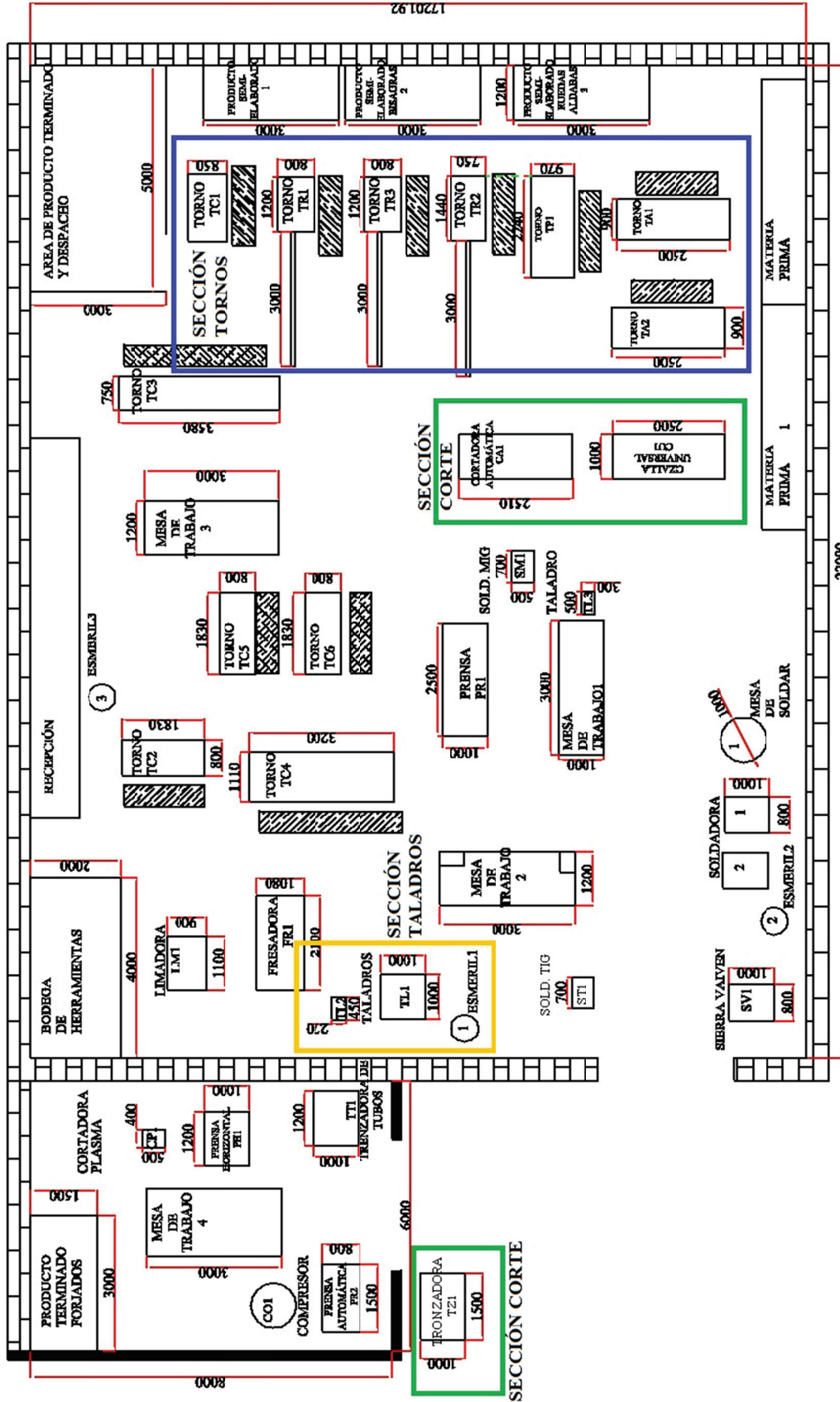


Figura 3.7. Mejoramiento de la distribución de planta. Layout propuesto

La propuesta para el cambio al nuevo sistema de trabajo es un mecanismo abierto formado por un soporte fijo y un soporte móvil, montados en una base cuadrada. El soporte móvil tiene una estructura que centra el ingreso del material hacia la boquilla del torno revólver, además, está conectado a una polea por medio de un cable galvanizado que produce el avance del material mientras se mecanizan los alojamientos, el desplazamiento de este soporte es mediante cuatro ruedas.



Soporte de alimentación - ACTUAL



Soporte de alimentación - PROPUESTO

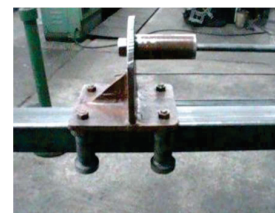
Figura 3.8. Cambios físicos en las máquinas - tornos revólver

El soporte fijo tiene la finalidad de amortiguar el golpeo del material por medio de un buje de nylon de 150 mm de longitud y se desplaza manualmente según el avance del material, tal como se muestra en la Figura 3.9.



Soporte de alimentación - PROPUESTO

Soporte móvil



Soporte fijo



Componentes del sistema abierto

Figura 3.9. Propuesta del sistema abierto para los tornos revólver

3.4.2.2 Mejoramiento del estado físico de los productos

Cambio físico del guía de las bisagras de pistón

El guía de las bisagras pistón consta de dos partes: la guía propiamente dicha y el vástago. El vástago tiene un acabado en cono realizado en el torno revólver. La propuesta para el producto es un corte recto del vástago realizado en la cizalla universal. La Figura 3.10 indica el cambio del guía y en el Anexo V, Tabla AV.1, se especifican las dimensiones del nuevo guía.

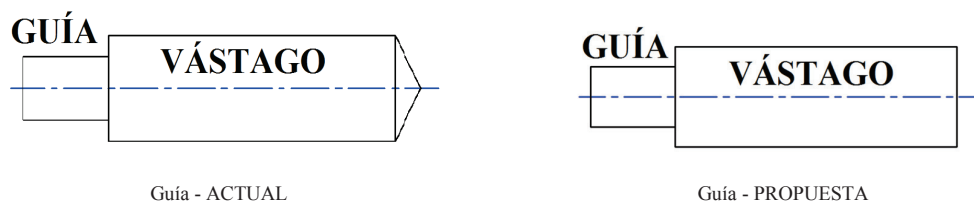


Figura 3.10. Mejoramiento del guía para las bisagras de pistón de dos cuerpos de 3/8" a 3/4"

Cambio del elemento de ensamble para la rueda con base horizontal

El ensamble de las ruedas era realizado mediante un perno el cual se enroscaba en la base, el método propuesto ensambla el producto mediante un eje guía después se sueldan ambos los extremos de la base, eliminando operaciones de roscado y la doble perforación. La Figura 3.11 ejemplifica el elemento de ensamble, en el Anexo V, Tabla AV.2, se especifica las dimensiones del eje guía.



Figura 3.11. Cambio de elemento para el ensamble de las ruedas con base horizontal de 1"1/2 a 3"

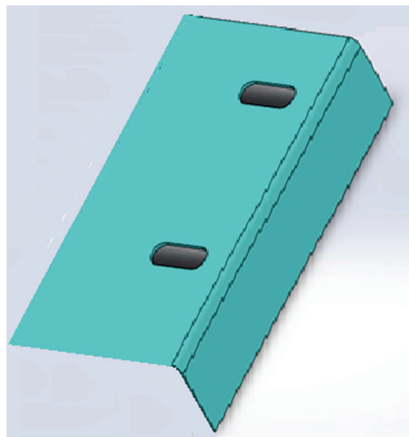
Mejoramiento del manguito de la aldaba

El material del manguito inicialmente era de tubo cuadrado, prolongando la operación de acabados que incluía poner macilla y el pulir las partes defectuosas.

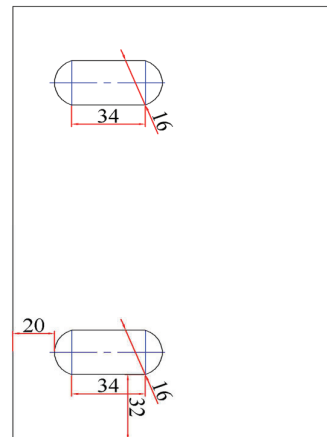
La propuesta es trabajar con platina 1/2" × 1/4" que permite solamente doblar el material en un molde y soldar las bases previamente remachadas. El plano de ingeniería del Anexo V, Tabla AV.2, especifica las dimensiones para la preparación del nuevo manguito.

Cambio de operación para mecanizar los ojos ovalados del soporte guía

El plano de ingeniería del soporte guía indicado en el Anexo IV, Figura AIV.3, se observa que no existe ninguna modificación física del producto, sin embargo, la operación corte de los agujeros ovalados se realizan en un molde mediante plasma, tal como se indica en la Figura 3.12. El diagrama de flujo de procesos del Anexo AXII, Tabla AXII.9, detalla las operaciones para obtener el producto.



Molde de ojos ovalados



Dimensiones del molde de los ojos ovalados

Figura 3.12. Especificaciones de las dimensiones del molde de los ojos ovalados

3.5 ANALIZAR Y ESTABLECER ESTÁNDARES DEL MÉTODO IMPLEMENTADO

3.5.1 ANÁLISIS DEL MÉTODO IMPLEMENTADO - BISAGRAS DE PISTÓN

La Figura 3.13 indica el recorrido que realiza el operario con el nuevo método. La distribución de máquinas redujo el recorrido del producto de dos cuerpos en 21 % que corresponde en promedio a caminar 10 m menos y para el producto en tres cuerpos se reduce el recorrido al 78 % es decir en promedio se disminuyó 35 m.

