

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**REINGENIERÍA DEL PROCESO PRODUCTIVO EN UNA EMPRESA  
METALMECÁNICA PARA INCREMENTAR EL NIVEL DE SERVICIO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR  
EMILIO SEGUNDO CERDAN ROJAS**

**ASESOR  
SONIA MIRTHA SALAZAR ZEGARRA**  
<https://orcid.org/0000-0002-5299-1200>

**Chiclayo, 2022**

**REINGENIERÍA DEL PROCESO PRODUCTIVO EN UNA  
EMPRESA METALMECÁNICA PARA INCREMENTAR EL  
NIVEL DE SERVICIO**

PRESENTADA POR:  
**EMILIO SEGUNDO CERDAN ROJAS**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR:

Maximiliano Rodolfo Arroyo Ulloa  
PRESIDENTE

Oscar Kelly Vasquez Gervasi  
SECRETARIO

Sonia Mirtha Salazar Zegarra  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

### **A Dios**

Por darme la oportunidad de estudiar y culminar mi carrera profesional.

**A mis padres Wuilmer Cerdan que está en el cielo cuidándonos, a mi madre Margarita Rojas, a mi hermano Wuilmer y a mis amigos.**  
por ese apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mis padres Wuilmer Cerdan que está en el  
cielo cuidándonos, a mi madre Margarita  
Rojas, mi tía Robertina y mis abuelas**

Por su apoyo incondicional a lo largo de la  
carrera y en especial en la recta final, pese a los  
obstáculos que hemos sobrellevado.

**A mi asesora la Ing. Sonia, a mi Jurado y  
profesores**

Por su apoyo, enseñanza e información brindada.

**Al Gerente y empresa.**

Por su tiempo, enseñanza, información,  
experiencia obtenida y apoyo brindado a lo largo  
del presente trabajo de investigación.



## Índice

RESUMEN.....	19
ABSTRACT .....	20
I. INTRODUCCIÓN .....	21
II. ANTECEDENTES.....	23
2.2. Bases Teórico Científicas .....	25
2.2.1. Reingeniería de procesos.....	25
2.2.3. Productividad .....	25
2.2.4. Eficiencia Económica.....	26
2.2.5. Eficiencia Física .....	26
2.2.6. Ingeniería de métodos. ....	26
2.2.7. Estudio de tiempos. ....	26
2.2.8. Tiempo estándar. ....	27
2.2.9. Estudio de movimientos .....	27
2.2.10. Diagrama de operaciones de procesos.....	27
2.2.11. Diagrama de análisis de procesos.....	28
2.2.12. Diagrama de circulación .....	28
2.2.13. Diagrama hombre máquina .....	28
2.2.13.1. Indicadores.....	29
2.2.14. Solidworks 2017 .....	30
2.2.14.1. Simulación de análisis estático .....	31
2.2.15. Método REBA .....	31
2.2.16. Actividades no productivas .....	32
2.2.17. Lean manufacturing. ....	32
2.2.17.1. Mapa de flujo de valor (VSM) .....	32
2.2.17.2. Células de manufactura .....	34
2.2.18. Distribución de planta.....	35

2.2.19. Método guerchet .....	35
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>36</b>
3.1. Diagnóstico actual de la empresa. ....	36
3.2. Descripción del sistema productivo.....	37
3.2.1. Productos.....	37
3.2.1.1. Descripción del producto: .....	37
3.2.1.2. Sub Productos .....	40
3.2.1.3. Desechos .....	40
3.2.1.4. Desperdicio .....	41
3.2.2. Materiales:.....	41
3.2.2.1. Materiales.....	41
3.2.2.2. Insumos .....	42
3.2.3. Proceso de producción. ....	43
3.2.3.1. CANAL.....	44
3.2.3.2. TORNILLO O GUSANO .....	48
3.2.3.3. PUÑOS .....	53
3.2.3.4. BRIDA .....	55
3.2.3.5. TAPA .....	58
3.2.4. Sistema de producción: .....	60
3.2.5. Nivel de servicio.....	60
3.2.6. Análisis para el proceso de producción.....	61
3.2.6.1. Diagrama de flujo .....	61
3.2.6.2. Diagrama de operaciones de proceso:.....	63
3.2.6.3. Diagrama de análisis de procesos. ....	65
3.2.6.4. Razón de valor agregado.....	74
3.2.6.5. Diagrama de recorrido .....	75
3.2.6.6. Value stream map (VSM).....	83

3.2.6.7.	Resumen mapeo de flujo de valor.....	83
3.2.6.8.	Diagrama Hombre maquina.....	87
3.2.6.9.	Transporte de materiales.....	94
3.2.6.10.	Método REBA.....	99
3.2.7.	Cuadro Resumen de Indicadores actuales del proceso.....	115
3.3.	IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y CAUSAS.....	117
3.4.	Determinación de métodos y herramientas de mejora.....	119
3.5.	Desarrollo de propuestas de mejora.....	126
3.5.1.	Diseño del equipo para el traslado de materiales.....	126
3.5.1.1.	Equipo transportado de materiales.....	126
3.5.1.2.	Máquinas para el diseño.....	126
3.5.1.3.	Diagrama de operaciones de procesos.....	128
3.5.1.4.	Análisis Estático.....	129
3.5.1.5.	Resultados.....	129
3.5.2.	Desarrollo de un nuevo Acople para Plegado.....	160
3.5.2.1.	Acople para hélices.....	160
3.5.2.2.	Diagrama de operaciones de la parte superior e inferior del acople.....	162
3.5.2.3.	Análisis Estático.....	163
3.5.2.4.	Resultados.....	165
3.5.2.5.	Diagrama de operaciones de la parte superior del acople.....	186
3.5.3.	Proceso plegado mejorado.....	195
3.5.4.	Reordenamiento de procesos.....	201
3.5.5.	Diseño de flujo de línea de producción.....	204
3.5.5.1.	Desarrollo de propuestas de mejora.....	204
3.5.5.2.	Rediseño del sistema producción.....	235
3.5.5.3.	Nuevos indicadores.....	272

3.6. Análisis costo beneficio.....	276
3.6.1. Costo.....	276
3.6.2. Beneficio .....	283
3.7. Justificación.....	287
IV. CONCLUSIONES .....	288
V. RECOMENDACIONES .....	290
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	291
VII. ANEXOS.....	294

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos generales de la empresa .....	36
Tabla 2. Especificaciones Técnicas del Transportador de Tipo Tornillo Sinfín .....	40
Tabla 3. Materiales para la fabricación de Transportador de Tipo Tornillo Sinfín .....	41
Tabla 4. Nivel de Servicio de los meses de junio 2018 a marzo 2019.....	60
Tabla 5. Utilidades no percibidas durante junio 2018 a marzo 2019.....	61
Tabla 6. General Electric Company .....	63
Tabla 7. Resumen de operaciones .....	65
Tabla 8. Resumen del diagrama de análisis de operaciones .....	67
Tabla 9. Tiempo de actividades improductivas.....	67
Tabla 10. Tiempos de procesamiento de piezas .....	68
Tabla 11. Tiempos de procesamiento de piezas .....	69
Tabla 12. Producción en el periodo de junio 2018 –setiembre 2019 .....	70
Tabla 13. Productividad de mano de obra durante el periodo de estudio .....	71
Tabla 14. Indicadores de capacidad del Transportador de Tipo Tornillo Sinfín.....	72
Tabla 15. Resumen de pérdidas durante el periodo de estudio .....	73
Tabla 16. Tiempos de procesos resumidos.....	74
Tabla 17. Recorrido del proceso producción .....	75
Tabla 18. Unidades requeridas durante los meses de abril a setiembre de 2019 .....	83
Tabla 19. Resumen de resultados obtenidos del VSM.....	84
Tabla 20. Tiempo de entrega real.....	84
Tabla 21. Indicadores del diagrama hombre-máquina del proceso de plegado situación actual .....	89
Tabla 22. Indicadores del diagrama hombre máquina .....	93
Tabla 23. Especificaciones de plancha de acero negro LAC .....	95
Tabla 24. Carga repartida en el transporte de plancha .....	95
Tabla 25. Registro de ausencias durante junio –noviembre 2018.....	96
Tabla 26. Costo por ausencia por lesión de trabajadores .....	96
Tabla 27. Ángulos del grupo A de la postura Inicial .....	103
Tabla 28. Ángulos del grupo A de la postura Secundaria .....	104
Tabla 29. Ángulos del grupo B en ambas posturas .....	104
Tabla 30. Puntuación del cuello .....	105
Tabla 31. Modificación de la puntuación del cuello .....	105
Tabla 32. Puntuación de las piernas .....	106

Tabla 33. Modificación de la puntuación de las piernas .....	106
Tabla 34. Puntuación del tronco.....	106
Tabla 35. Modificación de la puntuación del tronco.....	107
Tabla 36. Puntuación del grupo A.....	107
Tabla 37. Incremento de la puntuación del grupo A por carga .....	107
Tabla 38. Puntuación del antebrazo .....	108
Tabla 39. Puntuación de la muñeca.....	108
Tabla 40. Modificación de la puntuación de la muñeca.....	108
Tabla 41. Puntuación del brazo .....	109
Tabla 42. Modificación a la puntuación del brazo .....	109
Tabla 43. Puntuación del grupo B .....	110
Tabla 44. Incremento del grupo B por el tipo de agarre .....	110
Tabla 45. Puntuación de C para la primera postura .....	111
Tabla 46. Modificación del valor de C para la primera postura.....	111
Tabla 47. Nivel de actuación para la primera postura.....	112
Tabla 48. Puntuación del grupo A para la segunda postura.....	113
Tabla 49. Puntuación del grupo B para la segunda postura .....	114
Tabla 50. Puntuación de C para la segunda postura.....	114
Tabla 51. Nivel de actuación para la segunda postura .....	115
Tabla 52. Resumen de los indicadores de proceso.....	116
Tabla 53. Matriz de consistencia.....	117
Tabla 54. Identificación de restricciones, causas y propuestas de solución.....	118
Tabla 55. Matriz de valoración de factores .....	119
Tabla 56. Valores de clasificación .....	120
Tabla 57. Calificación acorde a la asignación de valores .....	121
Tabla 58. Pérdidas económicas .....	125
Tabla 59. Propiedades del Acero ASTM A36.....	129
Tabla 60. Propiedades del Acero ASTM A36.....	163
Tabla 61. Tonelaje de plegado .....	164
Tabla 62. Datos de las operaciones del proceso.....	204
Tabla 63. Tiempo de no valor agregado detallado .....	205
Tabla 64. Stock en proceso en la fabricación del Transportador de Tipo Tornillo sinfín.....	206
Tabla 65. Indicadores de producción del canal .....	208
Tabla 66. Indicadores de producción del Tornillo .....	209

Tabla 67. Indicadores de producción del Puño .....	209
Tabla 68. Indicadores de producción de la Brida.....	210
Tabla 69. Indicadores de producción de la Tapa.....	210
Tabla 70. Tiempo de operaciones en la línea del canal.....	211
Tabla 71. Agrupación de estaciones en la línea del canal.....	215
Tabla 72. Tiempo de operaciones en la línea de la tapa.....	216
Tabla 73. Agrupación de estaciones en la línea de tapas .....	218
Tabla 74. Tiempo de operaciones en la línea de los puños .....	218
Tabla 75. Agrupación de estaciones en la línea de puños .....	220
Tabla 76. Tiempo de operación en la línea de la brida .....	220
Tabla 77 . Agrupación de estaciones en la línea de brida .....	222
Tabla 78. Tiempo de operaciones en la línea del tornillo .....	223
Tabla 79 .Agrupación de estaciones en la línea del tornillo.....	227
Tabla 80. N° de tarjetas Kanban en la línea de producción del canal para la célula 1 .....	227
Tabla 81. N° de tarjetas Kanban en la línea de producción del tornillo para la célula 1 .....	228
Tabla 82. N° de tarjetas Kanban en la línea de producción del tornillo para la célula 2.....	228
Tabla 83. N° de tarjetas Kanban en la línea de producción de los puños.....	229
Tabla 84. N° de Tarjetas Kanban en la línea de producción de la brida .....	229
Tabla 85. N° de Tarjetas Kanban en la línea de producción de la tapa .....	230
Tabla 86. Nuevo lote de transferencia del canal .....	230
Tabla 87. Nuevo lote de transferencia del tornillo .....	231
Tabla 88. Nuevo lote de transferencia de los puños.....	231
Tabla 89. Nuevo lote de transferencia de la brida.....	231
Tabla 90. Nuevo lote de transferencia de las tapas .....	232
Tabla 91. Tabla resumen .....	232
Tabla 92. Nuevos indicadores de no valor agregado .....	235
Tabla 93. Dimensiones de la cortadora CNC .....	236
Tabla 94. Dimensiones de la roladora .....	237
Tabla 95. Dimensiones de la plegadora .....	238
Tabla 96. Dimensiones de la plegadora .....	238
Tabla 97. Dimensiones del soplete.....	239
Tabla 98. Dimensiones del torno.....	240
Tabla 99. Dimensiones del taladro de banca.....	241
Tabla 100. Dimensiones de la tronzadora .....	242

Tabla 101. Dimensiones de la sierra mecánico eléctrica .....	242
Tabla 102. Dimensiones de soldadora.....	243
Tabla 103. Resumen de las dimensiones de la maquinaria.....	244
Tabla 104. Superficie estática de la maquinaria.....	245
Tabla 105. Superficie de gravitación de la maquinaria .....	246
Tabla 106. Coeficiente K .....	247
Tabla 107. Superficie estática de cada maquinaria .....	248
Tabla 108. Superficie total de la maquinaria.....	249
Tabla 109. Distancia del nuevo diagrama de recorrido.....	264
Tabla 110. Resumen del diagrama de análisis de proceso mejorado .....	272
Tabla 111. Pronóstico de la demanda de los meses de octubre 2019 a enero 2020.....	274
Tabla 112. Cuadro de resumen de indicadores .....	276
Tabla 113. Cantidad de materiales para el carro transportador .....	277
Tabla 114. Costo de mano de obra.....	277
Tabla 115. Costo por diseño del carro transportador .....	278
Tabla 116. Costo total del carro transportador .....	279
Tabla 117. Cantidad de materiales requeridos para los acoples.....	280
Tabla 118. Mano de obra requerida .....	280
Tabla 119. Costo por diseño de los acoples .....	281
Tabla 120. Costo total de los acoples .....	281
Tabla 121. Costo por el estudio.....	282
Tabla 122. Costos de redistribución de planta .....	282
Tabla 123. Inversión de la Propuesta .....	283
Tabla 124. Demanda de los meses de abril a setiembre de 2019.....	283
Tabla 125. Demanda anual pronosticada .....	284
Tabla 126. Costos beneficio de la propuesta.....	285



## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1	Proceso para el desarrollo del mapeo de flujo de valor .....	32
Fig. 2	Organigrama .....	37
Fig. 3	Guillotina QC12Y-6X3200.....	44
Fig. 4	Proceso de Rolado.....	45
Fig. 5	Secciones del canal soldadas .....	46
Fig. 6	Ensamble 3.....	47
Fig. 7	Canal ensamblado .....	47
Fig. 8	Cortadora XF-300 TORCH.....	48
Fig. 9	Plegadora CINCINNATI .....	49
Fig. 10	Acople para plegado .....	50
Fig. 11	Acople para plegado .....	50
Fig. 12	Resultado del proceso de soldadura y emparejamiento .....	51
Fig. 13	Resultado del proceso de soldadura y emparejamiento .....	52
Fig. 14	Ensamble 2.....	52
Fig. 15	Sierra Mecánica – eléctrica.....	53
Fig. 16	Proceso de torneado .....	54
Fig. 17	Taladro de banco.....	54
Fig. 18	Oxicorte.....	55
Fig. 19	Brida Torneada.....	56
Fig. 20	Soldado .....	57
Fig. 21	Ensamble 4.....	57
Fig. 22	Tapa.....	58
Fig. 23	Diagrama de bloques.....	59
Fig. 24	Diagrama de bloques de procesos.....	62
Fig. 25	Diagrama de operaciones de proceso.....	64
Fig. 26	Diagrama de análisis de procesos .....	66
Fig. 27	Diagrama de recorrido para el Transportador de tipo tornillo sinfín .....	77
Fig. 28	Diagrama de recorrido del canal .....	78
Fig. 29	Diagrama recorrido del tornillo o gusano .....	79
Fig. 30	Diagrama de recorrido de los puños .....	80
Fig. 31	Diagrama recorrido de la brida .....	81
Fig. 32	Diagrama de recorrido de las tapas .....	82
Fig. 33	Mapeo de flujo de valor .....	86