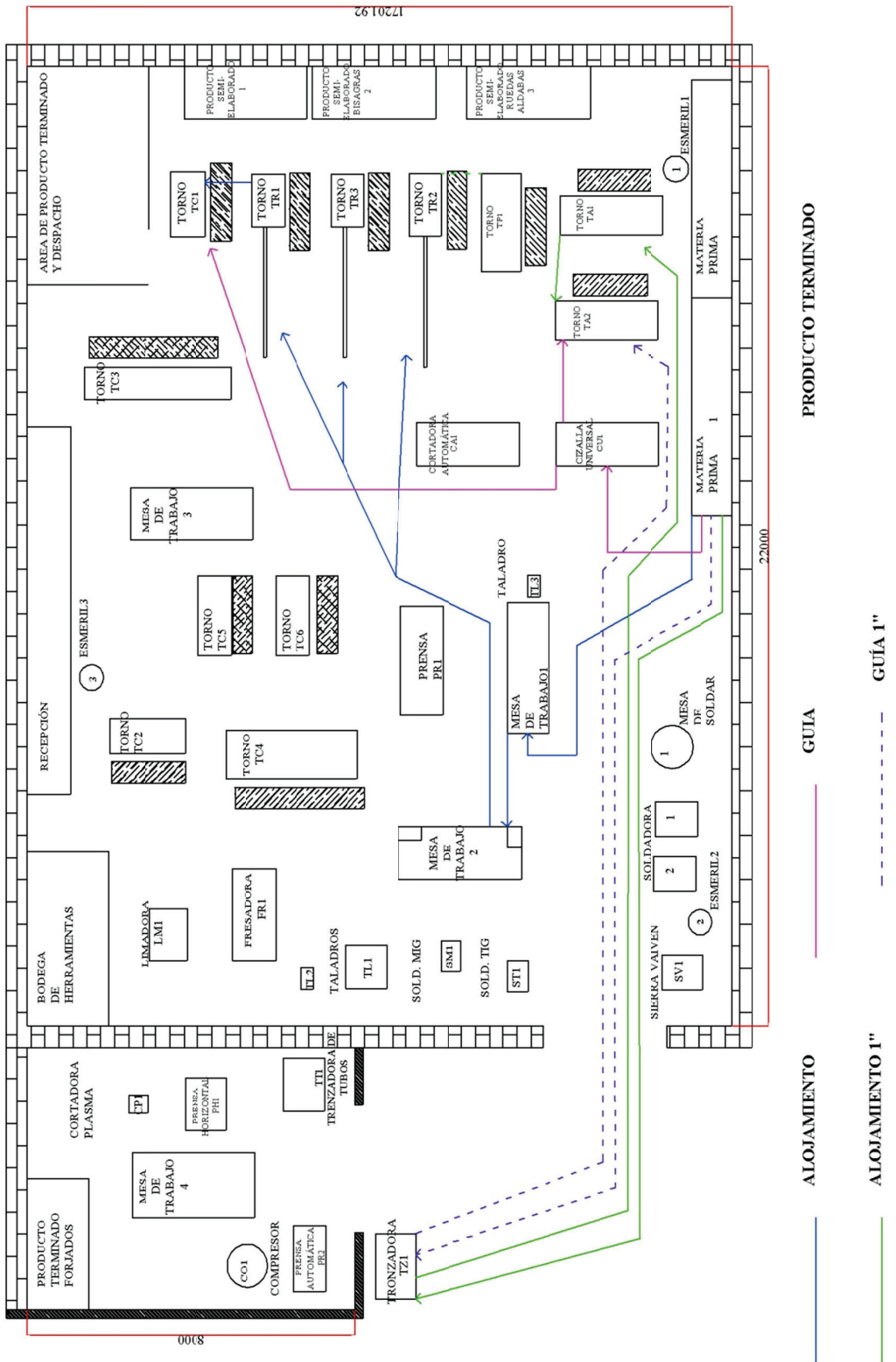


Figura 3.13. Disposición propuesta para los centros de trabajo - bisagras de pistón

Los continuos movimientos que el operario realizaba anteriormente en la producción de bisagras de pistón le generaban fatiga. Más aún, el cambio del sistema para los soportes de alimentación de los tornos revólver eliminación del ruido y redujo el estudio de holguras a 20 puntos, es decir, se aprecia al operario menos fatigado en relación al método anterior. La calificación del desempeño del trabajador sigue siendo del 75 %.

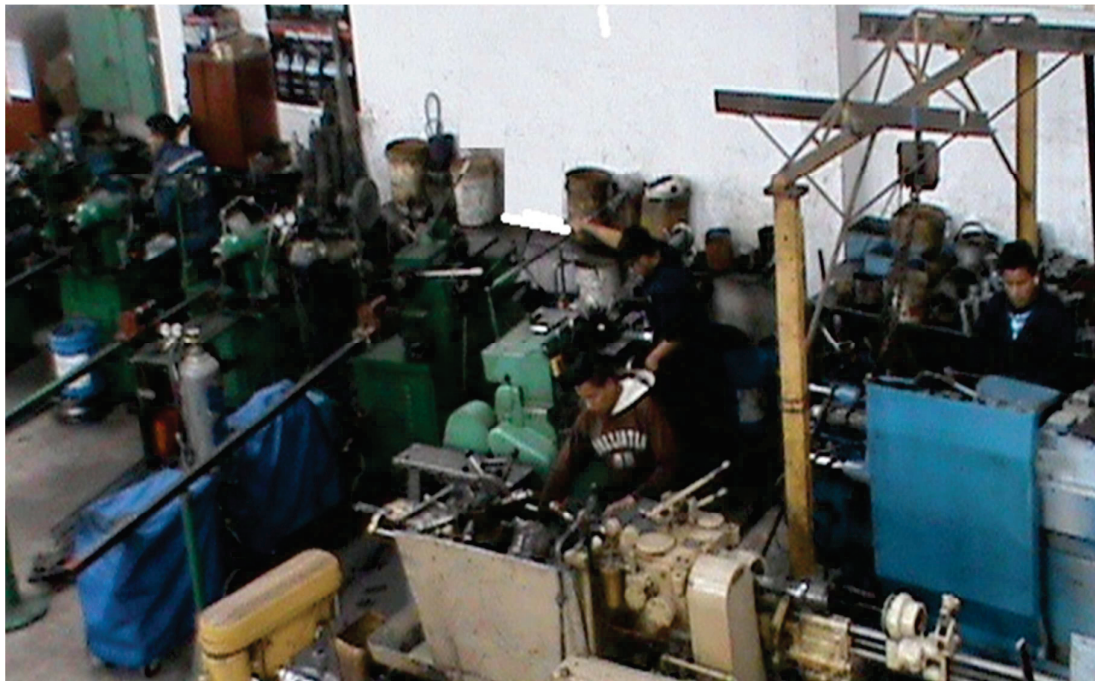


Figura 3.14. Implementación de las máquinas en la sección de tornos

La producción de las bisagras de pistón con el adecuamiento del área productiva y de los cambios efectuados en la apariencia del producto y en las operaciones de producción determina el tiempo estándar de cada una de las actividades del producto. En la columna 9 de la Tabla 3.31 se detalla la capacidad en unidades por hora de cada producto, es decir, los alojamientos de las bisagras de $3/8'' \times 2$ en los dos tornos revólver producen 108 unidades por hora.

El nuevo método de trabajo para las bisagras de pistón significó el aumento de producción a 14 940 pares al mes. Considerando la operación de los alojamientos como el limitante para este producto, el aumento corresponde al 68 % de la producción individual de las bisagras de pistón, respecto del método anterior.

Tabla 3.31. Capacidad de producción estándar de las bisagras de pistón

DIM in	MÁQUINA	CD	PARTE	ACTIVIDAD	Tnorm min/u	T STD min/u	CAPACIDAD				
							u/min	u/h	par /día	días /mes	pares/ mes
3/8×2	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+Perforación	0,93	1,12	0,90	54	216	9	1 944
	Torno revólver	TR3			0,93	1,12	0,90	54	216	9	1 944
	Cizalla Universal	CU1	Guía	Corte	0,02	0,02	44,44	2 666	4 000	1	4 000
	Torno convencional	TC1			0,17	0,20	5,01	301	1 202	3	3 606
1/2×2	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+Perforación	1,06	1,27	0,79	47	190	5	950
	Torno revólver	TR3			1,06	1,27	0,79	47	190	5	950
	Cizalla Universal	CU1	Guía	Corte	0,03	0,03	28,99	1 739	2 609	1	2 609
	Torno convencional	TC1			0,13	0,15	6,46	388	1 550	2	2 325
5/8×2	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+Perforación	1,18	1,42	0,70	42	168	6	1 008
	Torno revólver	TR3			1,18	1,42	0,70	42	168	6	1 008
	Cizalla Universal	CU1	Guía	Corte	0,03	0,04	26,67	1 600	2 400	1	2 400
	Torno automático	TA2			0,13	0,16	6,22	373	1 493	2	2 240
3/4×2	Torno revólver	TR2	Alojamiento	Corte+Perforación	1,42	1,70	0,59	35	142	4	568
	Cizalla Universal	CU1	Guía	Corte	0,04	0,05	22,22	1 333	667	1	667
	Torno automático	TA2			0,17	0,20	5,01	301	601	1	601
1×2	Tronzadora	TZ1	Alojamiento	Corte	0,08	0,10	10,26	616	308	1	308
	Torno automático	TA1			0,26	0,32	3,15	189	284	1	284
	Tronzadora	TZ1	Guía	Corte	0,14	0,17	5,80	348	348	1	348
	Torno automático	TA2			0,21	0,25	3,99	239	347	1	347
3/8×3	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+Perforación	1,16	1,39	0,72	43	173	2	346
	Torno revólver	TR3			1,16	1,39	0,72	43	173	1	173
	Tronzadora	TZ1	Guía	Corte	0,03	0,03	30,06	1 804	902	1	902
	Torno automático	TA2			0,26	0,31	3,21	193	770	1	770
1/2×3	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+Perforación	1,36	1,64	0,61	37	146	5	730
	Torno revólver	TR3			1,36	1,64	0,61	37	146	5	730
	Tronzadora	TZ1	Guía	Corte	0,04	0,05	22,22	1 333	1 333	1	1 333
	Torno automático	TA2			0,28	0,33	3,03	182	727	2	1 309
5/8×3	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+Perforación	1,42	1,70	0,59	35	142	7	994
	Torno revólver	TR3			1,42	1,70	0,59	35	142	7	994
	Tronzadora	TZ1	Guía	Corte	0,04	0,04	23,19	1 391	2 783	1	2 783
	Torno automático	TA2			0,38	0,46	2,18	131	523	5	2 615
3/4×3	Torno revólver	TR2	Alojamiento	Corte+Perforación	1,70	2,05	0,49	29	118	10	1 180
	Tronzadora	TZ1	Guía	Corte	0,04	0,05	22,22	1 333	1 333	1	1 333
	Torno automático	TA2			0,27	0,32	3,11	187	746	2	1 268
1×3	Tronzadora	TZ1	Alojamiento	Corte	0,16	0,19	5,26	316	1 262	1	1 262
	Torno automático	TA1			0,53	0,63	1,58	95	379	3	1 137
	Tronzadora	TZ1	Guía	Corte	0,08	0,10	10,53	632	1 264	1	1 264
	Torno automático	TA2			0,40	0,48	2,07	124	497	3	1 243
Capacidad producción										14 940	

3.5.2 ANÁLISIS DEL MÉTODO IMPLEMENTADO – RUEDAS CON BASE HORIZONTAL

La Figura 3.15 muestra el recorrido que realiza el operario con el método implementado. La distribución de las máquinas redujo el recorrido para la producción de ruedas con base horizontal un 14 %, es decir en promedio camina 19 m menos.

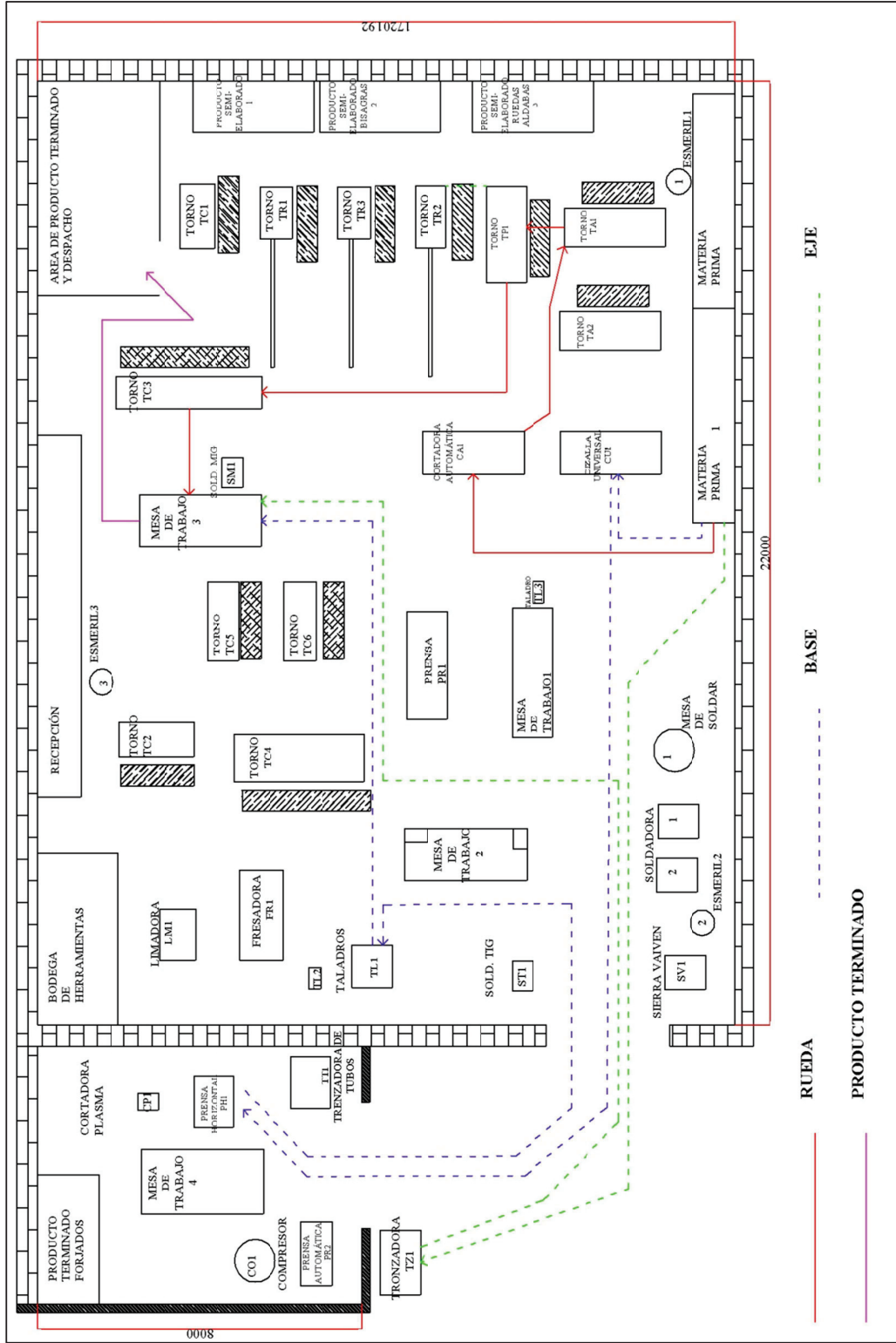


Figura 3.15. Disposición propuesta para los centros de trabajo -ruedas con base horizontal

Los traslados que realizaba el operario de un centro a otro generaban fatiga, además de los continuos reprocesos que se realizaban en la operación de pulido hacia el esmeril 1, redujo el estudio de holguras a 29 puntos, es decir, con el método propuesto se aprecia al operario menos fatigado en relación al método anterior. La calificación del desempeño del trabajador sigue siendo del 75 %.

La producción de ruedas con base horizontal después del adecuamiento del área productiva y del cambio efectuado en el producto y de las operaciones de producción determina el tiempo estándar de cada una de las actividades del producto. En la columna 9 de la Tabla 3.32 se detalla la capacidad en unidades por hora de cada producto, es decir, para las ruedas de 1"1/2 en la cortadora automática CA1 se cortan 19 ejes en una hora.

El nuevo método de trabajo para este producto aumento la producción a 193 unidades al mes. Considerando la operación corte de las ruedas como el limitante del producto, el aumento corresponde al 32 % de la producción individual de las ruedas con base horizontal, respecto del método anterior.

3.5.3 ANÁLISIS DEL MÉTODO IMPLEMENTADO – ALDABAS

La Figura 3.16 muestra el recorrido que realiza el operario con el método implementado. La distribución de máquinas redujo operaciones repetitivas además de encontrarse a distancias alejadas. El mejoramiento del recorrido para la producción de aldabas es de 258 %, es decir se camina 80 m menos.

Según el estudio de holguras se mejoró la condición del operario en 25 puntos, es decir, con el método propuesto se aprecia al operario menos fatigado en relación al método anterior y la calificación del desempeño del trabajador es del 75 %.

La producción de aldabas después del adecuamiento del área productiva, del cambio efectuado en el material del producto y en las operaciones de producción determina el tiempo estándar para cada una de las actividades del producto.