Fig. 34 Diagrama hombre máquina para el proceso de plegado .....	88
Fig. 35 Diagrama de hombre máquina del proceso de Soldadura y emparejamiento .....	92
Fig. 36 Factores de riesgos presentes en la tarea a analizar .....	97
Fig. 37 Nivel de precisión .....	98
Fig. 38 Cantidad de posturas inadecuadas .....	98
Fig. 39 Zonas del cuerpo afectadas .....	98
Fig. 40 Tipo de manipulación de cargas .....	99
Fig. 41 Postura de levantamiento de plancha .....	100
Fig. 42 Postura secundaria en el levantamiento de plancha .....	101
Fig. 43 Postura de la mano en el agarre de plancha .....	102
Fig. 44 Diagrama de operaciones de procesos para el carro transportador .....	128
Fig. 45 Carga y sujeción del soporte de plancha “A” .....	130
Fig. 46 Tensión en el soporte de plancha “A” .....	132
Fig. 47 Tensión en el soporte de plancha “A” - superior .....	132
Fig. 48 Tensión en el soporte de plancha “A” inferior .....	133
Fig. 49 Zonas de desplazamiento en el soporte de plancha “A” .....	133
Fig. 50 Zona de desplazamiento en el soporte de plancha “A” máxima .....	134
Fig. 51 Zona de desplazamiento .....	135
Fig. 52 Deformación unitaria en soporte de plancha “A” .....	135
Fig. 53 Deformación unitaria máxima en soporte de plancha “A” .....	136
Fig. 54 Deformación unitaria mínima .....	136
Fig. 55 Factor de seguridad en el soporte de plancha “A” .....	137
Fig. 56 Factor de seguridad en el soporte de plancha “A” .....	138
Fig. 57 Factor de seguridad del soporte de plancha “A” .....	138
Fig. 58 Carga y sujeción de la base principal .....	139
Fig. 59 Tensión en la base principal .....	140
Fig. 60 Tensión máxima en la base principal .....	141
Fig. 61 Tensión mínima en la base principal .....	141
Fig. 62 Zonas de desplazamiento en la base principal del transportador .....	142
Fig. 63 Zonas de desplazamiento máximo en la base principal del transportador .....	142
Fig. 64 Zona de desplazamiento mínimo en la base principal .....	143
Fig. 65 Deformación unitaria en la base principal del transportado .....	143
Fig. 66 Deformación unitaria máxima la base principal del transportador .....	144
Fig. 67 Deformación unitaria mínima en la base principal .....	144

Fig. 68 Factor de seguridad en la base principal .....	145
Fig. 69 Factor de seguridad máxima en la base principal .....	145
Fig. 70 Factor de seguridad mínimo de la base principal.....	146
Fig. 71 Carga y sujeción del soporte de la rueda .....	147
Fig. 72 Tensión en el soporte de rueda.....	148
Fig. 73 Tensión máxima en el soporte de la rueda.....	149
Fig. 74 Tensión mínima en el soporte de la rueda .....	149
Fig. 75 Zonas de desplazamiento en el soporte de la rueda .....	150
Fig. 76 Zonas de desplazamiento máximo en el soporte de la rueda .....	150
Fig. 77 Zona de desplazamiento mínimo en el soporte de la rueda .....	151
Fig. 78 Deformación unitaria en el soporte de la rueda .....	151
Fig. 79 Deformación unitaria máxima en el soporte de rueda .....	152
Fig. 80 Deformación unitaria mínima en la base principal .....	152
Fig. 81 Factor de seguridad en el soporte de la rueda .....	153
Fig. 82 Factor de seguridad máxima en la base principal .....	154
Fig. 83 Factor de seguridad mínimo del soporte de rueda .....	154
Fig. 84 Diagrama de operaciones de procesos para el acople .....	162
Fig. 85 Carga y sujeción del acople superior .....	166
Fig. 86 Tensión en el acople superior .....	167
Fig. 87 Tensión máxima en el acople superior.....	167
Fig. 88 Tensión mínima del acople superior .....	168
Fig. 89 Zonas de desplazamiento en el acople superior .....	169
Fig. 90 Zona de desplazamiento máximo en el acople superior .....	169
Fig. 91 Desplazamiento mínimo en el acople superior .....	170
Fig. 92 Deformación unitaria en el acople superior .....	171
Fig. 93 Deformación unitaria máxima del acople superior.....	171
Fig. 94 Deformación unitaria mínima .....	172
Fig. 95 Factor de seguridad en el soporte de plancha “A” .....	173
Fig. 96 Factor de seguridad del acople superior.....	173
Fig. 97 Factor de seguridad del acople superior.....	174
Fig. 98 Factor de seguridad del acople superior zona de golpeo .....	175
Fig. 99 Carga y sujeción del acople inferior .....	176
Fig. 100 Tensión en el acople inferior.....	177
Fig. 101 Tensión máxima en el acople inferior.....	177

Fig. 102 Tensión mínima del acople inferior .....	178
Fig. 103 Zonas de desplazamiento en el acople inferior .....	179
Fig. 104 Zona de desplazamiento máximo en el acople inferior .....	179
Fig. 105 Desplazamiento mínimo en el acople inferior .....	180
Fig. 106 Deformación unitaria en el acople inferior .....	181
Fig. 107 Deformación unitaria máxima del acople inferior .....	181
Fig. 108 Deformación unitaria mínima .....	182
Fig. 109 Factor de seguridad en el acople inferior .....	183
Fig. 110 Factor de seguridad del acople inferior .....	183
Fig. 111 Factor de seguridad del acople inferior .....	184
Fig. 112 Factor de seguridad del acople inferior zona de golpeo .....	185
Fig. 113 Diagrama de operaciones de procesos para el taco .....	186
Fig. 114 Carga y sujeción del taco .....	187
Fig. 115 Tensión en el taco .....	187
Fig. 116 Tensión máxima en el taco .....	188
Fig. 117 Tensión mínima en el taco .....	188
Fig. 118 Zonas de desplazamiento en el taco .....	189
Fig. 119 Zona de desplazamiento máximo en el taco .....	189
Fig. 120 Desplazamiento mínimo en el taco .....	190
Fig. 121 Deformación unitaria en el taco .....	191
Fig. 122 Deformación unitaria máxima del taco .....	191
Fig. 123 Deformación unitaria mínima en el taco .....	192
Fig. 124 Factor de seguridad del taco .....	192
Fig. 125 Factor de seguridad máximo del taco .....	193
Fig. 126 Factor de seguridad del taco .....	194
Fig. 127 Diagrama hombre máquina para el proceso de plegado mejorado .....	195
Fig. 128 Nuevo diagrama de operaciones .....	197
Fig. 129 Nuevo diagrama hombre máquina del proceso soldadura y emparejamiento .....	202
Fig. 130 Diagrama de operaciones mejorado .....	203
Fig. 131. Mapeo de flujo de valor nuevo .....	207
Fig. 132. Célula para la producción del canal .....	212
Fig. 133 Subcélula 1 .....	213
Fig. 134 Subcélula 2 .....	214
Fig. 135. Célula para la producción de las tapas .....	216

Fig. 136. Célula para la producción de los puños .....	219
Fig. 137. Célula para la producción de la brida .....	221
Fig. 138. Célula para la producción del tornillo.....	223
Fig. 139 Subcélula 1.....	224
Fig. 140 Subcélula 2.....	225
Fig. 141 Diagrama de mapeo de flujo de valor mejorado.....	234
Fig. 142. Lados operables de la cortadora CNC .....	236
Fig. 143 . Lados operables de la roladora .....	237
Fig. 144. Lado operable de la Guillotina.....	238
Fig. 145. Lados operables de la plegadora .....	239
Fig. 146 Lados operables del soplete .....	240
Fig. 147 Lados operables del torno .....	240
Fig. 148. Lados operables del taladro de banca .....	241
Fig. 149 Lados operables de la tronzadora.....	242
Fig. 150. Lados operables de la sierra mecánica eléctrica .....	243
Fig. 151. Lados operables de la soldadora .....	244
Fig. 152. Superficie de evolución de la guillotina.....	250
Fig. 153. Superficie de evolución de roladora .....	251
Fig. 154. Superficie de evolución de la máquina de soldar.....	251
Fig. 155 Subcélula 1.....	252
Fig. 156 Subcélula 2.....	253
Fig. 157 Superficie de evolución de cortadora de cnc .....	254
Fig. 158. Superficie de evolución de la plegadora .....	255
Fig. 159. Superficie de evolución de la tronzadora.....	256
Fig. 160. Célula 3 .....	257
Fig. 161 Superficie de evolución de la sierra mecánica eléctrica .....	258
Fig. 162. Superficie de evolución del torno .....	259
Fig. 163. Superficie de evolución del taladro de banca .....	259
Fig. 164. Célula 3 .....	260
Fig. 165. Superficie de evolución del soplete .....	261
Fig. 166 Célula 6 .....	262
Fig. 167 Célula 5 .....	263
Fig. 168. Redistribución de planta .....	265
Fig. 169 Diagrama de recorrido para las células 1 y 2.....	266

Fig. 170. Diagrama de recorrido para la célula 3 .....	267
Fig. 171. Diagrama de recorrido de la célula 4 .....	268
Fig. 172. Diagrama de recorrido para la célula 5 .....	269
Fig. 173. Diagrama de recorrido para la célula 6 .....	270
Fig. 174 Diagrama de análisis de procesos mejorado .....	271

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo la reingeniería de proceso productivo en una empresa metalmecánica para incrementar el nivel de servicio, el cual se había visto reducido durante el periodo de estudio. La empresa se encuentra ubicada en el Pasaje. Upis – PP.JJ. César Vallejo, a la altura del km 3 Carretera a Ferreñafe, Distrito de J. L. Ortiz, es una pyme perteneciente a un consorcio, esta se encarga de la fabricación y mantenimiento para las demás empresas.

La empresa demostró tener problemas en su proceso productivo los cuales repercutieron en pérdidas económicas, de igual manera presentó problemas como una inadecuada distribución de planta, elevados tiempos de proceso y entrega, por parte de los operarios realizan posturas que afectan su salud. Para la presente investigación se logró desarrollar 4 objetivos específicos que son el diagnóstico del proceso productivo de la empresa, rediseño de un acople para el plegado de las hélices, propuesta de mejora del proceso productivo y realizar un costo – beneficio del proyecto.

Para el desarrollo de la investigación se tomaron en cuenta antecedentes sobre reingeniería, diseño mecánico y mejora de proceso, además se utilizaron las herramientas de ingeniería de métodos, diseño de plantas, y manufactura esbelta, logrando un incremento de 54% en el nivel de servicio, un diseño de carro transportador de planchas de acero, un rediseño de plegadora para la reducción del 50% del tiempo en la etapa de plegado y una reducción del tiempo ciclo a un 45% y una estandarización de procesos mediante células de manufactura con un tiempo de 135 minutos, además de reducir el esfuerzo de los operarios al momento del transporte de planchas.

**Palabras claves:** Reingeniería, Transportador de tipo tornillo sinfín, factor de seguridad, mapeo de flujo de valor.

## ABSTRACT

The objective of this research was to reengineer the production process in a metalworking company to increase the level of service, which had been reduced during the study period. The company is located in the Passage. Upis - PP.JJ. César Vallejo, at km 3 Carretera a Ferreñafe, J. L. Ortiz District, is an SME belonging to a consortium, which is in charge of manufacturing and maintenance for the other companies.

The company demonstrated to have problems in its production process which had repercussions in economic losses, in the same way it presented problems such as an inadequate distribution of the plant, high process and delivery times, on the part of the operators, they perform postures that affect their health. For the present investigation, it was possible to develop 4 specific objectives that are the diagnosis of the company's production process, redesign of a coupling for folding the propellers, a proposal to improve the production process and carry out a cost-benefit of the project.

For the development of the research antecedents on reengineering, mechanical design and process improvement were taken into account in addition, the tools of method engineering, plant design, and lean manufacturing were used, achieving a 54% increase in the service level, a design of a Steel plate transporting trolley, a redesign of the press brake for a reduction of 50% of the time in the folding stage and a reduction of the cycle time to 45% and a standardization of processes using manufacturing cells over time 135 minutes, in addition to reducing the effort of the operators when transporting plates.

**Keywords:** Reengineering, Worm conveyor, safety factor, value stream mapping



## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, según, el Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI), el crecimiento actual del PBI en el Perú, fue de un 4% en el 2018, equivalente a S/. 535 171, 36 millones de nuevos soles [1], esto a causa, de la recuperación de la inversión nacional [2]

Asimismo, el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP), indicó que el sector manufactura es el 12% del total del PBI por sectores productivos, equivalente a S/. 67 975,56 millones de nuevos soles, este sector se divide en Manufactura-procesadora de recursos primarios y no primarios.

El sector manufactura cerró el año 2018 con un crecimiento del 7,14% por el resultado positivo del subsector Manufacturero, procesadora de recursos primarios y no primarios, equivalentes a 9,28% y 6,52% respectivamente. Este último subsector produjo un total de s/. 51 514,67 millones de nuevos soles, equivalente al 75,5% del sector manufacturero. [3]

Asimismo, creció 10,2% entre los meses de enero y octubre del año 2018, producto del aumento de la demanda interna por parte de inversiones públicas y privadas. Esta organización, ratificó, que existe una gran demanda en el mercado metalmecánico, puesto que en la región se encuentra principalmente presente la agroindustria y las ensambladoras de motos. (Comité Metalmecánico de la SNI, 2019). [4]

Una de las empresas metalmecánicas de la región, es la empresa de estudio. Esta empresa metalmecánica forma parte de un consorcio que trabaja conjuntamente con otras 4 empresas pertenecientes al rubro de pilado de arroz, destilería de alcohol y fertilizantes, ubicadas tanto en la carretera Chiclayo-Ferreñafe Km 3 y una en Pucallpa. Cabe resaltar que en esta última se está implementando un área de producción de aceite de palma.

La empresa metalmecánica dedicada a la fabricación y mantenimiento de máquinas industriales, siendo su producto de mayor rotación el transportador de tipo tornillo sinfín, el problema principal recae que, a pesar de tener equipos mecánicos de gran envergadura, no logran satisfacer la demanda del consorcio esto causa que se retrasen pedidos y se genere

perdidas a nivel del consorcio. Asimismo, esto afecta al nivel de servicio de la empresa teniendo un promedio de 46% y un total de utilidades no percibidas de S/. 66 500 durante el periodo evaluado.

Debido a esta problemática surge la interrogante ¿En cuánto incrementará el nivel de servicio de una empresa metalmecánica mediante la reingeniería del proceso productivo? Como respuesta a esta pregunta se propuso un plan de reingeniería del proceso productivo de la empresa metalmecánica para incrementar el nivel de servicio, para ello fue importante diagnosticar el proceso productivo actual para la obtención del transportador de tipo tornillo sinfín. Además, proponer el rediseño de un acople para el plegado de las hélices, una mejora de proceso mediante el diseño de un carro transportador de planchas, reordenamiento de procesos, mapeo de flujo de valor y finalmente realizar un análisis costo beneficio de la propuesta de mejora.

La presente investigación tiene un rol importante para la empresa, pues es necesario que ésta cumpla con las unidades solicitadas, sin ningún tipo de error o contratiempo, para ello se plantea esta propuesta con la finalidad de que elimine los principales problemas de la empresa por medio del aprovechamiento de sus recursos, asimismo, incrementar utilidades logrando mejorar la calidad de vida de sus operarios y reducir los impactos ambientales generados por los diversos reprocesos así como crecer tecnológicamente. Se planteó el proyecto de investigación, en donde se buscó mejorar, mediante herramientas de ingeniería de métodos, manufactura esbelta y diseño mecánico, el proceso productivo en la empresa metalmecánica para incrementar el nivel de servicio.

## II. ANTECEDENTES

Strandhagen y Skarlo [5] en su investigación: “ A manufacturing business process reengineering method: Design and redesign of production control model”: Su investigación se centró en ayudar a empresas que quieren que su proceso de producción o fabricación sea su ventaja competitiva con la finalidad de satisfacer demandas cada vez más grandes del mercado, esto se logró mediante un rediseño de los procesos de fabricación por un modelo de control de producción desarrollado a partir de un sistema pull, análisis de proceso y aplicación de conocimiento, experiencia y un pool de técnicas bien conocidas acorde al sistema y objetivos, además considerando aspectos como planificación, logística, flujo de materiales, diseño proceso y producto, capacidad y funciones de monitoreo, cabe resaltar que este método debe apoyarse de otros como JIT identificación de KANBAN. Como resultados obtuvieron que tras la aplicación de estos métodos se ha logrado aumentar radicalmente el rendimiento en más de una docena de empresas de fabricación noruega.

Saraswat, Kumar y Kumar [6] en su investigación: “Reduction of work in process inventory and production lead time in bearing industry using value stream mapping tool”. Esta investigación en una empresa encargada en la elaboración de rodamientos enfocándose en su producto UC-208 INNER, para ello la empresa analizó los datos fundamentales requeridos para la aplicación del VSM de tal manera que definió los recursos y operaciones para la fabricación y posterior entrega del producto. Tras realizar el análisis de mapeo de flujo de valor se obtuvo que el proceso de recocido y mecanizado CNC posee un tiempo ciclo mayor, tras implementar se implementaron las técnicas de lean y se creó un nuevo diagrama de flujo de valor en el que se tuvo como resultado el tiempo de espera de 7,3 días a 3,8 días además se redujo el stock en proceso y el tiempo de producción de 409 segundos a 344 segundos.

René, García y Parra [7] en su investigación: “Metodología para la reingeniería de procesos. Validación en la empresa Cereales “Santiago””: La investigación se realiza en Cuba en donde se plantea cambios a su modelo económico, mediante la reingeniería de procesos. El objetivo de la investigación fue validar el diseño de una metodología para aplicar un conjunto de herramientas con la finalidad de rediseñar sus procesos. Entre algunos modelos para la aplicación de reingeniería de procesos se resalta el de Hammer y Champy que consta en identificación de los procesos candidatos, selección de los procesos, comprender los procesos actuales y el diseño del nuevo proceso.

González, Violet y Agudelo [8], en su investigación “Aplicación del método de diseño para manufactura y ensamble al chasis de un vehículo de tracción humana de tres ruedas tipo recumbent como alternativa de transporte en la ciudad de Montería”: la investigación se centró en el diseño de un chasis mediante el estudio de elementos finitos a través del software Solidworks. Se diseñó el chasis mediante la metodología de Boothroyd y Dewhurs, en la que indica que se debe hacer una mejora en todo el proceso del diseño. Se utilizó como punto de comparación un modelo similar construido en 2014. Durante el estudio de diseño se utilizó el análisis estático, en donde utilizaron una relación de peso, factor de seguridad y costo con la finalidad de tener un resultado mejor y más preciso. Como resultado se obtuvieron que el costo se redujo en una 32%, una estructura 19% más liviana y un factor de seguridad que oscile entre 1,4 a 1,7.

Ashish, Sachin, Sandeep, Rajesh [9] en su artículo: “Productivity improvement in assembly line of industry by reducing cycle time of operations”: La presente investigación se realizó en una industria automotriz encargada en la elaboración de tractores. El objetivo de la investigación fue identificar los principales problemas que causan que la línea de ensamble de tractores modelo 439 XL se detenga. Asimismo, se centraron en la línea de ensamble frontal en la cual los investigadores redujeron el tiempo ciclo mediante el estudio de trabajo, para ello se realizó un diagnóstico del método de trabajo del proceso de producción y se logró identificar la estación de mayor tiempo para luego determinar la secuencia de operaciones, un diagrama de procesos y tiempo estándar. Tras haber implementado la propuesta, el tiempo ciclo se redujo en 14,66% y se disminuyó los traslados de los operarios en 28,54%.

## 2.2. Bases Teórico Científicas

### 2.2.1. Reingeniería de procesos

Según Saéz [10] La reingeniería de procesos es la revisión esencial y el rediseño drástico de procesos con la finalidad de lograr mejoras contundentes en medidas críticas y contemporáneas de rendimiento, tales como costos, calidad y nivel de servicio.

Existen tres tipos de empresas que aplican la reingeniería de procesos:

- a. En primera posición están las empresas que poseen fuertes problemas de subsistencia, donde peligra su continuidad. Por ello se necesitan mejoras radicales para seguir en el mercado.
- b. En segunda posición se encuentran las empresas que no están en dificultades, pero sus sistemas administrativos permiten anticiparse.
- c. En tercera posición se encuentran que por decisión propia entran al proceso de reingeniería de procesos.

### 2.2.2. Producción

Según Cuatrecasas [11] es un conjunto de actividades sujetas a métodos de operación adecuados, que desarrolladas conjuntamente con la utilización de recursos seleccionados y gestionados para dar valor agregado. Para Rojas [12], definida como la cantidad de artículos fabricados en un periodo determinado.

$$\text{Producción} = \frac{\text{Tiempo base}}{\text{Ciclo}}$$

### 2.2.3. Productividad

Según Prokopenko [13] La productividad es el resultado del cociente de la producción obtenida en un determinado tiempo entre los recursos utilizados para su obtención de esta. Así pues, esta se define como el uso de recursos de manera eficiente sea mano de obra, capital, materiales, etc; y en la producción sea de bienes y/o servicios.

$$\frac{\text{Producto}}{\text{Insumo}} = \text{Productividad}$$

Productividad mano de obra [12].

$$\text{Productividad mano de obra} = \frac{\text{Piezas Fabricadas}}{\text{Tiempo de empleado} \times \text{número de operarios}}$$

#### 2.2.4. Eficiencia Económica

Según Rojas [12], Es el valor obtenido mediante el cociente del total de los ingresos entre el total de egresos.

$$\text{Eficiencia Económica} = \frac{\text{Ventas (Ingresos)}}{\text{Costos (Inversiones)}}$$

#### 2.2.5. Eficiencia Física

Según Rojas [12], es el valor expresado de la relación entre la producción hecha y la materia prima ingresante a producción.

$$\text{Eficiencia Física} = \frac{\text{Salida útil de M. P}}{\text{Entrada de M. P}}$$

#### 2.2.6. Ingeniería de métodos.

Acorde a Maynard [14] Tiene como principal objetivo el de eliminar operaciones y elementos que no le agregan valor al producto durante la actividad o proceso realizado con la finalidad de encontrar el método más eficiente y reducir tiempos.

La ingeniería de métodos abarca el estudio de tiempos y movimientos, también tiene como objetivos:

- Mejorar los procesos y procedimientos.
- Mejorar el diseño de planta.
- Aprovechar recursos de materiales.
- Maximizar la seguridad.

#### 2.2.7. Estudio de tiempos.

El estudio de tiempo es un procedimiento cuya finalidad es utilizada para medir el tiempo en el que se demora un operario para realizar una tarea con un método de trabajo previamente establecido [14].

Según Meyers [15] las técnicas de los estándares de tiempos son:

1. *Sistemas de estándares de tiempos predeterminados.*
2. *Estudio de tiempos con cronómetro.*
3. *Muestreo del trabajo M.*
4. *Datos estándares.*
5. *Estándares de tiempo de opinión experta y de datos históricos.*

### 2.2.8. Tiempo estándar.

Es el tiempo requerido en el que un operario calificado realiza una tarea o actividad rutinaria del proceso usando un método determinado o señalado a un nivel de actividad normal [14].

### 2.2.9. Estudio de movimientos

Según [14] Este estudio tiene como punto de inicio la identificación de problemas del operario, asimismo abarca la investigación y medidas de los movimientos necesarios para la actividad que se viene realizando, cuya finalidad es la de facilitar el trabajo al operario y aumentar su eficiencia.

Se clasifican en dos niveles de estudio de movimientos [15]:

1. Macromovimientos: Se considera principalmente las operaciones de una planta o línea de producción, posee un desglose de funciones como: operaciones, inspecciones, transporte, demoras y combinadas.

Existen cuatro técnicas para estudiar el flujo general.

- a. *Diagrama de flujo.*
- b. *Hoja de operaciones.*
- c. *Diagrama de procesos.*
- d. *Diagrama de flujo de procesos.*

2. Micromovimientos: Para este estudio se analiza fracción de menor tiempo de cada trabajo y luego se modifica, al desglose de estos trabajos se tiene movimientos como agarrar, mover, tomar, alinear, dejar.

- a. *Diagrama de análisis de operaciones.*
- b. *Diagrama de operador y máquina.*
- c. *Diagrama de equipos.*
- d. *Diagrama multimáquina.*
- e. *Diseño de las estaciones de trabajo.*
- f. *Reglas de economía de movimientos.*
- g. *Patrones de movimientos.*

### 2.2.10. Diagrama de operaciones de procesos

Según [16], el diagrama de procesos operativos, está compuesto por un círculo y un cuadrado de los cuales indican operaciones e inspecciones respectivamente, asimismo las líneas verticales dan a conocer que es un flujo general a medida que

se realiza el proceso, en cambio las líneas horizontales tienen la función de alimentar a las verticales indicando que ingresa un elemento a la operación. Cabe resaltar que indica el tiempo de operación y el nombre de esta.

#### **2.2.11. Diagrama de análisis de procesos.**

Según [16], el diagrama de análisis de proceso, se utiliza para el registro de la secuencia de las operaciones y actividades del proceso, además señala las entradas de los componentes, demoras, transportes y almacenamiento.

Acorde a [17], se le conoce como diagrama de flujo de proceso, en el que se detalla a mayor escala el diagrama de proceso, además muestra los costos ocultos del proceso estos son referidos como los retrasos, transportes innecesarios y brinda la oportunidad de reducirlos tras terminar el diagrama.

De la misma manera que el diagrama de operaciones muestra el tiempo de la actividad, la distancia que se recorre y el título de esta.

#### **2.2.12. Diagrama de circulación**

Según [18], Es un croquis de la distribución actual de planta, donde muestra la ubicación de las actividades o procesos que están en su diagrama de operaciones. Este está trazado por líneas o hilos donde se muestra el movimiento de materiales y operarios durante el proceso productivo.

Según [16], El diagrama de recorrido es parte del diagrama de análisis del proceso, además este indica el camino a seguir y las áreas de mayor tráfico durante el proceso y este facilita su desarrollo en el plano de la planta.

#### **2.2.13. Diagrama hombre máquina**

Acorde a [16], este diagrama se utiliza para evidenciar la situación actual de puesto de trabajo, además, indicando la relación entre el operario y la máquina con tiempo exacto del ciclo de trabajo de ambos.

Asimismo, da a conocer y conduce la utilización completa del tiempo de trabajo ambos factores hombre-máquina.



### 2.2.13.1. Indicadores

#### a. Máquina parada ( $Mp$ )

Es el tiempo en el que el operario trae los implementos, alista y realiza la puesta en marcha la máquina para empezar su funcionamiento.

#### b. Máquina marcha ( $Mm$ )

Es el tiempo en el que la máquina está en funcionamiento y el operario se encuentra realizando otras actividades.

#### c. Ciclo de trabajo

Es el tiempo necesario para efectuar la tarea u obtener una unidad tras el proceso, se calcula mediante la sumatoria del tiempo de máquina parada y marcha.

$$Tc = Mp + Mm$$

#### d. Capacidad de producción

Es el ritmo de producción, indica el número de piezas que una estación o puesto de trabajo es capaz de producir en un tiempo de terminado.

$$Cp = \frac{1}{Tc}$$

#### e. Cantidad de trabajo

Es el tiempo que utiliza el operario haciendo acciones concretas sobre el producto, sea la máquina parada o funcionando.

$$Qt = Mp + Mm$$

#### f. Demora de proceso

Es el tiempo que espera el operario a que termine el ciclo de funcionamiento de la máquina. En este tiempo el operario no añade valor agregado, es un tiempo improductivo.

$$Dp = Tm - Mm$$

**g. Demora inherente**

Tiempo que la pieza demora en ser transportada a otro puesto de trabajo, es un tiempo que no añade valor agregado.

$$Di = Tc - (Mp + Tm)$$

**h. Tiempo estándar**

Es conocido como tiempo tipo, indica el tiempo necesario para obtener una pieza, este se mide en min-hombre/maquina.

$$Ws = Mp + Mm + Dp + Di$$

$$Ws = Qt + Dp + Di$$

**i. Productividad**

Son las piezas por unidad de recursos humanos se mide en unid/(min-hombre)

$$P = 1/Ws$$

**j. Eficiencia de la mano de obra**

Es el porcentaje del tiempo de persona utilizado.

$$E = \frac{Qt}{Ws}$$

**k. Utilización**

Es el porcentaje del tiempo de recursos utilizados.

$$U = \frac{Tm}{Tc}$$

También;

$$U = \frac{Dp + Mm}{Ws}$$

**2.2.14. Solidworks 2017**

Acorde a [19], es un software encargado del diseño CAD 3D, con la finalidad de crear y ensamblar piezas en 3D y creación de planos en 2D, además ofrece un pool de soluciones para cubrir las necesidades del desarrollo de la pieza.

#### **2.2.14.1. Simulación de análisis estático**

Consta en la aplicación de cargas en un sólido o una estructura en la que como consecuencia se tendrá una deformación por las cargas. Este análisis calcula las tensiones, desplazamientos, deformación unitaria entre otros.

##### **a. Tensiones:**

Es el análisis de las piezas sometidas a una fatiga por la carga puesta, esto da como resultado las áreas más afectas de la estructura.

##### **b. Desplazamientos:**

Es el desplazamiento que sufre la pieza tras someterla a la fuerza aplicada o carga. Esto usualmente se da al lado contrario del área de sujeción y se da en milímetros.

##### **c. Deformaciones unitarias:**

Es un factor que indica la deformación que tendrá la estructura tras aplicarle la carga.

##### **d. Factor de seguridad:**

Este factor indica la cantidad de veces que resistirá la carga puesta en la estructura, quiere decir que este factor de seguridad se multiplicará con la fuerza en Newton y se tendrá el valor máximo de carga.

#### **2.2.15. Método REBA**

Acorde [20], es especializado para los riesgos de tipo músculo esquelético, evalúa de manera individual las posturas.

Este método divide al cuerpo en dos secciones siendo el grupo A y B, conformados por tronco cuello y piernas, brazo antebrazo y muñecas respectivamente. Cabe resaltar que este método indica el grado de acción que se debe tener tras consultar las tablas requeridas.

### 2.2.16. Actividades no productivas

Es la relación entre el tiempo no productivo del proceso entre el tiempo total del proceso, este es indicado de en porcentaje e indica que porcentaje del tiempo de proceso es pérdida.

$$\% \text{ de Actividades no productivas} = \frac{\text{Tiempo no productivo}}{\text{Tiempo total del proceso}}$$

### 2.2.17. Lean manufacturing.

#### 2.2.17.1. Mapa de flujo de valor (VSM)

Acorde a [21], el mapeo de flujo de valor es una herramienta que pertenece a la manufactura esbelta tiene como finalidad de calcular la cadena de valor de un producto y permite analizar las actividades que agregan valor. En la siguiente figura se muestra los pasos a seguir.

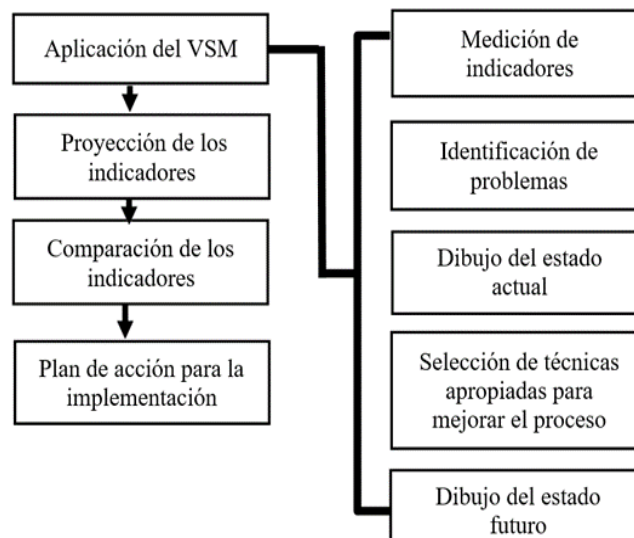


Fig. 1 Proceso para el desarrollo del mapeo de flujo de valor

Fuente: Paredes [21]

Para realizar el diagnóstico y mejora, se necesita los indicadores detallados.