Tabla 3.32. Capacidad de producción estándar de las ruedas con base horizontal

DIM	MÁQUINA	CD	PARTE	ACTIVIDAD	T norm min/u	T STD min/u	CAPACIDAD				
							u/min	u/h	u/día	días/ mes	u/mes
1"1/2	Cortadora Automática	CA1	Rueda	Corte	2,49	3,21	0,31	19	57	1	57
	Torno automático	TA1		Perforación	0,37	0,48	2,10	126	126	1	126
	Torno convencional	TP1		Cilindrado interno	0,59	0,76	1,32	79	79	1	79
	Torno convencional	TC3		Perfilar a 90°+Ensamble	0,71	0,92	1,09	65	65	1	65
	Tronzadora	TZ1	Eje	Corte	0,07	0,09	11,48	689	689	1	689
	Acabados	s/n		lavar+pintar	0,29	0,37	2,72	163	163	1	163
	Cizalla Universal	CU1	Base	Corte	0,04	0,05	18,24	1 094	1 094	1	1 094
	Prensa Hidráulica	PH1		Doblez	0,08	0,10	10,34	620	620	1	620
	Taladro	TL1		Perforación	0,09	0,11	9,12	547	547	1	547
2"	Cortadora Automática	CA1	Rueda	Corte	3,26	4,21	0,24	14	56	1	56
	Torno automático	TA1		Perforación	0,48	0,61	1,63	98	98	1	98
	Torno convencional	TP1		Cilindrado interno	0,38	0,48	2,07	124	124	1	124
	Torno convencional	TC3		Perfilar a 90°+Ensamble	0,86	1,11	0,90	54	54	1	54
	Tronzadora	TZ1	Eje	Corte	0,10	0,13	7,75	465	465	1	465
	Acabados	s/n		lavar+pintar	0,29	0,37	2,70	162	162	1	162
	Cizalla Universal	CU1	Base	Corte	0,03	0,03	31,01	1 860	1 860	1	1 860
	Prensa Hidráulica	PH1		Doblez	0,06	0,08	12,40	744	744	1	744
	Taladro	TL1		Perforación	0,10	0,13	7,75	465	465	1	465
2"1/2	Cortadora Automática	CA1	Rueda	Corte	7,59	9,79	0,10	6	48	1	48
	Torno automático	TA1		Perforación	0,61	0,79	1,27	76	76	1	76
	Torno convencional	TP1		Cilindrado interno	0,65	0,84	1,19	72	72	1	72
	Torno convencional	TC3		Perfilar a 90°+Ensamble	1,00	1,29	0,78	47	47	1	47
	Tronzadora	TZ1	Eje	Corte	0,10	0,13	7,75	465	465	1	465
	Acabados	s/n		lavar+pintar	0,29	0,37	2,70	162	162	1	162
	Cizalla Universal	CU1	Base	Corte	0,03	0,03	31,01	1 860	1 860	1	1 860
	Prensa Hidráulica	PH1		Doblez	0,06	0,08	12,40	744	744	1	744
	Taladro	TL1		Perforación	0,13	0,16	6,20	372	372	1	372
3"	Cortadora Automática	CA1	Rueda	Corte	11,54	14,88	0,07	4	32	1	32
	Torno automático	TA1		Perforación	0,63	0,81	1,24	74	74	1	74
	Torno convencional	TP1		Cilindrado interno	0,65	0,84	1,19	72	72	1	72
	Torno convencional	TC3		Perfilar a 90°+Ensamble	1,10	1,42	0,70	42	42	1	42
	Tronzadora	TZ1	Eje	Corte	0,10	0,13	7,75	465	465	1	465
	Acabados	s/n		lavar+pintar	0,29	0,37	2,70	162	162	1	162
	Cizalla Universal	CU1	Base	Corte	0,03	0,03	31,01	1 860	1 860	1	1 860
	Prensa Hidráulica	PH1		Doblez	0,11	0,15	6,89	413	413	1	413
	Taladro	TL1		Perforación	0,14	0,18	5,64	338	338	1	338
Capacidad producción										193	

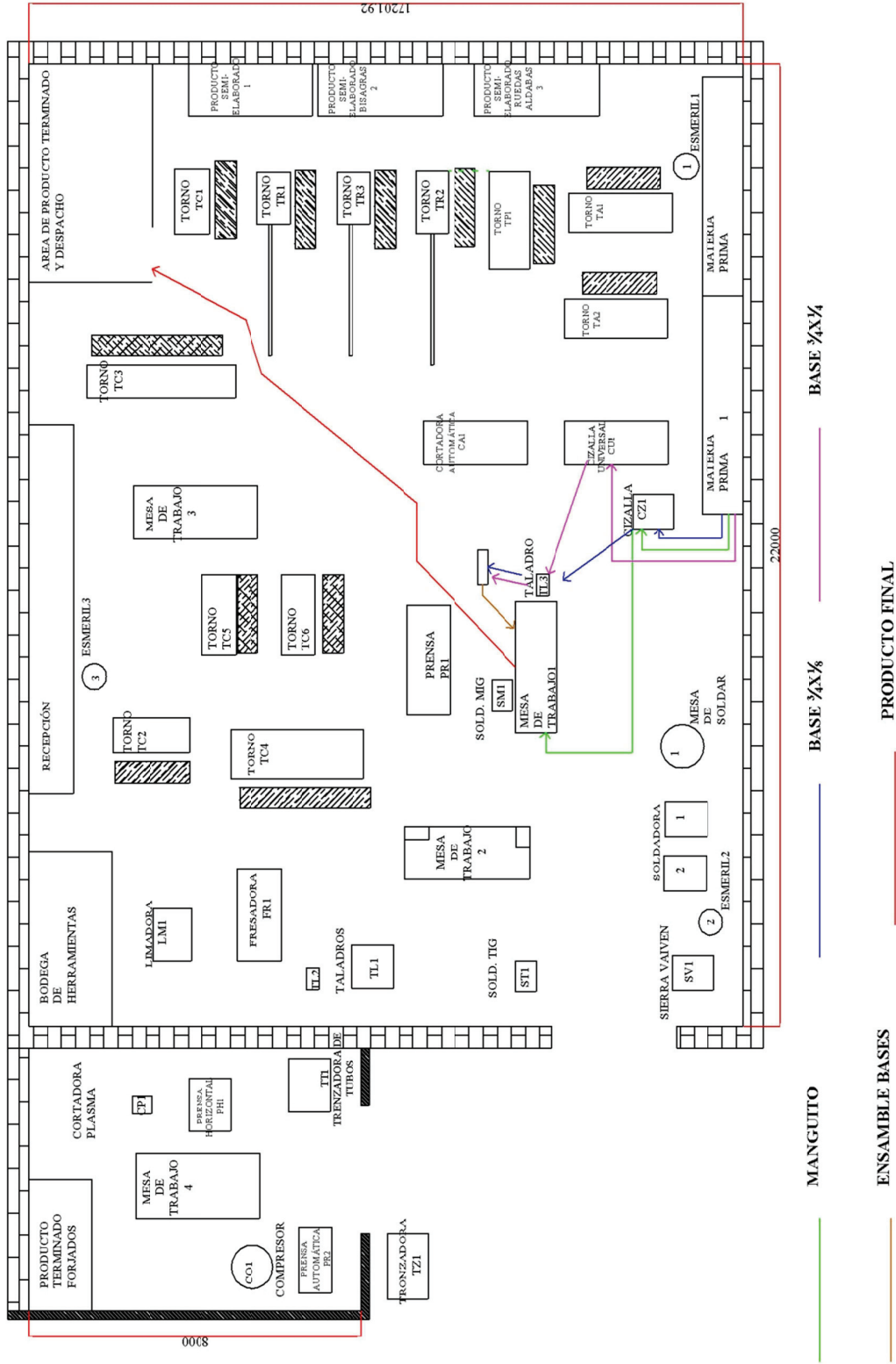


Figura 3.16. Disposición propuesta para los centros de trabajo de la aldaba

En la última columna de la Tabla 3.33 se detalla la capacidad en unidades por hora de cada actividad, así, la cizalla universal CU1 corta 1 029 unidades al mes.

El nuevo método de trabajo aumento la producción a 384 unidades al mes y considerando el método anterior la producción aumentó el 213 %.

Tabla 3.33. Capacidad de producción estándar de las aldabas

DIM	MÁQUINA	CD	PARTE	ACTIVIDAD	T norm min/u	T STD min/u	CAPACIDAD				
							u/min	u/h	u/día	días/mes	u/mes
ALDABA	Cizalla Universal	CU1	Base 3/4 x 1/4	Corte	0,05	0,06	17,14	1 029	1 029	1	1 029
	Taladro	TL3	Base 3/4 x 1/8	Perforación	0,34	0,42	2,36	141	564	1	564
	Cizalla manual	CZ1		Corte	0,07	0,08	12,00	720	720	1	720
	Taladro	TL3	Manguito	Perforación	0,14	0,18	5,71	343	686	1	686
	Doble manual			Doble manual	0,10	0,12	8,21	492	492	1	492
	Acabados			Remachar+Soldar+Pintar	1,00	1,24	0,80	48	384	1	384

3.5.4 ANÁLISIS DEL MÉTODO IMPLEMENTADO – SOPORTE GUÍA

La Figura 3.17 muestra el recorrido que realiza el operario con el método implementado. La distribución de máquinas mejoró las actividades en cuanto al pulido del soporte principal este mejoramiento corresponde al 41 %, es decir se camina 36 m menos.

Para la producción del soporte guía el adecuamiento del área productiva y de las operaciones de producción determinan el tiempo estándar para cada una de las actividades del producto, el desempeño del operario es del 75 %.

En la columna 9 de la Tabla 3.34 se detalla la capacidad en unidades por hora de cada actividad, es decir, la cortadora plasma corta 69 soportes principales en una hora. Sin embargo, la operación limitante son las perforaciones que se practican en el soporte principal y dan como resultado 45 perforaciones por hora que corresponde trabajar en 22 soportes guías. El nuevo método de trabajo en este producto aumento la producción a 22 soportes al mes y considerando el método anterior la producción aumentó en un 340 %.