- **NVA:** Es el tiempo que no agrega valor a la operación.

$$NVA = \frac{INV * C}{\text{Tiempo de operación disponible}}$$

Donde:

Inv: Es conocido como WIP, se representa como inventario o lote de proceso.

C: Es el tiempo de la siguiente operación.

- **Stock en proceso:** Indicador que muestra las unidades que no han terminado de ser procesadas.

$$WIP = Q * \left[ 1 - \frac{1}{CM} \left( C1 - \frac{1}{n} * \sum_1^N Ci \right) \right]$$

Donde:

Q: Demanda o Cantidad en proceso

CM: Ciclo máximo del proceso

C1: Ciclo de la primera operación del proceso

Ci: Ciclo en operación

n: Lote de transferencia

N: Número de transferencia

- **Utilización**

El factor de utilización es representado en porcentaje, su función es la de indicar la capacidad de proceso a la que está el cuello de botella.

$$U\% = \frac{\sum \text{Tiempos de ciclo}}{\text{Tiempos de ciclo acumulados}}$$

- **Tiempo de flujo equilibrado**

Es el tiempo apropiado que debe tener las operaciones, con la finalidad de mantenerse en equilibrio.

$$Tfe = \frac{\text{Tiempos de proceso}}{\text{Número de operaciones}}$$

- **Producción diaria**

Es el número de unidades producidas en un día.

$$\textit{Producción diaria} = \frac{\textit{Tiempo disponible}}{\textit{Tiempo de flujo equilibrado}}$$

- **Número de estaciones**

Indica el número de estaciones de trabajo necesarias de trabajo para el proceso.

$$\textit{N}^\circ \textit{ de estaciones} = \frac{\textit{T. de producción} * \textit{P. diaria}}{\textit{T. de operación disponible}}$$

- **Takt time**

Indica el número de unidades que se deben producir para estar a la par de la demanda que posee el producto.

$$\textit{Takt time} = \frac{\textit{T. de operación disponible}}{\textit{Demanda diaria}}$$

- **Número de operario**

Indica la cantidad de mano de obra necesaria para una estación de trabajo.

$$\textit{Nro de operarios} = \frac{\textit{T. de producción total}}{\textit{T. de flujo equilibrado}}$$

- **Kanban**

Indica el número de tarjetas necesarias que debe tener el proceso productivo.

$$\textit{Kanban} = \frac{\textit{P. diaria} * \textit{T. de flujo equilibrado}}{\textit{T. disponible}}$$

- **Lote de transferencia**

Indica el número de unidades del producto que serán agrupadas y posteriormente transportadas.

$$\textit{Kanban} = \frac{\textit{Producción diaria}}{\textit{Kanban}}$$

### 2.2.17.2. Células de manufactura

Acorde a [22], Está formado por un conjunto de procesos con la finalidad de la fabricación de partes o unidades relacionadas entre sí, teniendo similitudes en su fabricación como procesos, tolerancias, utilización, etc. Su objetivo principal es agrupar operaciones para producir y mantener un flujo equilibrado.

### 2.2.18. Distribución de planta

Acorde a [16], tiene como función principal la de desarrollar un sistema de producción que permita la elaboración de unidades puestas como metas sin comprometer la calidad del de producto, además es parte de todo sistema de producción. Cabe resaltar que está compuesto por tarjetas de operación, inventarios, manejo y control de materiales, programación de producción y el despacho.

### 2.2.19. Método guerchet

Según [18], Tiene como finalidad calcular los espacios requeridos mediante las fórmulas que posee, da como resultado el área total de cada máquina, tras la suma de la superficie estática, de gravitación y evolución.

- Superficie estática (Ss):

Es el producto de las medidas de la vista planta de la máquina, es decir la multiplicación de su largo y ancho.

$$Ss = \text{largo} \times \text{ancho}$$

- Superficie gravitación (Sg):

Para la obtención de la superficie de gravitación es necesario el número de lados operables de la máquina a calcular (N) y la superficie estática. Tras los resultados su producto da a conocer la superficie de gravitación.

$$Sg = \text{Superficie estática} \times N$$

- Superficie de evolución (Se):

La superficie de evolución da a conocer cuál será el área de movimiento que tendrá el operario siendo estos los lados móviles y acarreo.

$$Se = (Ss + Sg) \times k$$

En donde “k”, es un coeficiente que está en función de la altura promedio de los elementos estáticos y móviles.

- Superficie total (ST):

Es la sumatoria de las superficies anteriores, indica el espacio total.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Diagnóstico actual de la empresa.

La empresa metalmecánica “LACHE CONSULTORIA Y SERVICIOS GENERALES E. I. R. L.” se encuentra actualmente ubicada en Carretera a Ferreñafe Km 03 Pj. Upis Cesar Vallejo, Distrito de J. L. Ortiz, provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque. Esta empresa es perteneciente a un consorcio conformado por otras cuatro empresas, dedicadas al pilado de arroz, destilería de alcohol, producción de fertilizantes y producción de aceite de palma.

La empresa, se dedica a la fabricación, instalación y mantenimiento en general de máquinas industriales requeridas por las demás empresas pertenecientes al consorcio.

**Tabla 1. Datos generales de la empresa**

<b>Ubicación</b>	Km. 3 Carretera a Ferreñafe
<b>Razón Social</b>	LACHE CONSULTORIA Y SERVICIO GENERALES E. I. R. L
<b>R. U. C</b>	20601201829
<b>CIUU</b>	45308
<b>Dueña</b>	SILVA CALDERON ELIXANDRA ROCIO
<b>Tipo de empresa</b>	E. I. R. L
<b>Inicio de actividades</b>	9 de Marzo de 2011
<b>N° de trabajadores</b>	7
<b>Horario de Planta</b>	8:00 am- 6:00 pm

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

En la figura 2, se muestra el organigrama de la empresa, en la cual la representa la gerente, luego esta se divide en el área de administración y de producción en la que se encuentra el encargado de taller y luego a los operarios.



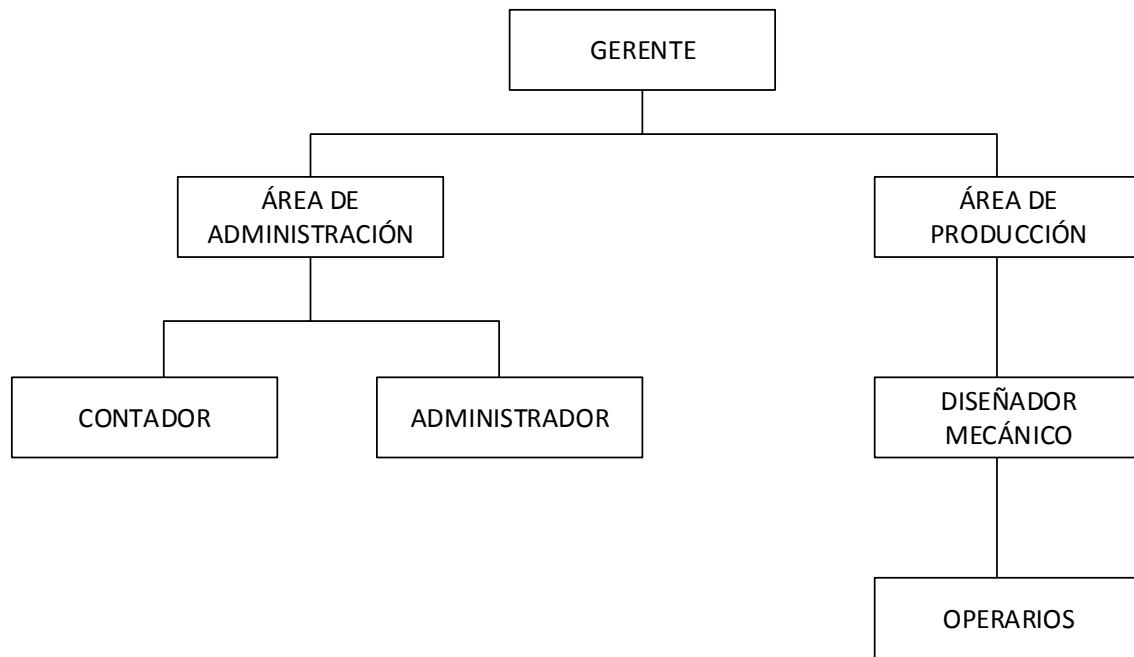


Fig. 2 Organigrama

Fuente: Datos de la empresa  
Elaboración Propia

### 3.2.Descripción del sistema productivo

#### 3.2.1. Productos

La empresa por pertenecer al rubro metalmecánico y tener una producción por pedido tiene una amplia cartera de productos siendo la mayor rotación de estos el transportador de tipo tornillo sinfín (Ver anexo 1).

##### 3.2.1.1. Descripción del producto:

Los Transportadores de Tipo Tornillo Sinfín, son máquinas industriales, son de material usualmente de plancha de fierro negro de tipo LAC de ¼” o de plancha inoxidable y de forma cilíndrica, cuya función es de mover mediante el giro de hélices material o producto granulado.

El transportador de tipo tornillo sinfín está conformado por las siguientes partes.

1. Canal: Es la estructura principal del transportador donde estará el material granulado siendo trasladado hasta una sección que es la caída para el inicio del proceso productivo. El canal está hecho de acero negro LAC de  $\frac{1}{4}$ ".
2. Hélices: Es la estructura soldada y emparejada de acero negro LAC de  $\frac{3}{8}$ " encargada de transportar el material granulado por todo el canal hasta llegar a la caída mediante el movimiento de estas.
3. Eje: Es un tubo de igual material, este es soldado y emparejado con las hélices.
4. Puños: Son una parte fundamental del eje central, es de acero maquinable de 2", este cumple la función de fortalecer el eje, mediante un sistema tensor que tiene finalidad evitar la curva de pandeo en el eje por el peso de las hélices.
5. Brida: Forma parte del sistema tensor, es de acero negro de  $\frac{1}{4}$ " y  $\frac{3}{4}$ ", dentro de estos va un rodaje 50-05 de 2" que permite el movimiento interno del sistema tensor.
6. Rodamientos 50-05: permite el giro continuo del eje central.
7. Ángulos: Son una estructura en forma de "L" de 2", tienen como función principal evitar la deformación a lo largo del canal al momento de la instalación.
8. Platinas de canal: Son una estructura en forma de "U", de 1", tiene como función principal la de evitar deformaciones del canal en lo ancho y lo alto.
9. Platina de sistema tensor: Es una parte fundamental de la estructura del eje, este está compuesto una brida, un rodaje 50-05, un cuerpo de perno de  $\frac{3}{4}$ ", 2 tuercas de  $\frac{3}{4}$ " y una platina de  $\frac{1}{2}$ " de espesor, cuya finalidad es evitar la curva de del eje por el peso de las hélices y regula la distancia o espacio que existe entre la parte inferior de las hélices y el canal.

10. Tapas: Es una estructura de acero negro LAC ¼”, cuya función es sostener la chumacera y dar apoyo de base en la instalación del transportador.
11. Chumaceras de pared: Sostiene el eje y permite el movimiento de este mediante el funcionamiento de los acoples.
12. Acoples: son un conjunto piezas como puños, catalina, cuya finalidad con el motor es crear el movimiento para el eje que transportará el material.

En la tabla 2. Se muestra las especificaciones técnicas del transportador de tipo tornillo sinfín.

**Tabla 2. Especificaciones Técnicas del Transportador de Tipo Tornillo Sinfín**

<b>Características</b>	
<b>Partes</b>	<b>Medidas (mm)</b>
<b>Hélice</b>	
Diámetro interno	60,3mm
Diámetro externo	280mm
Separación de discos (paso)	200mm
<b>Canal y Platina</b>	
Separación de disco-canal	20mm
Alto	350mm
Ancho	300mm
Radio	15mm
Longitud	8000mm
<b>Tapa</b>	
Alto	350mm
Ancho	300mm
Radio	150mm
Diámetro	50,8mm
<b>Sistema Tensor</b>	
Cuerpo de perno ¾"	300mm
Brida de 1"	150mm
Platina de 2"	350mm
<b>Puños</b>	
Diámetro de eje menor	30mm
Diámetro de eje Mayor	55mm
<b>Complementos</b>	
Ángulo de 2"	8000mm

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

### 3.2.1.2. Sub Productos

Durante el proceso de producción no se obtiene ningún sub producto.

### 3.2.1.3. Desechos

Durante el proceso de producción como desechos se obtiene:

- Material de fierro negro de ¼" sobrante.
- Viruta de acero maquinable y fierro negro.

- Tiza industrial.
- Hélices defectuosas.

### 3.2.1.4. Desperdicio

Durante el proceso de producción se obtiene como desperdicios:

- Boquillas del plasma.
- Electrodo utilizados.
- Retazos de fierro negro.

## 3.2.2. Materiales:

### 3.2.2.1. Materiales

#### a. Materiales directos

La materia prima utilizada durante la fabricación del transportador de tipo tornillo sinfín es:

**Tabla 3. Materiales para la fabricación de Transportador de Tipo Tornillo Sinfín**

MATERIA PRIMA	Característica
Plancha	Plancha de fierro negro tipo LAC 1/4"
	Plancha de fierro negro tipo LAC 3/8"
	Plancha de fierro negro tipo LAC 1"
Platina	Platina de 1/2" x 2" x 6m
	Platina de 1" x 2" x 6m
Ángulo	Ángulo tipo L de 2"
Eje	Eje maquinable de 2"
Tubo	Tubo de fierro negro de 2" y 5 mm de espesor
Chumacera	Chumacera de pared de 2"
Rodaje	Rodaje de 50-05 de 2"
tuerca	tuerca de 3/4"
Perno	Perno de 3/4" x 20 cm
	pernos de 1/4" x 1"
	pernos de 5/8" x 2"
Electrodo	Supercito de 1/16
	Punta azul

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

## **b. Materiales Indirectos**

En esta categoría de materiales se tiene a las varillas de fierro cuadrado de ½” x ½” que se utilizan para evitar deformaciones en el proceso de rolado, disco de corte, disco de desbaste thinner, pintura, refrigerante para el enfriamiento de piezas cortadas por la cortadora CNC o mediante oxicorte, aceite de máquinas.

### **3.2.2.2. Insumos**

#### **A. Mano de obra:**

Actualmente la empresa se encuentra conformada a la cabeza por el gerente y por debajo de este se encuentra el cuerpo administrativo que se comparte con el resto del consorcio, con respecto al taller está conformado por siete operarios encargados de la fabricación de los diversos pedidos realizados por el consorcio. El personal del taller está conformado por un técnico en procesos industriales y un ayudante de la misma rama encargados del torno y trabajos de precisión, un técnico soldador, 2 ayudantes de soldador y finalmente 2 practicantes por contrato de senati.

#### **B. Maquinaria y equipos**

Actualmente la empresa cuenta con un total de 27 máquinas, entre las cuales la mayoría son ocupadas para su proceso de producción, transporte de productos e instalación.

- ✓ 1 cortadora CNC XF-300 torch.
- ✓ 1 roladora.
- ✓ 1 guillotina o cizalla.
- ✓ 1 plegadora.
- ✓ 3 tornos.
- ✓ 1 torno de 20 t.
- ✓ 1 fresadora.
- ✓ 1 taladro de banca.
- ✓ 1 taladro de mano.
- ✓ 3 amoladoras.
- ✓ 1 tronadora.
- ✓ 1 sierra mecánica-eléctrica.
- ✓ 1 prensa.

- ✓ 1 chavetera mecánica.
- ✓ 3 soldadoras por arco eléctrico.
- ✓ 1 soldadora por mic.
- ✓ 1 compresora.
- ✓ 1 cortadora de tipo oxicorte.
- ✓ 2 montacarga.
- ✓ 1 grúa tipo puente.

### **C. Recurso financiero**

Esta empresa ha logrado un crecimiento rápido y estable debido al consorcio, ya que las empresas están en constante crecimiento por la demanda de sus productos, esto hace que las empresas se implementen para aumentar su capacidad de planta. Por lo cual la empresa busca la mejora continua en sus procesos para lograr producir en mayor cantidad en periodos de tiempo menores logrando mayores utilidades brutas.

La empresa logra tener un promedio en venta de S/. 22 649 durante el periodo de estudio.