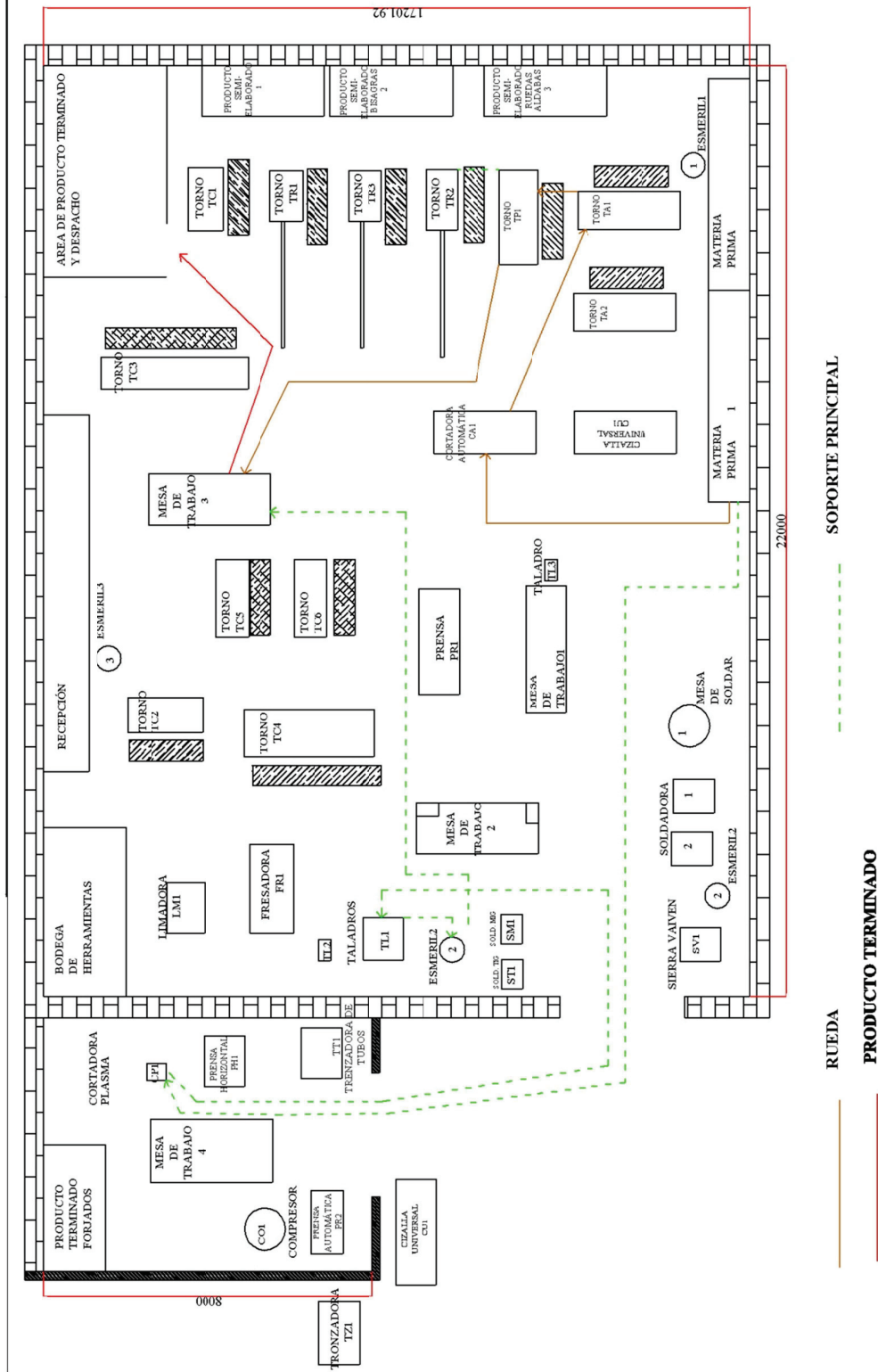


Figura 3.17. Disposición propuesta para los centros de trabajo de los soporte guía

Tabla 3.34. Capacidad de producción estándar de las soporte guía

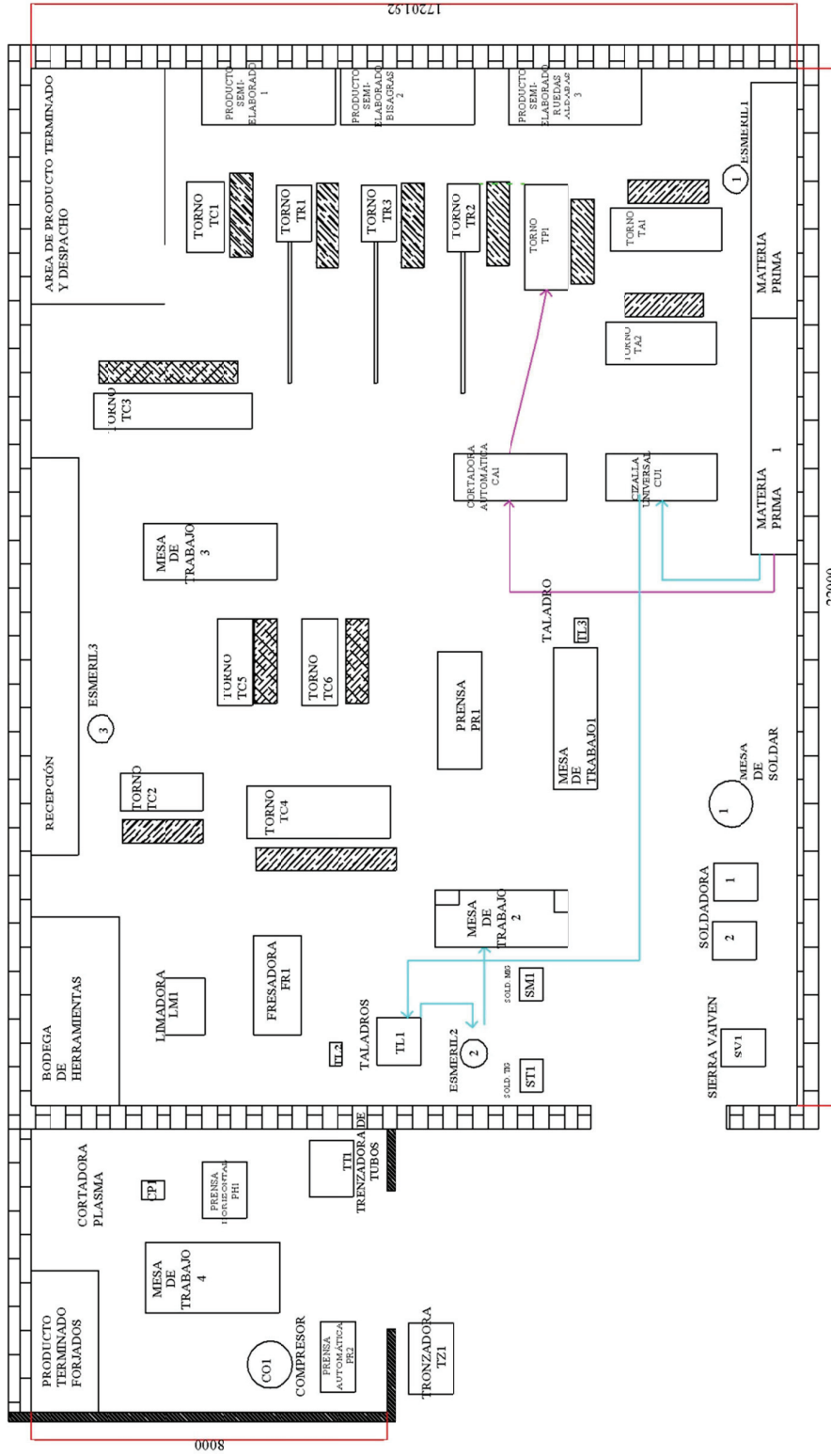
DIM	MÁQUINA	CD	PARTE	ACTIVIDAD	T norm min/u	T STD min/u	CAPACIDAD					
							u/min	u/h	h/día	u/día	días/mes	u/mes
SOPORTE GUIA	Cortadora Plasma	CP1	Soporte principal	Cortar	0,68	0,87	1,15	69	1	69	1	69
	Cortadora Plasma	CP1		Ojos ovalados	0,80	1,03	0,97	58	2	116	2	232
	Taladro	TL1		Perforación	1,04	1,34	0,75	45	1	45	1	45
	Acabados			Pulir	0,14	0,18	5,64	338	1	338	1	338
	Acabados finales			Pintar + Ensambl	0,99	1,27	0,79	47	1	47	1	47
	Cortadora Automática	CA1	Rueda	Corte	0,18	0,23	4,43	266	1	266	1	266
	Torno automático	TA1		Perforación	0,09	0,11	8,86	532	1	532	1	532
	Torno convencional	TP1		Cilind + Refren	0,64	0,82	1,22	73	1	73	1	73

3.5.5 ANÁLISIS DEL MÉTODO IMPLEMENTADO – RUEDA CON BASE VERTICAL

La Figura 3.18 muestra el recorrido que realiza el operario con el método implementado. La distribución de máquinas mejoró las actividades en cuanto al corte y pulido la base este mejoramiento corresponde al 150 %, es decir se camina 69 m menos.

Los traslados que realizaba el operario de un centro a otro generaban fatiga, además de los continuos pulidos que se realizaban en el esmeril 1 por el corte del material en la tronzadora, la reducción del estudio de holguras fue a 22 puntos, es decir, con el método propuesto se aprecia al operario menos fatigado en relación al método anterior. La calificación del desempeño del trabajador sigue siendo del 75 %.

La producción de ruedas con base vertical después del adecuamiento del área productiva y del cambio en las operaciones de producción determina el tiempo estándar de cada una de las actividades del producto. En la columna 9 de la Tabla 3.35 se detalla la capacidad en unidades por hora de cada producto, es decir, para el corte de los guías de 1”1/2 en la cortadora automática CA1 se efectúan 23 unidades en una hora.



BASE

GUÍA PARA EL RODAMIENTO

PRODUCTO TERMINADO

Figura 3.18. Disposición propuesta para los centros de trabajo - ruedas con base vertical

El nuevo método de trabajo aumento la producción a 151 unidades al mes. Considerando la operación corte de los guías como el limitante del producto, el aumento corresponde al 68 % de la producción individual de las ruedas con base vertical, respecto del método anterior.

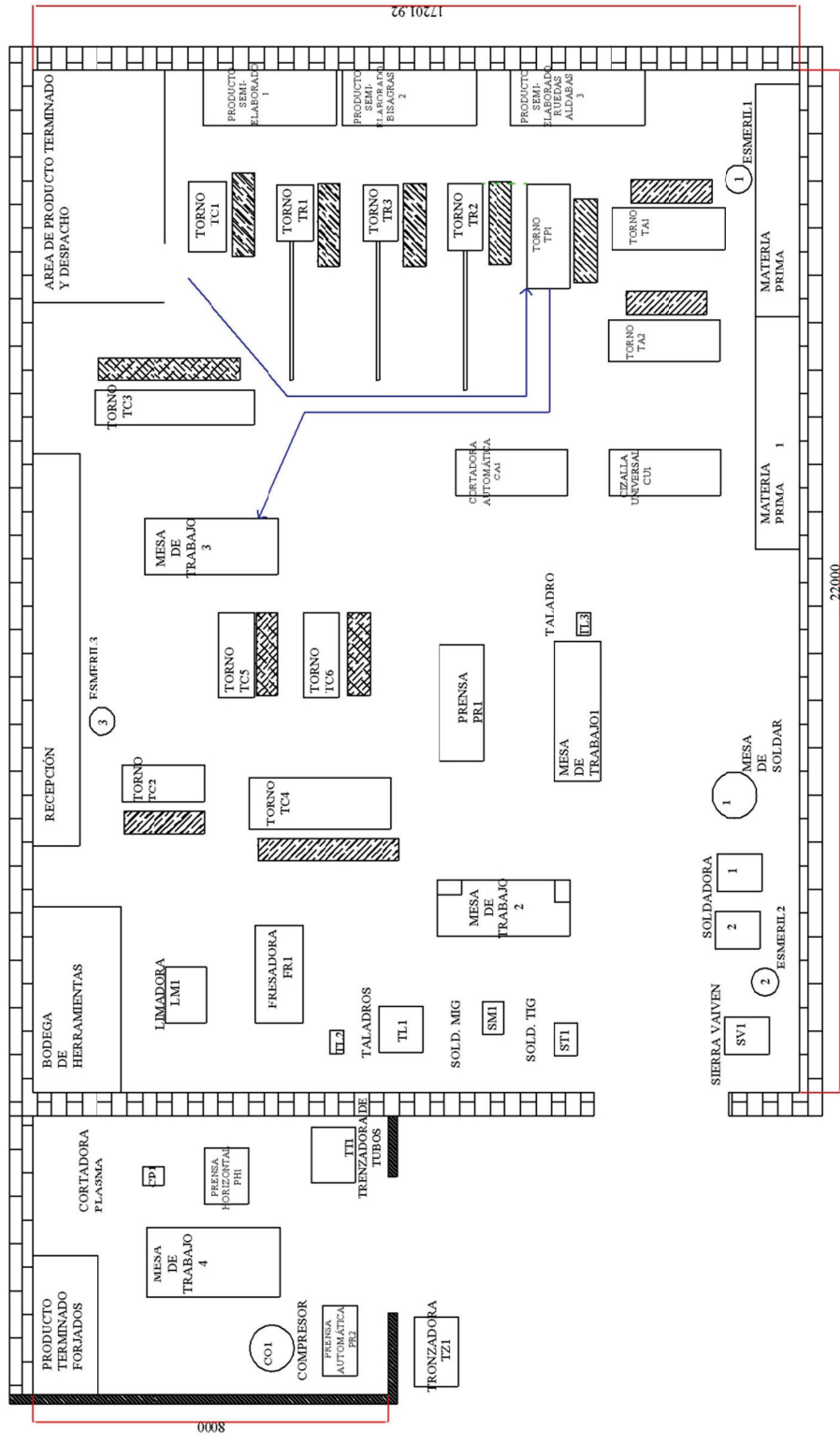
Tabla 3.35. Capacidad de producción estándar de las ruedas con base vertical

	DIM	MÁQUINA	CD	PARTE	ACTIVIDAD	T norm min/u	T STD min/u	CAPACIDAD				
								u/min	u/h	u/día	días/ mes	u/ mes
RUEDA CON BASE VERTICAL	1"1/2	Corta. Autom.	CA1	Guía	Corte	2,11	2,58	0,39	23	46	1	46
		Torno conven.	TP1		Cilindrado	0,51	0,63	1,60	96	96	1	96
		Acabados	s/n		Aclopar+ensamblar	0,32	0,39	2,57	154	154	1	154
		Cizalla Unive.	CU1	Base	Corte	0,04	0,05	21,86	1 311	1 311	1	1 311
		Taladro	TL1		Perforacion	0,13	0,16	6,25	375	375	1	375
		Acabados	s/n		Pulir	0,10	0,12	8,20	492	492	1	492
		2"	Corta. Autom.	CA1	Guía	Corte	2,11	2,58	0,39	23	46	1
	Torno conven.	TP1		Cilindrado	0,64	0,78	1,29	77	77	1	77	
	Acabados	s/n		Aclopar+ensamblar	0,32	0,39	2,57	154	154	1	154	
	Cizalla Unive	CU1	Base	Corte	0,03	0,04	26,23	1 574	1 574	1	1 574	
	Taladro	TL1		Perforacion	0,13	0,16	6,25	375	375	1	375	
	Acabados	s/n		Pulir	0,10	0,12	8,20	492	492	1	492	
	2"1/2	Corta. Autom.	CA1	Guía	Corte	2,11	2,58	0,39	23	23	1	23
	Torno conven.	TP1		Cilindrado	0,76	0,93	1,07	64	64	1	64	
	Acabados	s/n		Aclopar+ensamblar	0,32	0,39	2,57	154	154	1	154	
	Cizalla Unive	CU1	Base	Corte	0,03	0,04	26,23	1 574	1 574	1	1 574	
	Taladro	TL1		Perforacion	0,13	0,16	6,25	375	375	1	375	
	Acabados	s/n		Pulir	0,10	0,12	8,20	492	492	1	492	
	3"	Corta. Autom.	CA1	Guía	Corte	2,70	3,30	0,30	18	36	1	36
	Torno conven.	TP1		Cilindrado	0,92	1,12	0,89	53	53	1	53	
	Acabados	s/n		Aclopar+ensamblar	0,31	0,38	2,65	159	159	1	159	
	Cizalla Unive	CU1	Base	Corte	0,04	0,05	21,86	1 311	1 311	1	1 311	
	Taladro	TL1		Perforacion	0,14	0,17	5,96	358	358	1	358	
	Acabados	s/n		Pulir	0,09	0,11	8,74	525	525	1	525	
Capacidad producción											151	

3.5.6 ANÁLISIS DEL MÉTODO IMPLEMENTADO – RUEDA CON GUÍA ROSCADA

La Figura 3.19 muestra el recorrido que realiza el operario con el método implementado. La distribución de máquinas representa el 41 % de las mejoras en el recorrido, el movimiento de un centro a otro corresponde a caminar 9 m menos. El traslado que realizaba el operario hacia el torno TP1 era dificultosa por la cantidad de máquinas que existían para llegar al torno, con el mejoramiento se tiene un avance directo al centro de trabajo, el desempeño del trabajador es 75 %.





GUÍA DE RODAMIENTO

PRODUCTO TERMINADO

Figura 3.19. Disposición propuesta para los centros de trabajo - ruedas con guía roscada

La producción de ruedas con guía roscada después del adecuamiento del área productiva determina el tiempo estándar de cada una de las actividades del producto. En la columna 9 de la Tabla 3.36 detalla la capacidad en unidades por hora de cada producto, es decir, el mecanizado de las cabezas de los pernos de 1"1/2 en el torno convencional TP1 se efectúan 162 unidades en una hora. El nuevo método de trabajo aumento la producción a 480 unidades al mes. Mejorando la producción en un 25 %.

Tabla 3.36. Capacidad de producción estándar de las ruedas con guía roscada

	DIM	MÁQUINA	CD	PARTE	ACTIVIDAD	T norm min/u	T STD min/u	CAPACIDAD				
								u/min	u/h	u/día	días/mes	u/mes
RUEDA CON GUÍA ROSCADA	1"1/2	Torno conven	TP1	Guía	Cilindr cabeza perno	0,31	0,37	2,70	162	162	1	162
		Acabados			Pintar+Ensambl	0,18	0,22	4,51	270			
	2"	Torno conven	TP1	Guía	Cilindr cabeza perno	0,31	0,38	2,64	159	159	1	159
		Acabados			Pintar+Ensambla	0,21	0,26	3,89	233			
	2"1/2	Torno conven	TP1	Guía	Cilindr cabeza perno	0,31	0,38	2,64	159	159	1	159
		Acabados			Pintar+Ensambl	0,31	0,37	2,70	162			
Capacidad producción												480

3.6 EVALUAR EL MÉTODO IMPLEMENTADO

3.6.1 EVALUACIÓN DEL MÉTODO IMPLEMENTADO PROPIAMENTE DICHO

Una vez implementado los nuevos métodos de trabajo en el área de producción de SEIMCO, el siguiente paso a desarrollar es la evaluación. La información del método propuesto fue obtenida durante el mes de diciembre, considerado como el mes de prueba.