#### **3.2.3. Proceso de producción.**

El proceso de producción que presenta la empresa es por lotes de 5 unidades al mes, además se cuenta con características específicas acorde a la función del transportador.

- **Proceso de fabricación**

El transportador de tipo tornillo sinfín está compuesto por 5 partes que son el tornillo, canal, puños, brida y tapas. El proceso se realiza en las áreas de producción y torneado de manera paralela.

En el área de producción cuenta con un total de 5 operarios que son el técnico soldador, 2 ayudantes de soldador y los 2 practicantes, de los cuales el técnico y un ayudante se encargan del tornillo o gusano y para el canal se encargan el ayudante y los 2 dos practicantes.

En el área de torneado se encuentra el técnico en procesos industriales y su ayudante, encargados de los puños y bridas de las cuales se encargan uno cada uno.

- **Recepción de materia prima**

Los materiales e insumos son recibidos acorde al pedido, usualmente son para un transportador entre 6 a 8 metros de longitud, de 30 a 35 cm de ancho, de 32 a 34 cm de altura y 14 cm de su sección radial; que constan en dos chumaceras de pared de 2" de diámetro, soldadura punta azul y supercito, pernos de 1/4" y 1/2", eje maquinable de 2", platinas de 1", ángulos de 2", planchas de 1/4", 3/8" y 3/4", tubo de fierro negro cedula 40 de 2". Los problemas encontrados en este proceso son; el mal almacenamiento, desorden, falta de limpieza y un bajo control de existencias.

### 3.2.3.1. CANAL

#### a. Cortado o Cizallado

El cortado o cizallado se realiza en la guillotina QC12Y-6X3200, es una máquina semi-automática, compuesta por un sistema eléctrico, una base con brazos para apoyar la plancha de acero y la hoja de corte, esta máquina puede aplicar una fuerza aproximada de 800t. El funcionamiento de esta máquina lo realiza un operario, consta en la colocación de la plancha de acero trazada bajo la hoja de corte y posteriormente su accionamiento.



Fig. 3 Guillotina QC12Y-6X3200

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia

#### b. Rolado

Esta máquina está compuesta por tres rodillos colocados en posición triangular, un sistema de ejes y cadenas, un motor de 5Hp, un sistema eléctrico y una estructura



con regulación para el rolado de la plancha de acero y platinas de 1", el funcionamiento de esta máquina es realizado por dos operarios, debido al peso de las planchas de acero, mediante el movimiento causado por el motor, asimismo los operarios regulan la altura del rodillo para que la plancha tome forma de canal. Posteriormente una vez obtenido el canal se suelda varillas en las paredes de este para evitar que se deforme y conserve su forma.



Fig. 4 Proceso de Rolado

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia

#### **c. Ensamble 1**

Este ensamble empieza con la unión de los canales con las platinas en secciones separadas por un metro y en los extremos de cada canal para ser unidos mediante presión y posteriormente apuntalado (mínimas secciones soldadas), y atornillado. Este proceso lo realiza un operario.

#### **d. Soldado**

Tras el ensamble 1, se empieza a soldar en forma de cordón, las platinas y se ajustan los pernos.

**e. Cortado**

Este proceso lo realiza un operario, mediante el uso de una amoladora, esto se realiza con la finalidad de crear espacios de 1" de longitud y  $\frac{1}{4}$ " de espesor para que posteriormente inserten los ángulos de  $1" \times 1" \times \frac{1}{4}"$ .

**f. Soldado**

En este proceso consta en soldar los componentes de cada una de las secciones del canal semi acabado, compuestos por un canal, platinas de 1" y el ángulo  $1" \times 1"$ . Este proceso se realiza entre 1 a 2 operarios.



Fig. 5 Secciones del canal soldadas

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia

**g. Ensamble 3**

Este proceso consta en la unión de los demás componentes, siendo primero la puesta del tornillo en el canal, posteriormente se ensamblan las tapas en los extremos del transportador haciendo que los acoples sobresalgan los acoples por las chumaceras de estas y son empernadas para evitar que se muevan cuando se regule el sistema. Posteriormente se regula la altura existente entre el tornillo y el canal.



Fig. 6 Ensamble 3

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia

#### **h. Pintado**

Este proceso consta en colocar dos capas de base para evitar que se oxide el transportador de tipo tornillo sinfín.



Fig. 7 Canal ensamblado

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia

### 3.2.3.2. TORNILLO O GUSANO

#### a. Cortado CNC

Es una máquina tipo CNC, está compuesta por su centro de mando y su mesa de trabajo, la primera está conformada por su mando, compresora, reguladores de corriente, arco corriente y su estabilizador; la segunda parte se conforma por la antorcha encargada de expulsar la pasma que corta, rieles para los ejes X y Y; y la mesa de trabajo donde se procede al trabajo. Esta máquina se utiliza para realizar cortes de precisión en planchas de acero LAC con un espesor desde 1/8" a 1"; esto se debe al tipo de boquilla de la antorcha. El proceso inicia mediante el diseño a cortar, luego se pasa al centro de mando de la máquina, de la misma manera se traslada la plancha de acero LAC tras colocar la plancha de acero en la mesa de trabajo, se procede a calibrar la plancha en la mesa de trabajo de tal manera que al simular el corte no se expulse el plasma fuera de la plancha, una vez conforme con las pruebas se inicia a cortar la plancha.



Fig. 8 Cortadora XF-300 TORCH

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia

#### b. Corte radial

Este proceso consta en cortar de manera radial a los discos obtenidos previamente. Este proceso se realiza mediante una amoladora.

### c. Plegado

Este proceso se realiza en una máquina semi-automática, conformada por la base, un dado en “V”, la hoja para plegar, un sistema eléctrico y dos acoples instalados. Esta máquina puede aplicar una fuerza aproximada a las 800t, el proceso para plegar los discos y transfórmalos en hélices consta en colocar los discos en el acople y accionar el sistema para que baje la hoja y produzca el golpeo dando la distancia requerida denominada “paso”, que es el espacio entre el principio y final del disco. Este proceso es realizado por un operario, mientras el otro se encuentra en espera de las hélices y empezar a realizar el siguiente proceso.



Fig. 9 Plegadora CINCINNATI

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia



En esta imagen se muestra la plegadora completa



Fig. 10 Acople para plegado

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia



Fig. 11 Acople para plegado

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia

#### d. Soldado y emparejamiento

Este proceso consta en la unión de las hélices y el tubo de fierro negro cedula 40 mediante soldadura, se une de manera radial la hélice con el tubo, se acordona todo el diámetro interno y se procede a colocar la otra hélice, para unir estos se corta de manera angular la sección a emparejar para posteriormente colocar la segunda hélice dejante libre el espacio de la sección cortada, tras esto se acomoda al colocar y suelda la sección cortada para posteriormente martillar y obtener un empalme liso. Este proceso lo realiza un operario mientras que el otro se encuentra sosteniendo las hélices o espera de que necesite algo el operario que está realizando la actividad.



Fig. 12 Resultado del proceso de soldadura y emparejamiento

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia

#### e. Cortado

Una vez que se obtiene todo el tubo soldado con las hélices se le denomina “gusano o tornillo”, se procede a cortar en la sección media del tornillo, esto se utilizará para el ensamble 2.



Fig. 13 Resultado del proceso de soldadura y emparejamiento

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia

#### f. Ensamble 2

Tras realizar el corte en la sección media del tornillo, se ensambla primero los puños macho y hembra en cada lado del corte del tornillo, posteriormente se coloca la brida y se ensamblan ambas partes, obteniendo así el sistema tensor en el tornillo, este sistema sirve para evitar la curva de pandeo que se crea debido por el peso de las hélices.



Fig. 14 Ensamble 2

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia

#### g. Soldado

En este proceso se suelda la brida y los puños macho y hembra, dejándolos de manera fija, logrando tener un movimiento único por el rodaje que se encuentra en la brida.



### 3.2.3.3. PUÑOS

#### a. Cortado

Este proceso se realiza en una máquina mecánica eléctrica, que está compuesta por un sistema mecánico que es el cargo de dar movimiento al brazo para cortar el tubo de acero y una base encargada de sostener toda la estructura, esta máquina debe ser aceiteada y refrigerada constantemente debido a que existe roce constante en el proceso. Este proceso se utiliza para cortar ejes, tubos de acero con espesores mayor de 1". Durante el funcionamiento de la maquina el operario tiene que estar aceiteando constantemente a la máquina y refrigerando la pieza con la finalidad de desgastar la sierra.



Fig. 15 Sierra Mecánica – eléctrica

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia

#### b. Torneado

Este es un proceso mecanizado que consta por arranque de viruta, hasta obtener las dimensiones, forma deseada y acabados lisos del producto, siendo estos los puños y brida, tras terminar el proceso se pasa a desechar las virutas y el refrigerante.



Fig. 16 Proceso de torneado

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia

### c. Taladrado

Este proceso se hace en un taladro de banco, compuesto por una base, una mesa de trabajo, unas mordazas para agarrar fuerte los puños, una consola y la broca, este proceso consta en la perforación de los puños macho y hembra, para interceptar un pasador, la finalidad de este proceso es facilitar el mantenimiento en el ensamblaje de los ejes; también se realiza con un taladro de mano, para la perforación de las platinas que sirven para reforzar la unión entre cuerpos del canal. Ver figura 17



Fig. 17 Taladro de banco

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia

### 3.2.3.4. BRIDA

#### a. Cortado

Este es un proceso manual, se realiza con un equipo compuesto por el tanque de gas y de oxígeno, mangueras y una pistola; este proceso se utiliza para cortar planchas de un espesor a partir de  $\frac{3}{4}$ " hasta  $1\frac{1}{2}$ ". Cabe de resaltar que, tras realizar este corte, no queda con la forma requerida debido a la rebaba, y el factor humano que no es preciso.



Fig. 18 Oxicorte

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia

#### b. Torneado

Este proceso se divide entre un semi-torneado y torneado, esto se debe a que primero se saca la rebaba producida por el corte del soplete y luego se comienza a dar la forma requerida de la brida.



Fig. 19 Brida Torneada

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia

Como se muestra en la figura 20, se muestra la brida ya perforada e hilada

**c. Taladrado**

Para realizar este proceso se utiliza el taladro de banca, este proceso tiene como finalidad hacer cuatro perforaciones de  $\frac{1}{2}$ ".

**d. Hilado**

El hilado es un proceso totalmente manual, consta en utilizar 3 pines de macho rosca, cada uno de ellos con hilos más pronunciados al anterior, como resultado se obtiene una perforación donde irá un perno de  $\frac{1}{2}$ ".

**e. Soldado**

Una vez obtenida la brida, se comienza a soldar un cuerpo de perno de  $\frac{3}{4}$ " en la parte superior de la brida.



Fig. 20 Soldado

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia

#### f. Ensamble

Para este ensamble, ingresa un rodaje de 2" y este es puesto en la brida y es empernada con su tapa.



Fig. 21 Ensamble 4

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia

### 3.2.3.5. TAPA

#### a. Cortado CNC

Este proceso se realiza de la misma manera en la que se hace para tener los discos o hélices para el tornillo, asimismo lo único que cambia en eso es que en lugar de un disco se corta un par tapa para el transportador.



Fig. 22 Tapa

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia

#### b. Esmerilado

Este proceso se realiza mediante una amoladora o esmeril fijo, esto sirve para quitar la rebaba leve producida por la CNC.

#### c. Ensamble

En este ensamble ingresa las chumaceras y son atornilladas, para posteriormente ingresar al ensamble 3.

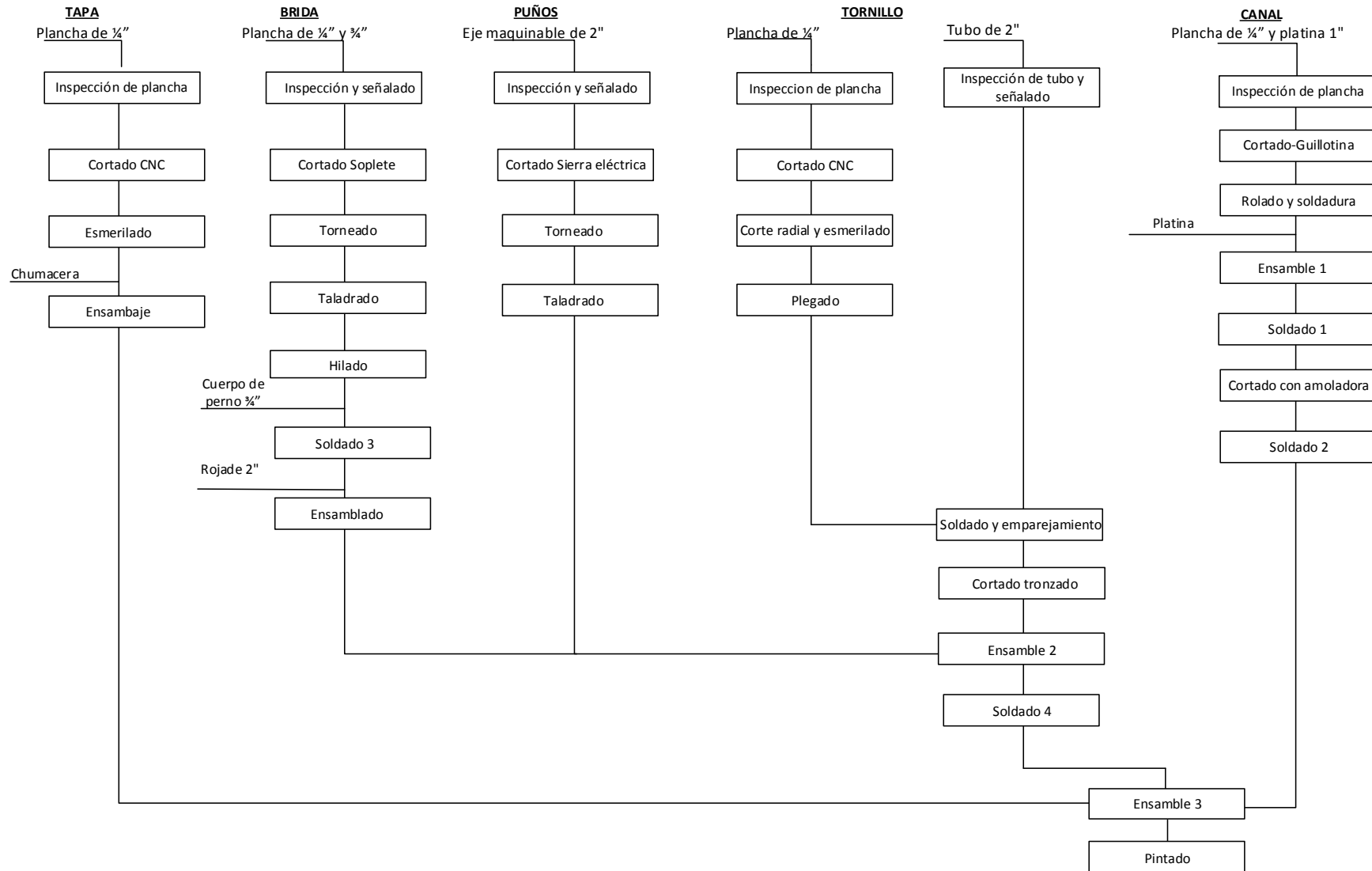


Fig. 23 Diagrama de bloques  
 Fuente: Empresa metalmeccánica

### 3.2.4. Sistema de producción:

El sistema de producción con el que cuenta la empresa es por procesos, debido a que la empresa cuenta con 6 tipos de productos, además de que hay productos que comparten las mismas operaciones.

### 3.2.5. Nivel de servicio

El nivel de servicio de la empresa, en el que la demanda ha sido satisfecha en el plazo acordado que se pactado en el pedido es de un promedio de 46% como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 4. Nivel de Servicio de los meses de junio 2018 a marzo 2019

Meses	Pedidos solicitados	Unidades entregadas	Nivel de servicio (%)
Junio	5	2	40%
Julio	5	4	80%
Agosto	5	3	60%
Septiembre	6	4	67%
Octubre	4	2	50%
Noviembre	2	1	50%
Diciembre	3	2	67%
Enero	2	0	0%
Febrero	3	0	0%
Marzo	4	2	50%
<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>20</b>	<b>46%</b>

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4, los meses con el nivel de servicio más alto son julio con un 80%, setiembre y diciembre con un 67%. Con respecto a los meses de enero y febrero no se produjo más que dos tanques ablandares de agua uno en cada mes, debido que el mayor tiempo se realizó trabajos de mantenimiento a la línea de secado de abono. El bajo nivel de servicio se debe a que la empresa cuenta con una inadecuada distribución de planta por lo que esto genera varios transportes y pérdida de tiempo, además cuenta con un proceso muy compuesto, elevado tiempo de procesos y entrega de pedidos, con respecto a la mano de obra tiene faltas de manera intermitente debido a que el transporte de los materiales se realice de manera manual.