La Tabla 3.38 registra información de la producción obtenida después de la implementación de los nuevos métodos de trabajo en la empresa, durante el mes de propuesta. La producción mensual de las bisagras de pistón se obtuvo en la jornada normal de trabajo de 8 horas al día y variando la producción según el número de días al mes de cada una de las dimensiones del producto, así, la

producción de las bisagras de pistón ascendió a 14 911 pares y en promedio la productividad es de 43 pares por hora hombre trabajado al mes, tal como se indica en la Tabla 3.39. La producción de las ruedas con base horizontal es de 193 unidades trabajado las 8 horas al día una vez al mes para cada dimensión de las ruedas y en promedio la productividad es de 11 unidades por hora hombre trabajado. La producción de las ruedas con base vertical es de 151 unidades y en promedio la productividad es de 22 unidades por hora hombre trabajado. La producción de las aldabas y los soportes guías es de 384 y 22 unidades al mes y en promedio la productividad es de 96 y 22 unidades por hora hombre trabajadas respectivamente.

La Tabla 3.38 muestra información relacionada a los costos. El costo de materia prima y mano de obra directa aumentaron en un 36 % y 31 % respectivamente, esto se debe al incremento de maquinaria y al mejoramiento en las operaciones de producción para los productos.

Los costos totales que corresponden a la sumatoria de los costos de materia prima, mano de obra, indirectos y administrativos; por el aumento de la producción ascendió al 28 %, es decir, mientras mayor producción, mayor consumo de materias primas e insumos complementarios para el ensamble de cada producto y fuerza laboral en la inserción de las nuevas maquinarias. Sin embargo, la sumatoria del costo unitario que corresponde a la relación del costo total y la producción obtenida; para el método anterior fue de 82,17 \$/mes y con el método actual es de 61,15 \$/mes. El costo unitario de los productos se reduce a un 26 %, es decir, por cada producto fabricado mensualmente la empresa gana 0,26 centavos de dólar.

Con respecto al margen del precio de venta A que corresponde a la diferencia de la unidad entre la relación del costo unitario y el precio de venta de cada producto aumentó mensualmente en promedio de 0,21 centavos de dólar a 0,35 centavos de dólar, es decir mejoró el margen del precio de venta en un 65 % respecto al método anterior, así por cada dólar que ingresa mensualmente a la empresa, está gana 0,65 centavos de dólar.

Además para aumentar la productividad en la empresa, los productos a fabricar mensualmente de manera adicional sería de 11 309 unidades, tal como se detalla en la Tabla 3.38. Reduciendo de esa manera la cantidad esperada de producir en el método anterior de 15 952 unidades.

La Tabla 3.39 expresa la productividad calculada en unidades por horas hombre trabajada para cada uno de los productos que produce la empresa. La productividad del sistema es la relación de la sumatoria de los promedios de la productividad del método actual respecto a la productividad del método propuesto, es decir la mejora del sistema ascendió al 34 %.

Tabla 3.39. Productividad de SEIMCO, durante el mes de prueba

PRODUCTOS	PRODUCTIVIDAD ACTUAL u/HH	PRODUCTIVIDAD PROPUESTO u/HH	INCREMENTO DE PRODUCTIVIDAD
BISAGRAS DE PISTÓN	29	43	50 %
RUEDAS CON BASE HORIZONTAL	4	11	153 %
RUEDAS CON BASE VERTICAL	16	22	38 %
RUEDAS CON BASE ROSCADA	180	180	0 %
ALDABA	45	96	113 %
SOPORTE GUIA	5	22	340 %
PRODUCTIVIDAD DE SEIMCO	279	374	34 %

Las mejoras que se realizaron para cada uno de los productos demuestran que la empresa cumple con los requerimientos del departamento de ventas. Al aumentar la producción de los herrajes metálicos la empresa entrega a los clientes externos productos de calidad, con el mínimo tiempo de entrega y de ese modo competir en el mercado nacional

3.6.2 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE INCENTIVOS

La evaluación del nuevo método implementado se finaliza con la puesta en marcha del plan piloto de incentivos individuales, que corresponde al plan

estándar por horas, por el cual, el operario percibe por una tarifa básica por hora de trabajo y el estándar se expresa en horas por pieza con un pago en función a la eficiencia en el uso del tiempo.

La Tabla 3.40 detalla el incentivo por productividad en dólares por hora para cada una de las partes de los productos que se fabrican en SEIMCO, una vez que se ha superado el estándar. Este plan se elaboró conjuntamente con gerencia para incentivar al área productiva de la empresa.

Tabla 3.40. Incentivos por productividad, para cada una de las partes de los productos de SEIMCO

TABLA DE INCENTIVOS	TARIFA \$/h
BISAGRAS DE PISTÓN	0,03
RUEDAS CON BASE HORIZONTAL	0,06
RUEDAS CON BASE VERTICAL	0,07
ALDABA	0,07
SOPORTE GUIA	0,25

La Tabla 3.41 detalla los datos obtenidos para la evaluación del plan de incentivos, este plan se realizó durante la jornada de 8 horas de trabajo a dos operarios, para evidenciar la aceptación y el empoderamiento del nuevo método implementado por parte del área productiva de SEIMCO. La evaluación de la producción de las bisagras de pistón durante diferentes días del mes determinó que: el operario 1 fabricó 1 875 unidades al día en un tiempo estándar acumulado de producción de 48,99 horas.

El incentivo por aumento de productividad en las bisagras de pistón es el producto entre el tiempo acumulado de producción y la tarifa de incentivos dan como resultado 1,47 \$ al día de labores, tal como se muestra en la Tabla 3.42, este incentivo por los 6 días de trabajo al mes corresponde a 8,82 \$. Además este incentivo de productividad se acumula al salario que el operario 1 gana en un mes de trabajo.

Tabla 3.41. Puesta en marcha del plan de incentivos en los productos de SEIMCO

	DIM	MÁQUINA	CD	PARTE	ACTIVIDAD	T STD min/u	Capaci dad stand	Operario 1		Operario 2	
								u/día	h/día	u/día	h/día
BISAGRAS DE PISTÓN	3/8X2	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+ Perforación	1,12	432	438	8,15		
	3/8X2	Torno revólver	TR3			1,12	432			435	8,09
	1/2X2	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+ Perforación	1,27	379	389	8,22		
	1/2X2	Torno revólver	TR3			1,27	379			386	8,16
	5/8X2	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+ Perforación	1,42	336	343	8,12		
	5/8X2	Torno revólver	TR3			1,42	336			347	8,22
	3/8X3	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+ Perforación	1,86	259	264	8,16		
	3/8X3	Torno revólver	TR3			1,86	259			267	8,25
	1/2X3	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+ Perforación	2,18	221	226	8,21		
	1/2X3	Torno revólver	TR3			2,18	221			227	8,25
	5/8X3	Torno revólver	TR1	Alojamiento	Corte+ Perforación	2,27	211	215	8,12		
	5/8X3	Torno revólver	TR3			2,27	211			328	12,40
						20	3 677	1 875	48,99	1 990	53,37
RUEDA CON BASE HORIZONTAL	1"1/2	Cortadora Automática	CA1	Rueda	Corte	4,28	57	63	4,49		
	2"	Cortadora Automática	CA1	Rueda	Corte	4,21	56			64	4,49
	2"1/2	Cortadora Automática	CA1	Rueda	Corte	9,79	48	53	8,65		
	3"	Cortadora Automática	CA1	Rueda	Corte	14,88	32			39	9,67
						33	193	116,00	13,14	103,0	14,16
RUEDA CON BASE VERTICAL	1"1/2	Cortadora Automática	CA1	Guía	Corte	2,58	46			53	2,28
	2"	Cortadora Automática	CA1	Guía	Corte	2,58	46	54	2,32		
	2"1/2	Cortadora Automática	CA1	Guía	Corte	2,58	23			27	1,16
	3"	Cortadora Automática	CA1	Guía	Corte	3,30	36	41	2,25		
						11	151	95,00	4,57	80,00	3,44
ALDABA		Taladro	TL3	Base 3/4 x 1/4	Perforación	0,42	384	391	2,77		
SOPORTE E GUIA		Taladro	TL1	Soporte guía principal	Perforación	1,34	22	25	0,56		

Tabla 3.42. Cálculo del incentivo de productividad

PRODUCTO	Operario 1			Operario 2		
	Tiempo estándar acumulado de producción	Tarifa de incentivo por productividad	Incentivo por productividad	Tiempo estándar acumulado en producción	Tarifa de incentivo por productividad	Incentivo por productividad
	h/día	\$/h	\$/día	h/día	\$/h	\$/día
BISAGRAS DE PISTON	48,99	0,03	1,47	53,37	0,03	1,60
RUEDA CON BASE HORIZONTAL	13,14	0,06	0,79	14,16	0,06	0,85
RUEDA CON BASE VERTICAL	4,57	0,07	0,32	3,44	0,07	0,24
ALDABA	2,79	0,07	0,20	0,00	0,07	0,00
SOPORTE GUIA	2,32	0,25	0,58	0,00	0,25	0,00



4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Después de la identificación y análisis de las actividades que limitan la productividad en la producción de bisagras de pistón, ruedas con base horizontal, ruedas con base vertical, ruedas con guías roscadas, soportes guías y aldabas; el mejoramiento de la apariencia física de los productos, las operaciones de cada proceso de producción y la distribución de los centros de trabajo mejoró la productividad del sistema en un 34 %. La productividad se incrementó mensualmente de 279 unidades por hora hombre a 374 unidades por hora hombre en la jornada normal de trabajo de 8 horas.