En la siguiente tabla 5, las utilidades no percibidas durante los meses de junio 2018 a marzo 2019.

**Tabla 5. Utilidades no percibidas durante junio 2018 a marzo 2019**

Meses	Pedidos no entregados (unidades)	Utilidades no percibidas por unidad (S/.)	utilidades no percibidas (S/.)
Junio	3	S/ 3.500,00	S/ 10.500,00
Julio	1	S/ 3.500,00	S/ 3.500,00
Agosto	2	S/ 3.500,00	S/ 7.000,00
Septiembre	2	S/ 3.500,00	S/ 7.000,00
Octubre	2	S/ 3.500,00	S/ 7.000,00
Noviembre	1	S/ 3.500,00	S/ 3.500,00
Diciembre	1	S/ 3.500,00	S/ 3.500,00
Enero	2	S/ 3.500,00	S/ 7.000,00
Febrero	3	S/ 3.500,00	S/ 10.500,00
Marzo	2	S/ 3.500,00	S/ 7.000,00
<b>Total</b>	19		S/ 66.500,00

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 5, el total de utilidades no percibidas es de S/.66 500 a partir de esto los meses que sobresalen son junio y febrero con un total de S/. 10 500 siendo este equivalente al 16% del total del monto.

### 3.2.6. Análisis para el proceso de producción

#### 3.2.6.1. Diagrama de flujo

En la figura 24 se muestra el diagrama de flujo para la fabricación del transportador de tipo tornillo sinfín de 30 cm de diámetro y 8 m de longitud.

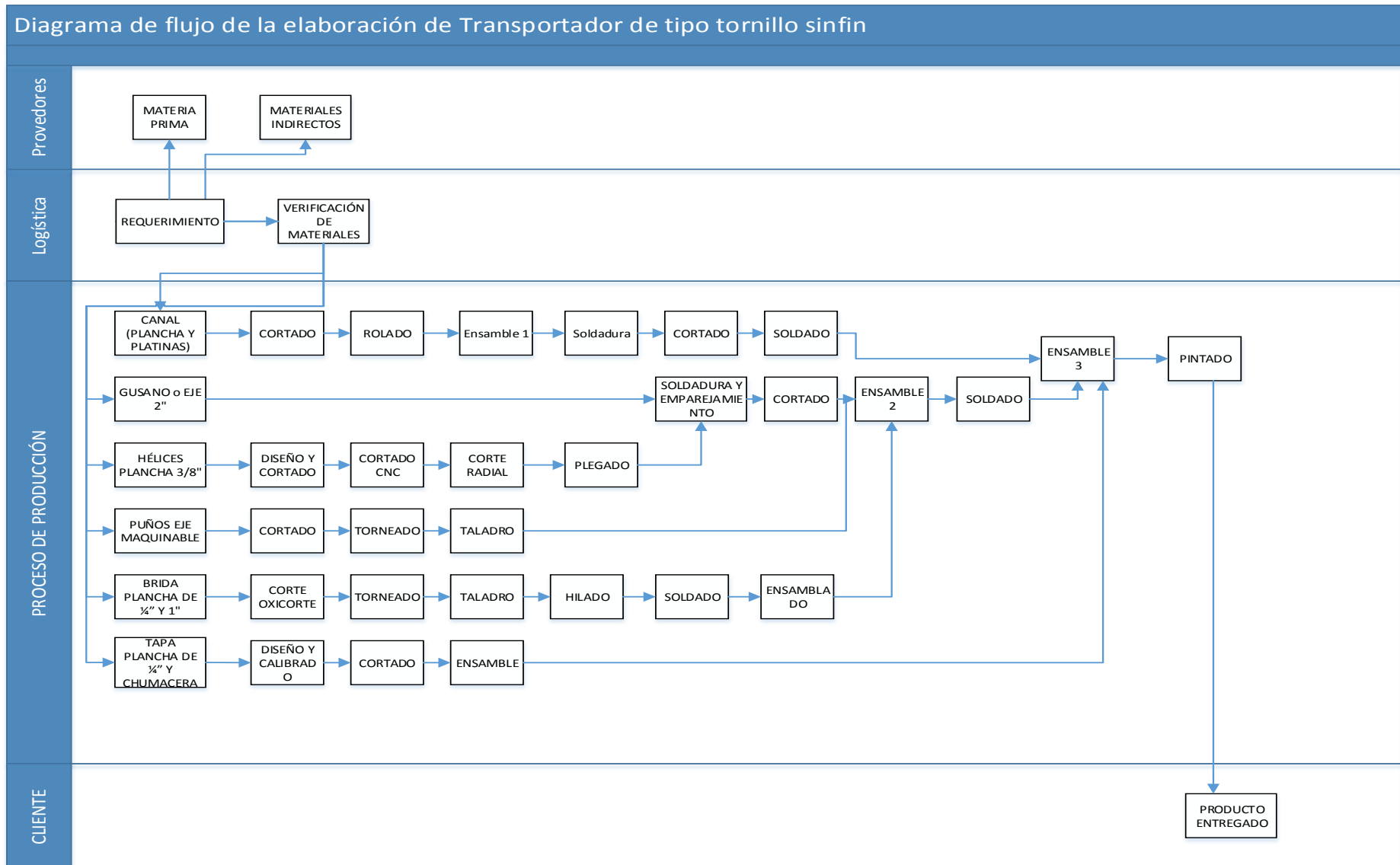


Fig. 24 Diagrama de bloques de procesos  
 Fuente: Datos de la empresa  
 Elaboración Propia

Como muestra la figura 24, los procesos de elaboración del transportador de tipo tonillo sinfín, en donde se puede como entra la materia prima requerida para su producción.

### 3.2.6.2. Diagrama de operaciones de proceso:

En la figura 25, se muestra el diagrama de operaciones de procesos, según la tabla 6

**Tabla 6. General Electric Company**

Tiempo de ciclo (Minutos)	Número de ciclos
0,1	200
0,25	100
0,5	60
0,75	40
1	30
2	20
2,00-5,00	15
5,00-10,00	10
10,00-20,00	8
20,00-40,00	5
Más de 40,00	3

Fuente: General Electric Company

A partir de la tabla de General Electric Company, se determinó el número de veces que se debió hacer la toma de tiempos, acorde al proceso que su operación con mayor tiempo es de 300,2 minutos por lo tanto se realizó 3 veces la toma de tiempos, que resultaron para estandarizar los tiempos del proceso productivo. Ver anexo 2 y 3

La toma de tiempo se realizó al azar debido a que la producción es por pedido o proyecto y no siempre se encuentran fabricando, para la toma se utilizaron cronómetro, hoja de registros del proceso.

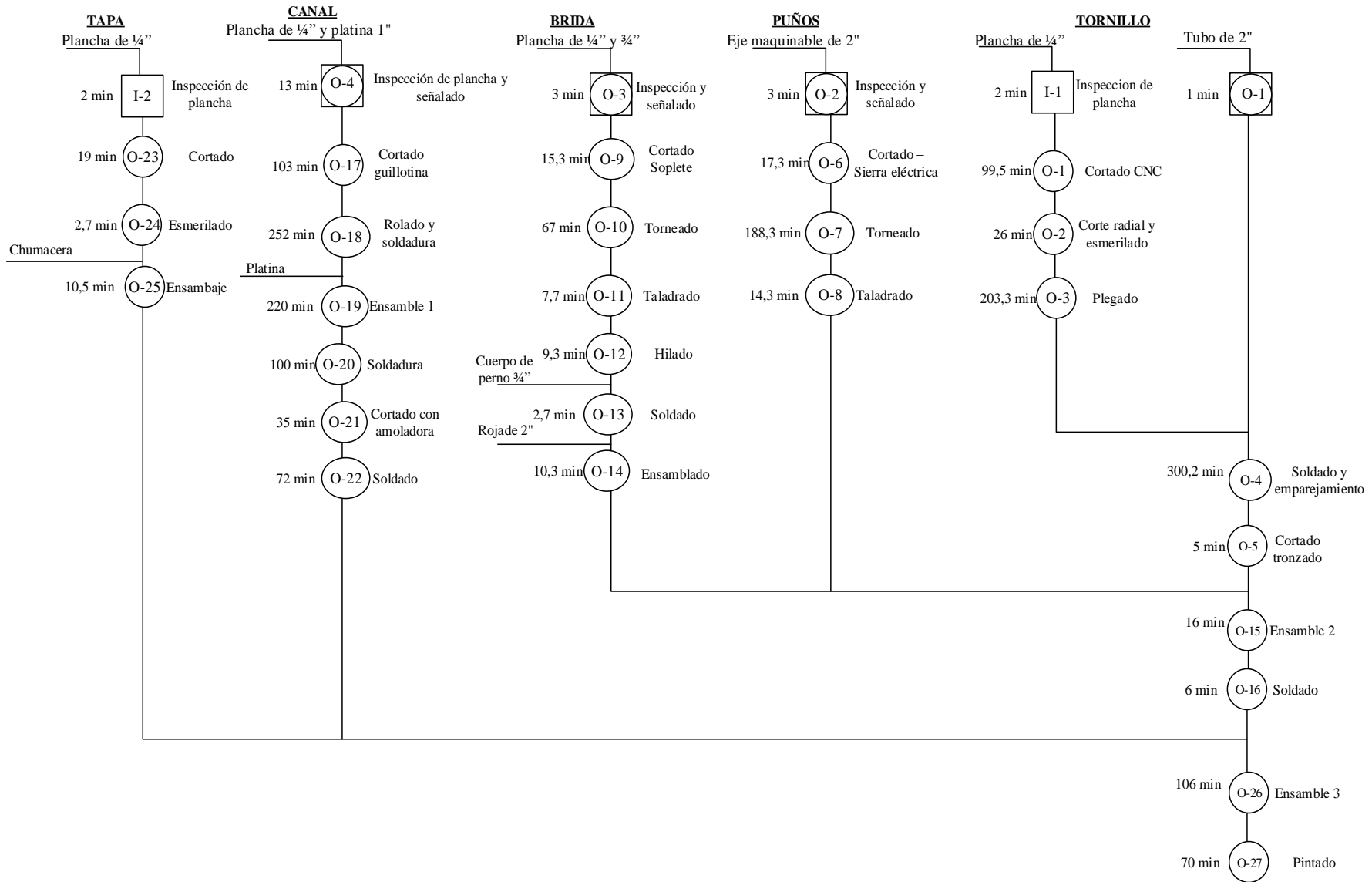


Fig. 25 Diagrama de operaciones de proceso  
 Fuente: Datos de la empresa  
 Elaboración Propia

**Tabla 7. Resumen de operaciones**

Resumen	
Actividad	Cantidad
Operación	27
Inspección	2
Combinada	4
<b>Total</b>	<b>33</b>

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 7, la cantidad de operaciones realizadas durante el proceso, como se observa se cuenta con un total de 33 actividades, de las cuales son 27 operaciones, 2 inspecciones y 4 operaciones combinadas, el conjunto de estas actividades suman un total de 2 002,4 minutos de las cuales la operación que demanda mayor tiempo es la de soldado y emparejamiento.

### **3.2.6.3. Diagrama de análisis de procesos.**

En la figura 26, se muestra el diagrama de análisis de procesos, los datos mostrados se obtuvieron de la misma manera que se muestra para el diagrama de operaciones de proceso.

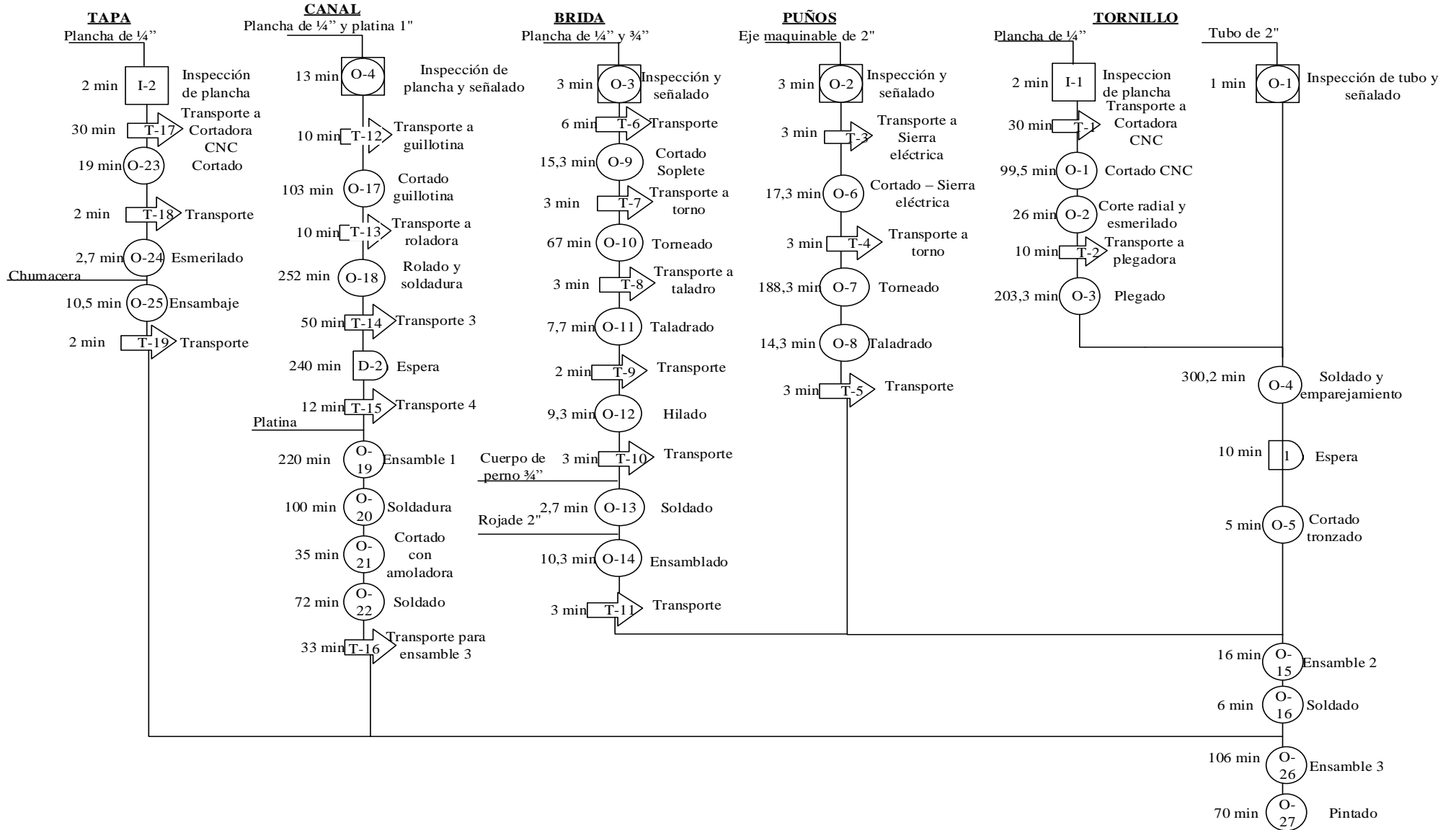


Fig. 26 Diagrama de análisis de procesos

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración Propia

**Tabla 8. Resumen del diagrama de análisis de operaciones**

Resumen	
Actividad	Cantidad
Operación	27
Inspección	2
Transporte	19
Demora	2
Combinada	4
<b>Total</b>	<b>54</b>

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Tras la obtención de los tiempos promedios, mediante el muestro realizado proceso productivo se tiene como un resultado referencial que sirve como eje central para saber el tiempo requerido para la fabricación de un transportador de tipo tornillo sin fin, que da como resultado un total de 2470,4 minutos que es equivalente aproximadamente a 41 horas. Asimismo, se tomó como referencia para realizar el diagrama de análisis de proceso.