La mejora de productividad del 34 % en la empresa corresponde a la producción mensual de 31 112 unidades, cumpliendo con el requerimiento del departamento de ventas de aumentar la producción en un 20 %, es decir a 29 974 unidades al mes.

La implementación del nuevo método de trabajo incrementó la producción mensual en las bisagras de pistón de 8 514 pares a 14 911 pares, en las ruedas con base horizontal de 65 unidades a 193 unidades, en las ruedas con base vertical de 103 unidades a 151 unidades, en los soportes guías de 5 unidades a 22 unidades y en las aldabas de 180 unidades a 384 unidades.

La producción mensual de los alojamientos de 3/8", 1/2", 5/8" y 3/4" de dos y tres cuerpos era de 14 582 unidades con un solo torno revólver TR1. Actualmente se trabaja en dos tornos revólver con una producción mensual de: en el TR1 y TR3 las dimensiones de 3/8", 1/2" y 5/8"; a 23 542 unidades y en el TR2 la dimensión de 3/4" a 2 360 unidades; y el corte de los guías para ambas presentaciones se realiza en la cizalla universal CU1 con una producción de 18 798 unidades al mes anteriormente el corte se realizaba en el torno revólver 2 con una producción de 12 387 unidades al mes.

La implementación del nuevo método de trabajo redujo el costo unitario en un 26 % respecto al método anterior, es decir de 82,17 dólares al mes a 61,15 dólares al mes, por cada producto fabricado mensualmente la empresa gana 0,26 centavos de dólar al mes.

El aumento de producción mensual mejoró el margen del precio de venta en promedio de 0,21 centavos de dólar a 0,35 centavos de dólar, es decir se incrementó un 65 %, así por cada dólar que ingresa mensualmente a la empresa, está gana 0,65 centavos de dólar.

El incentivo por aumento de productividad se aplicó en cada uno de los productos mediante el análisis de la tarifa dólares la hora expresada en la Tabla 3.40. Este incentivo fue considerado para la aplicación de cada parte producida con la finalidad de motivar al personal y aumentar la productividad de la empresa. Además el incentivo de productividad se sumó al salario que el operario gana en un mes.

4.2 RECOMENDACIONES

Controlar continuamente el cumplimiento de las especificaciones técnicas de las guías de trabajo, como son: los planos de ingeniería, los cursogramas sinópticos de proceso, los diagramas de flujo y la distribución de los centros de trabajo; para efectuar las operaciones acorde a lo estandarizado.

Realizar guías de trabajo para el manejo efectivo de las máquinas herramientas, de tal manera que el operario pueda guiarse en el uso correcto de estas máquinas y sin afectar la funcionalidad de la máquina herramienta al momento de mecanizar.

Desarrollar nuevos estudios que mejoren las características físicas y las operaciones de producción de los productos con el objetivo de reducir el tiempo de mecanizado de los productos, sin afectar la calidad y la funcionabilidad del producto para las aplicaciones a las cuales que efectuó el cliente externo.

Coordinar con producción la rotación del personal dentro del área productiva de SEIMCO, para el conocimiento del manejo de las maquinas herramientas utilizadas para la ejecución de las diferentes operaciones de mecanizado de cada uno de los productos que la empresa ofrece la empresa al mercado nacional.

Motivar continuamente a los colaboradores de la empresa mediante incentivos de productividad, para que estos se encuentren prestos de generar efectivamente el trabajo que se realiza diariamente, siendo que la producción se realiza en lotes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acevedo, A., & Linares, C. (julio-diciembre de 2009). *La resolución de problemas en el mundo de la empresa*. Recuperado el 22 de 09 de 2015
2. Acevedo, A., & Linares, M. (enero-junio de 2012). *El enfoque y rol del ingeniero industrial para la gestión y decisión en el mundo de las organizaciones*. Recuperado el 22 de 09 de 2015, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81624969002>
3. Baca, G. (2007). *Fundamentos de Ingeniería Económica* (4ta ed.). México: McGraw Hill.
4. Baca, G., Cruz, M., Cristóbal, M., Baca, G., Gutiérrez, J., Pacheco, A., y otros. (2014). *Introducción a la Ingeniería Industrial* (1era ed.). México: Patria.
5. Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministros* (5ta ed.). México: Pearson Educación.
6. Berk, J., & Demarzo, P. (2008). *Finanzas Corporativas* (1era ed.). México: Pearson Educación.
7. Blank, L., & Tarquin, A. (2006). *Ingeniería Económica* (6ta ed.). México: McGraw Hill.
8. Bravo, J. (2009). *Gestión de Procesos: desde la mejora hasta el rediseño* (2da ed.). Santiago de Chile, Chile: Evolución S.A.
9. Chase, R., & Jacobs, R. (2009). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros* (12ma ed.). México: McGraw Hill.
10. Chiavenato, I. (2009). *Gestión del Talento Humano* (3era ed.). México: McGraw Hill.
11. De la Roca, L. (1994). *Manual de Prácticas: Ingeniería de Métodos* (1era ed.). Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
12. Dessler, G. (2009). *Administración de Recursos Humanos* (10era ed.). México: Pearson Educación.
13. Díaz, J. (2010). *Costos Industriales sin contabilidad* (1era ed.). México: Prentice Hall.



14. García, R. (2005). *Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo* (2da ed.). México: McGraw Hill.
15. Gerling, H. (2006). *Alrededor de las Máquinas-Herramientas* (3era Ed ed.). Barcelona, España: Reverté S.A.
16. Grech, P. (2013). *Introducción a la Ingeniería: Un enfoque através del diseño* (2da ed.). Colombia: Pearson.
17. Heizer, J., & Jacobs, R. (2008). *Dirección de la producción y de operaciones: Decisiones tácticas* (8va ed.). España: Prentice Hall.
18. Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones* (7ma ed.). México: Pearson Educación.
19. Hodson, K. (1996). *Maynard Manual del ingeniero industrial* (4ta ed.). Mexico: McGraw Hill.
20. International Organization for Standarization. (2005). *Sistemas de Gestión de la Calidad: Fundamentos y vocabulario*.
21. Krajewsky, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de Operaciones: Procesos y Cadenas de valor* (8va ed.). México: Prentice.
22. Meyers, F. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos* (2 da. ed.). México: Pearson Educación.
23. Meyers, F., & Stephens, M. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales* (3era ed.). México: Prentice Hall.
24. Münch, L. (2007). *Administración: Escuelas, proceso administrativo, áreas funcionales y desarrollo emprendedor* (1era ed.). México: Pearson Educación.
25. Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingenieria Industrial: Métodos, estandares y diseño del trabajo* (12va. ed.). México: McGraw Hill.
26. Oficina Internacional del Trabajo. (1996). *Introducción al Estudio de Trabajo* (4ta ed.). Ginebra, Suiza.
27. Palacios, L. (2009). *Ingeniería de Métodos, movimientos y tiempos* (1era ed.). Bogotá: Ecoe Ediciones.
28. Polimeni, R., Fabozzi, F., Adelberg, A., & Kole, M. (1998). *Contabilidad de Costos: Conceptos y aplicaciones para la toma de decisiones gerenciales* (3era ed.). Colombia: McGraw Hill.



29. Ramírez, D. (2008). *Contabilidad Administrativa* (8va ed.). México: McGraw Hill.
30. Ruelas, E. (mayo-junio de 1993). *Calidad, productividad y costos*. Recuperado el 22 de 09 de 2015, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10635309>
31. Sánchez, P., Sánchez, M., Sánchez, F., & Cruz, M. (2014). *Innovación y Productividad Manufacturera*. Recuperado el 22 de 09 de 2015, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84732227010>
32. SEIMCO, a. (2014). *Documento: Consolidado de ventas*. Riobamba, Ecuador: S/E.
33. SEIMCO, a. (2015). *Catálogo: Identificación de Productos*. Riobamba, Ecuador: S/E.
34. SEIMCO, b. (2014). *Documento: Produccion año 2014*. Riobamba, Ecuador: S/E.
35. Thuesen, H., Fabryck, W., & Thuesen, G. (1986). *Ingeniería Económica* (1era ed.). México: Prentice Hall.
36. Varela, R. (2006). *Administración de la compensación: sueldos, salarios y prestaciones* (1era ed.). México: Pearson Prentice Hall.
37. Villalobos, G., Rico, R., Ortiz, F., & Montúfar, M. (2006). *Medición y Control de Procesos Industriales* (1era ed.). México: Instituto Politécnico Nacional.
38. Vollman, T., Berry, W., Whybark, D., & Jacobs, R. (2005). *Planeación y control de la producción: Administracion de la cadena de suministros* (5ta ed.). México: McGraw Hill.