A partir de los datos obtenidos, se puede calcular el porcentaje de las actividades improductivas, teniendo en cuenta la relación de tiempo de ciclo y las actividades innecesarias para el proceso productivo que da como resultado 18,95% (tabla 9).

**Tabla 9. Tiempo de actividades improductivas**

Actividades improductivas	Tiempo (min)	Total del proceso productivo (min)
Demora	250	
Transporte	218	2470,4
<b>TOTAL</b>	<b>468</b>	

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

$$\% \text{ Actividades Improductivas} = \frac{\text{Actividades que no dan valor agregado al producto}}{\text{Total de actividades productivas}}$$

$$\% \text{ actividades imporductivas} = 18,95\%$$

Tras haber determinado los procesos y tiempos que se requieren para la fabricación del transportador, se identificó el cuello de botella durante el proceso de producción mediante el primer paso de la teoría de restricciones donde se apoya de los productos que en este caso vienen hacer las partes del Transportador de Tipo Tornillo Sinfín, para luego tomar los tiempos de máquinas en la que se demora el procesamiento de estas. Ver tabla 10 y 11.

**Tabla 10. Tiempos de procesamiento de piezas**

<b>PARTES</b>	<b>Cortado por CNC (min/lote)</b>	<b>Rolado (min/lote)</b>	<b>Cortado por Guillotina (min/lote)</b>	<b>Plegado (min/lote)</b>	<b>Torneado (min/lote)</b>	<b>Taladrado por banca (min/lote)</b>	<b>Taladrado por mano (min/lote)</b>	<b>Cortado y devastado por amoladora (min/lote)</b>
<b>Tapa</b>	19	0	0	0	0	0	0	2,7
<b>Brida</b>	0	0	0	0	67	7,7	0	0
<b>Puños</b>	0	0	0	0	188,3	0	14,3	0
<b>Tornillo</b>	99,5	0	0	203,3	0	0	0	31
<b>Canal</b>	0	252	95	0	0	0	0	35
<b>Total</b>	118,5	252	95	203,3	255,3	7,7	14,3	68,7

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia



En la tabla 10 se refleja los tiempos de cada pieza en el traslado de la maquina con respecto al proceso productivo.

**Tabla 11. Tiempos de procesamiento de piezas**

PARTES	Tronzado (min/lote)	Corte por cierra mecánica (min/lote)	Soldado y emparejamiento (min/lote)	Soldado por mic (min/lote)	Soldado por arco eléctrico (min/lote)	Hilado (min/lote)	Cortado por oxicorte (min/unid)
<b>Tapa</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>Brida</b>	0	0	0	0	2,7	9,3	12,3
<b>Puños</b>	0	14,3	0	0	0	0	0
<b>Tornillo</b>	0	0	300,2	0	0	0	0
<b>Canal</b>	0	0	0	172	0	0	0
<b>Total</b>	0	14,3	300,2	172	2,7	9,3	12,3

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se puede observar en las tablas 10 y 11, se denota que la operación que toma mayor tiempo es la de soldado y emparejamiento con un total de 300,2 minutos según la toma de datos realizado previamente mediante la tabla de general electric Company.

Asimismo, para calcular la producción teórica que consta en la relación del tiempo base entre el cuello de botella o la operación con mayor demanda de tiempo, se aplicó la relación, en este caso tomado los factores de días a la semana, horas por día y minutos, por lo que se obtuvo un total de 2880 min/semana.

$$Tiempo\ base = 6 \frac{días}{semana} \times 8 \frac{horas}{día} \times 60 \frac{minutos}{hora}$$

$$Tiempo\ base = 2880 \frac{min}{semana}$$

Una vez obtenido el tiempo base en minutos y el cuello de botella mediante el primer paso de teoría de restricciones que es de 300,2 minutos, se obtuvo una producción de 9,59 Transportadores de Tipo Tornillo Sinfín por semana.

$$Producción = \frac{Tiempo\ base}{Cuello\ de\ botella}$$

$$\text{Producción} = \frac{2880 \text{ min/Semana}}{300,2 \text{ min/unid}}$$

$$\text{Producción} = 9,59 \text{ unid/semana}$$

Tras la obtener el resultado nos indica que, la producción teórica es de 9,59 unidades por semana, siendo esta cantidad difícil de cumplir debido a los distintos factores a los que se enfrenta la empresa como son la producción de otros productos, diferente método de trabajo, mantenimiento de la empresa o salen por encargo por trabajo de alguna empresa del consorcio, falta de planificación de producción, etc.

**Tabla 12. Producción en el periodo de junio 2018 –setiembre 2019**

Meses	Producción del Transportador de Tipo Tornillo Sinfín (unidades)
<b>Junio</b>	2
<b>Julio</b>	4
<b>Agosto</b>	3
<b>Septiembre</b>	4
<b>Octubre</b>	2
<b>Noviembre</b>	1
<b>Diciembre</b>	2
<b>Enero</b>	0
<b>Febrero</b>	0
<b>Marzo</b>	2
<b>Abril</b>	2
<b>Mayo</b>	3
<b>Junio</b>	4
<b>Julio</b>	4
<b>Agosto</b>	3
<b>Septiembre</b>	3

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

En la tabla 13 se muestra la productividad de mano de obra se obtuvo mensualmente del cociente de la producción obtenida durante el mes entre el número de operarios.

$$\text{Productividad de mano de obra} = \frac{\text{Producción obtenida}}{n^{\circ} \text{ de operarios}}$$

**Tabla 13. Productividad de mano de obra durante el periodo de estudio**

<b>Meses</b>	<b>Producción del Transportador de Tipo Tornillo Sinfín</b>	<b>Productividad de mano de obra</b>
<b>Junio</b>	2	0,29
<b>Julio</b>	4	0,57
<b>Agosto</b>	3	0,43
<b>Septiembre</b>	4	0,57
<b>Octubre</b>	2	0,29
<b>Noviembre</b>	1	0,14
<b>Diciembre</b>	2	0,29
<b>Enero</b>	0	No hubo producción
<b>Febrero</b>	0	No hubo producción
<b>Marzo</b>	2	0,29
<b>Abril</b>	2	0,29
<b>Mayo</b>	3	0,43
<b>Junio</b>	4	0,57
<b>Julio</b>	4	0,57
<b>Agosto</b>	3	0,43
<b>Septiembre</b>	3	0,43

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

La productividad de mano de obra obtenida durante el tiempo de estudio con respecto al Transportador de Tipo Tornillo sinfín tiende a ser irregular debido a que también existen otros productos en proceso, actividades pertenecientes a las demás empresas del consorcio y productos con necesidades urgentes causando así como meses picos de alrededor de 0,57 unidades por operario y los meses de menor índice de productividad de mano de obra con 0,14 y 0,29 unidades por operario, teniendo en cuenta que los meses de enero y febrero no hubo producción debido a que se estuvo haciendo mantenimiento a la línea de secado de abono.

También se determinó las capacidades de diseño, capacidad efectiva mensual, capacidad real, eficiencia de planta y el factor de utilización, para ello se tomó datos de la producción del periodo de estudio (anexo 1). A partir de esta premisa también se tomó la capacidad efectiva y capacidad real.

**Tabla 14. Indicadores de capacidad del Transportador de Tipo Tornillo Sinfín**

<b>Capacidad de diseño mensual</b>	40 unidades/mes
<b>Capacidad efectiva mensual</b>	4 unidades/mes
<b>Capacidad real mensual</b>	2 unidades/mes
<b>Eficiencia de planta</b>	5%
<b>Factor de utilización</b>	25%

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Para la obtención de la capacidad de diseño se tomó los días laborables al mes (25 días), las 8 horas laborables, además se tomó el tiempo ciclo de proceso, obteniendo así la capacidad de diseño de la empresa que es equivalente a 40 unidades por mes, además mediante el registro de producción se obtuvo la capacidad efectiva mensual que es de 4 unidades por mes y para la capacidad real mensual se obtuvo de la producción media del registro en donde se obtuvo 2 unidades por mes. Asimismo, la eficiencia de planta se obtuvo mediante el cociente de la capacidad mensual y la capacidad de diseño obteniendo 5% y de la misma manera para el factor de utilización se tomó la producción más baja (mes de noviembre) y la capacidad efectiva mensual en donde se obtuvo 25%.

Además, se calculó la eficiencia económica a través de la relación de los ingresos y egresos de la empresa, teniendo en cuenta el costo de producción y el precio de venta que son S/ 6 000 y S/ 9500 respectivamente.

$$\text{Eficiencia económica} = \frac{\text{Ingresos (S/.)}}{\text{Egresos (S/. )}}$$

$$\text{Eficiencia económica} = \frac{\text{S/. 9 500}}{\text{S/. 6 000}} = 1,58$$

Tras analizar el cálculo se obtuvo que, la eficiencia económica obtenida por la empresa es de 1,58. Esto quiere decir que por cada sol invertido por empresa se le retribuye S/. 1,58 dando como ganancia S/ 0, 58 céntimos por cada transportador.

**Tabla 15. Resumen de pérdidas durante el periodo de estudio**

<b>Causas</b>	<b>Cantidad (S/.)</b>
Pérdidas económica	S/.5 454,74
Perdidas por entregar tarde los pedidos	S/. 7 686
Reprocesos	S/. 4 082
<b>Total</b>	<b>S/. 17 222,74</b>

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se observa en la tabla 15, el total de pérdidas que ha tenido la empresa durante el tiempo de estudio, para obtener las perdidas por inactividad se tomó el dato de los anexos, teniendo un total de 157 horas improductivas (Ver anexos 4 y 5), dando un total de S/. 5 454, 74; para perdidas por entrega tarde de pedidos se tomó la palabra de la oficina de administración que este costo es de S/. 7 686, con respecto a los reprocesos abarca una serie de costos como son planchas reprocesadas, mal cortadas e insumos dando un total de S/. 4 082.

### 3.2.6.4. Razón de valor agregado

Este indicador sirve para saber el porcentaje de valor agregado que posee el proceso productivo del Transportador de Tipo Tornillo Sinfín, este valor se obtiene de la división entre el plazo de entrega con valor agregado o la suma de operaciones que agregan valor al producto entre el plazo de entrega total o la sumatoria de todas las actividades del proceso. (Ver tabla 16)

**Tabla 16. Tiempos de procesos resumidos**

Tiempos del proceso (min/uni)	
Operaciones	2002,4
demoras	250
transportes	218
<b>Total</b>	<b>2470,4 (min/unid)</b>

Fuente: Datos de la empresa  
Elaboración propia

Como se observa la tabla 16, se obtuvo los tiempos mediante el diagrama de operaciones y la tabla 8 y 9, de esta manera con los tiempos se puede obtener la razón de valor agregado en la producción de un solo transportador.

$$\text{Razón de Valor agregado} = \frac{\text{Plazo de entrega con valor agregado}}{\text{Plazo de entrega total}}$$

$$\text{Razón de valor agregado} = \frac{2002,4 \text{ minutos}}{(2002,4 + 250 + 218) \text{ minutos}}$$

$$\text{Razón de valor agregado} = 81,05\%$$

$$\text{razón de valor no agregado} = 18,95\%$$

Mediante el indicador de razón de valor no agregado respalda que existe un 18,95% para gestionar el proceso que es representado por demoras y transportes del proceso de producción.

### 3.2.6.5. Diagrama de recorrido

Para los diagramas de recorrido, se subdividieron en las partes que posee el Transportador de Tipo Tornillo Sinfín se optó esta manera ya que el proceso de producción es muy extenso para explicarlo en un solo diagrama.

Como se observa en el Diagrama de recorrido general existen un total de 19 transportes durante el proceso productivo que equivale a un total de 231 metros que toma un tiempo aproximado de 218 minutos, durante el proceso de producción del canal ver tabla 17 en donde se muestra las distancias de los recorridos.

**Tabla 17. Recorrido del proceso producción**

Nº	Parte	Transporte	Distancia (m)
1		Transporte a guillotina	9
2		Transporte a roladora	9
3	Canal	Transporte a espera	4
4		Transporte a ensamble 1	12
5		Transporte a ensamble 3	8
6	Tornillo	Transporte a cortadora CNC	20
7		Transporte a plegadora	16
8		Transporte a sierra eléctrica	22
9	Puños	Transporte a torno	12
10		Transporte a ensamble 2	20
11		Transporte soplete u oxicorte	7
12		Transporte a torno	9
13	Brida	Transporte a taladrado	10
14		Transporte a hilado	8
15		Transporte a soldado	22
16		Transporte ensamble 2	10
17		Transporte a cortadora CNC	20
18	Tapa	Transporte a Área de producción	2
19		Transporte a ensamble 3	11

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la Tabla 17, son las distancias que se recorren durante el proceso de producción en el taller, siendo las distancias más altas entre 20 a 22 metros y las menores como en el caso de la tapa en el transporte 18 del proceso de 2 metros, la parte con mayor cantidad de transportes es brida seguido por el canal con 6 y 5 respectivamente y con menor cantidad de transportes es el tornillo debido a que este se fabrica en el área de producción.

Las partes en las que se realizan mayor recorrido son la brida con 66 metros seguido por los puños con 52 metros y la parte con menor recorrido es la tapa con 33 metros.



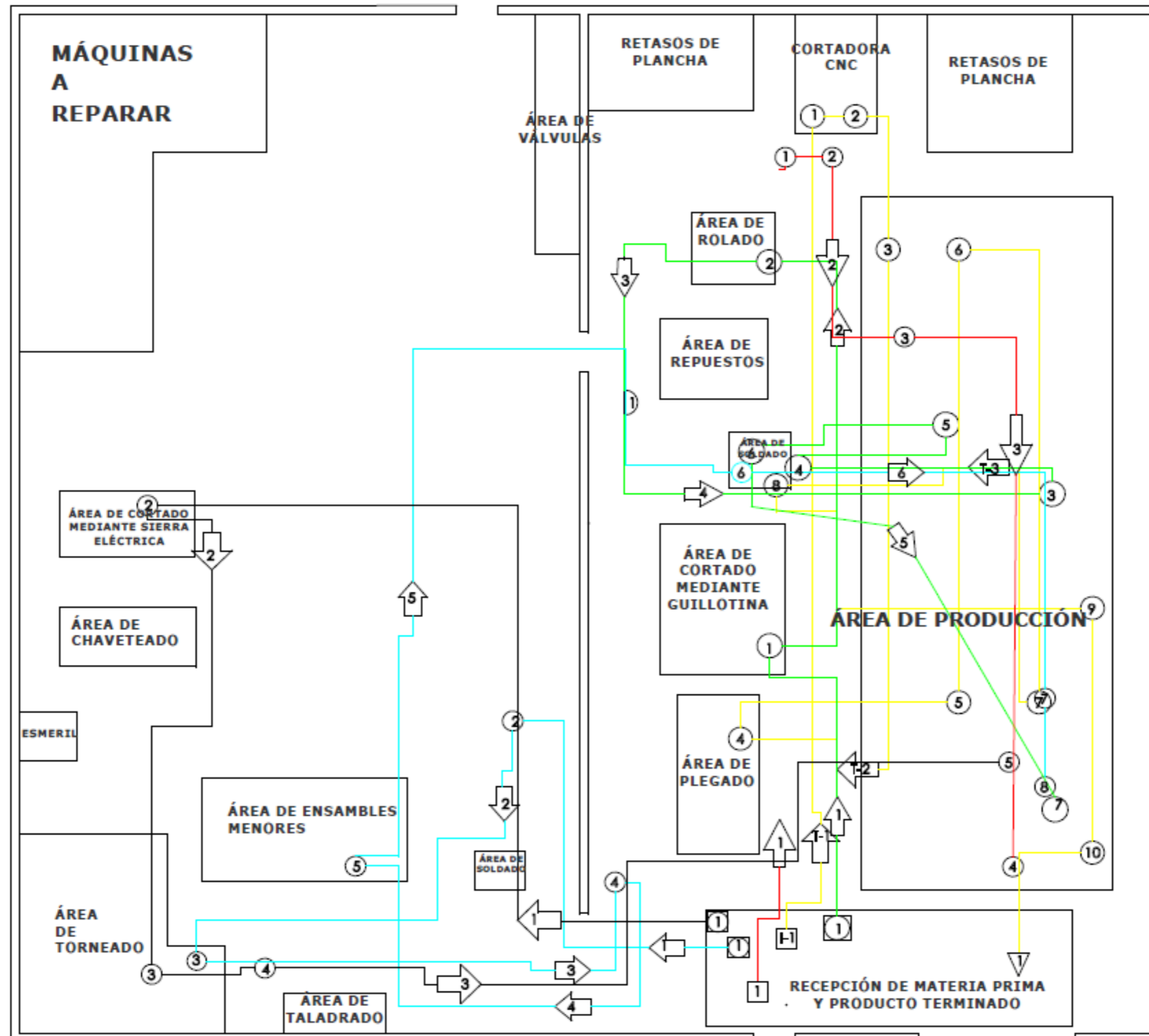


Fig. 27 Diagrama de recorrido para el Transportador de tipo tornillo sinfín

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

a. Diagrama de recorrido del canal

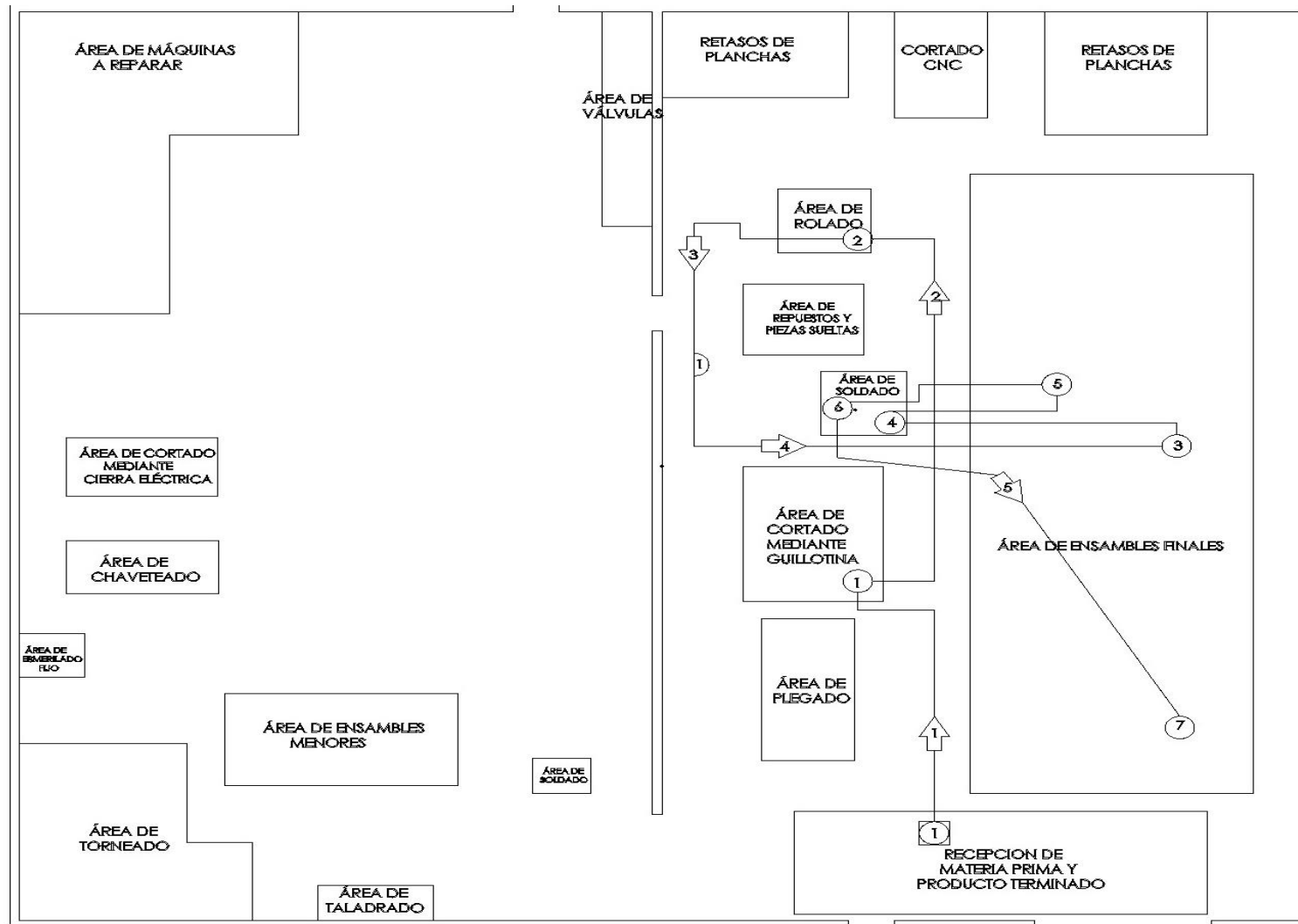


Fig. 28 Diagrama de recorrido del canal

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

b. Diagrama de recorrido del Tornillo

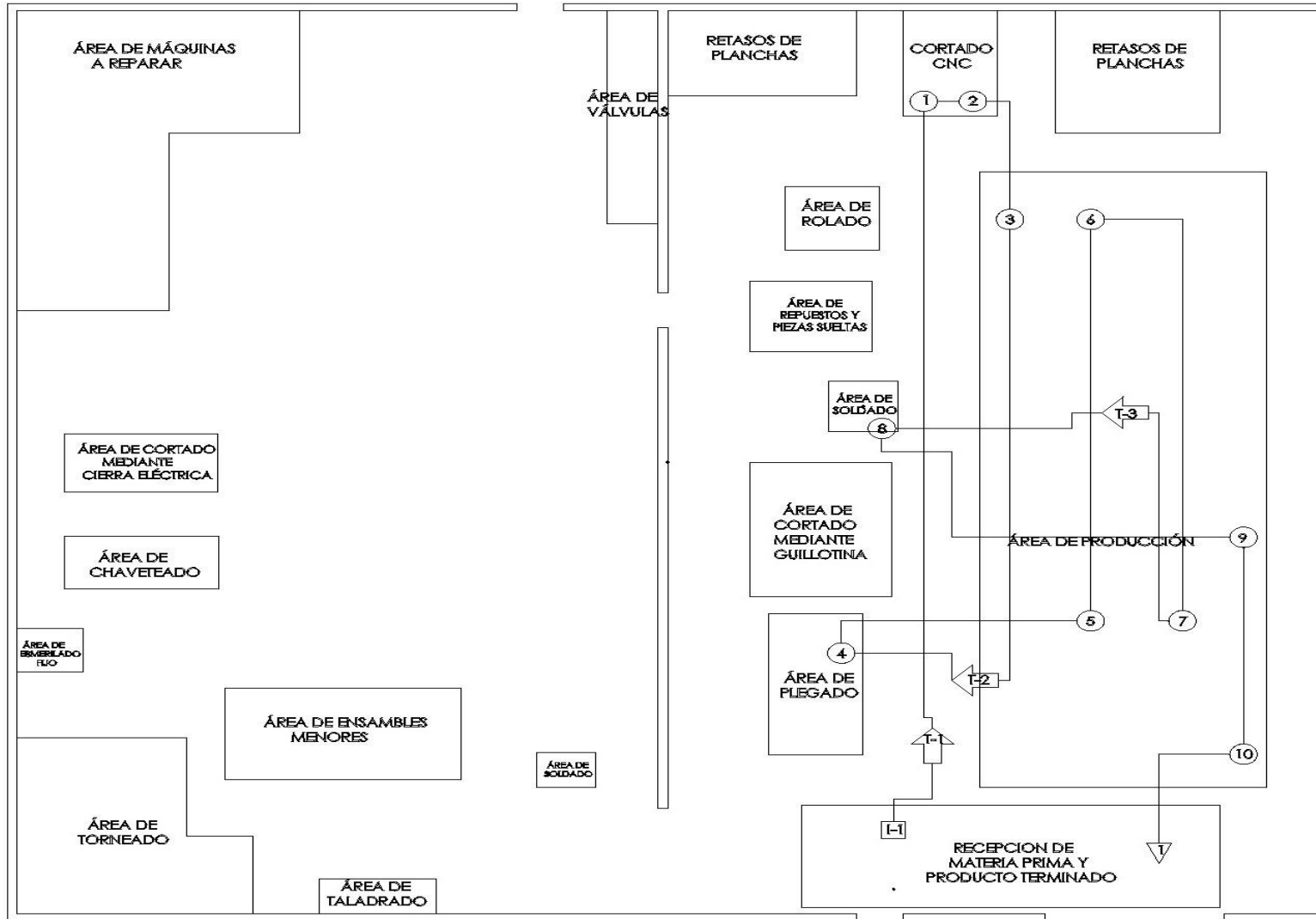


Fig. 29 Diagrama recorrido del tornillo o gusano

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

c. Diagrama de recorrido de los puños:

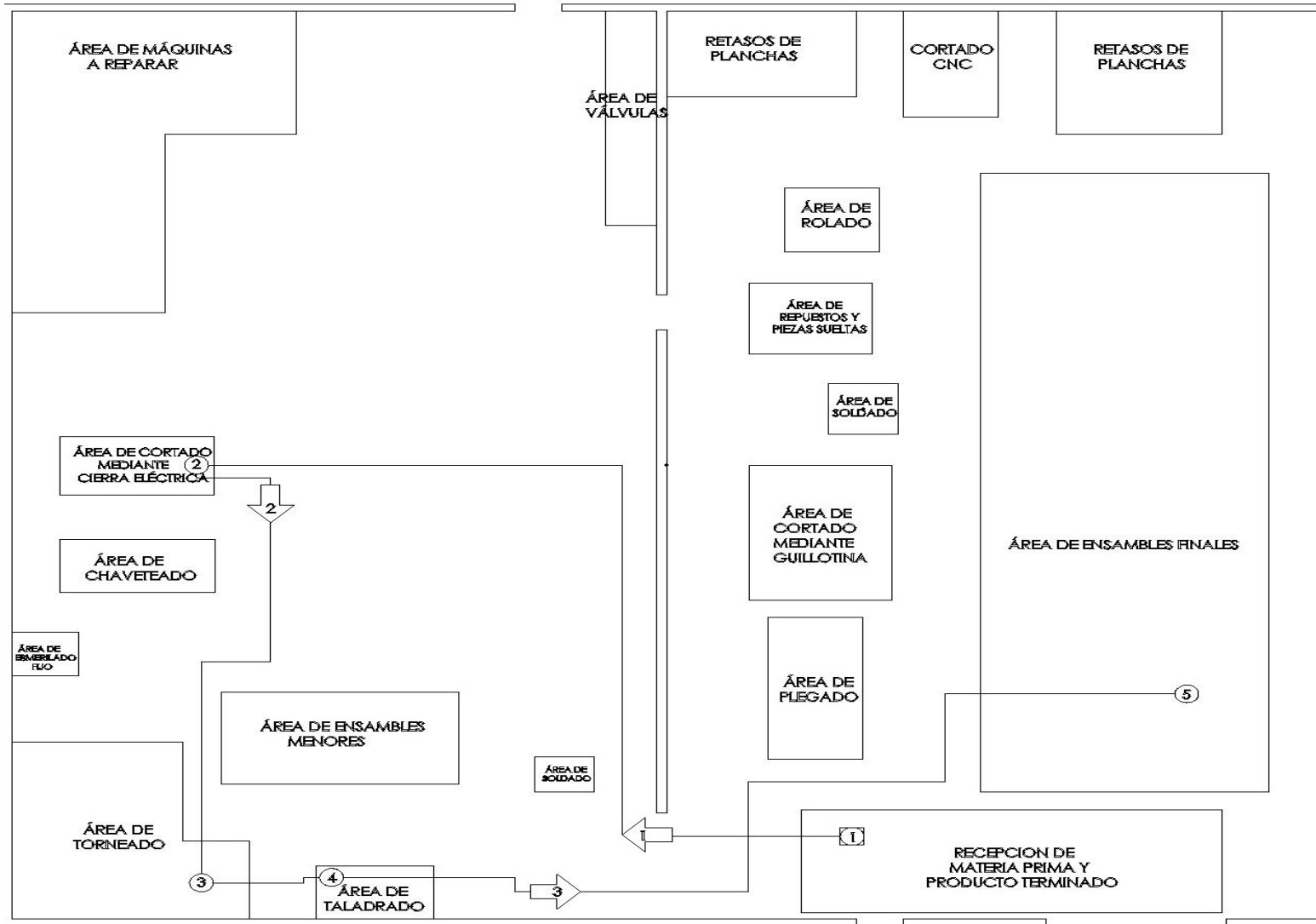


Fig. 30 Diagrama de recorrido de los puños

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

d. Diagrama de recorrido de la brida

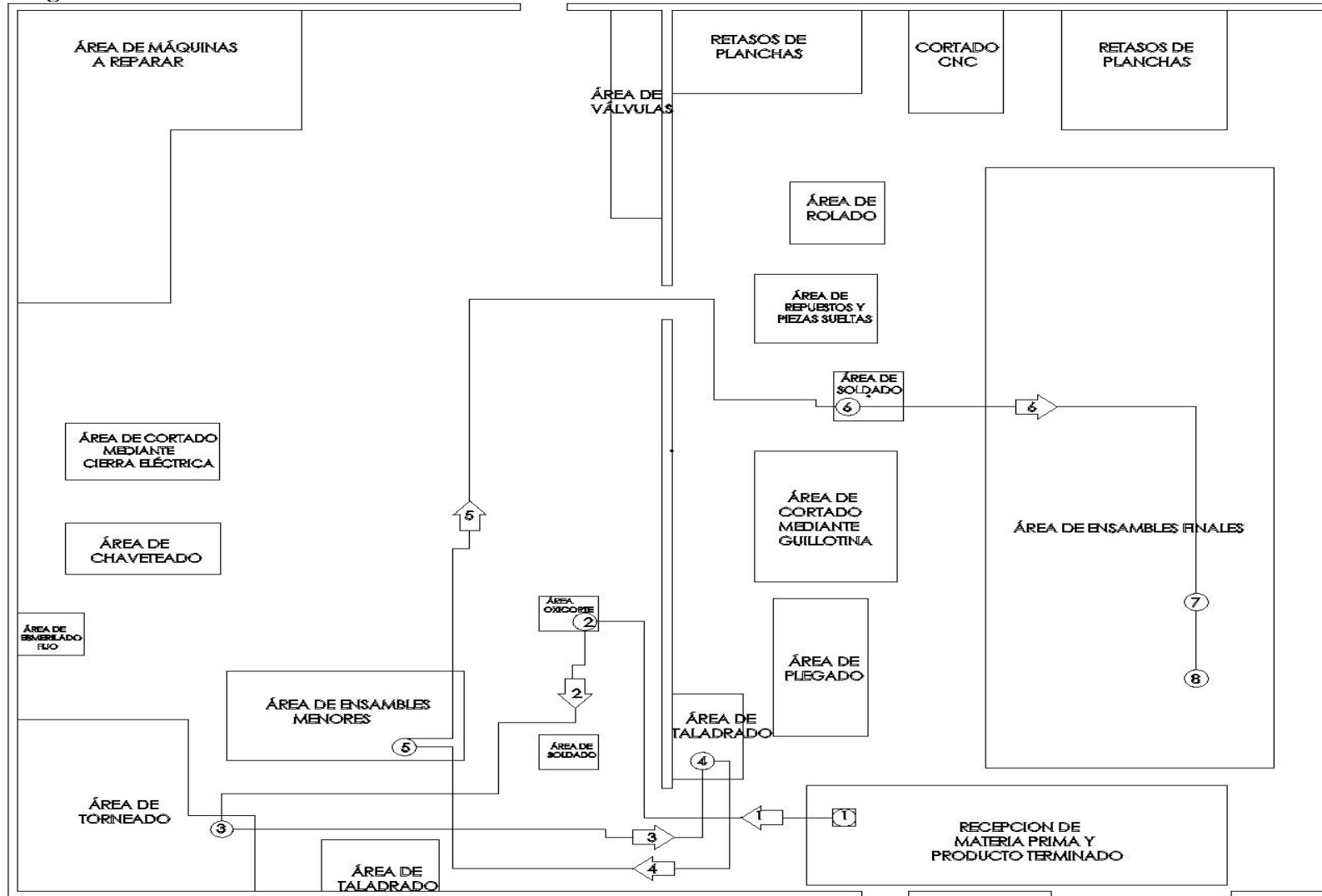


Fig. 31 Diagrama recorrido de la brida

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

e. Diagrama de recorrido de las tapas

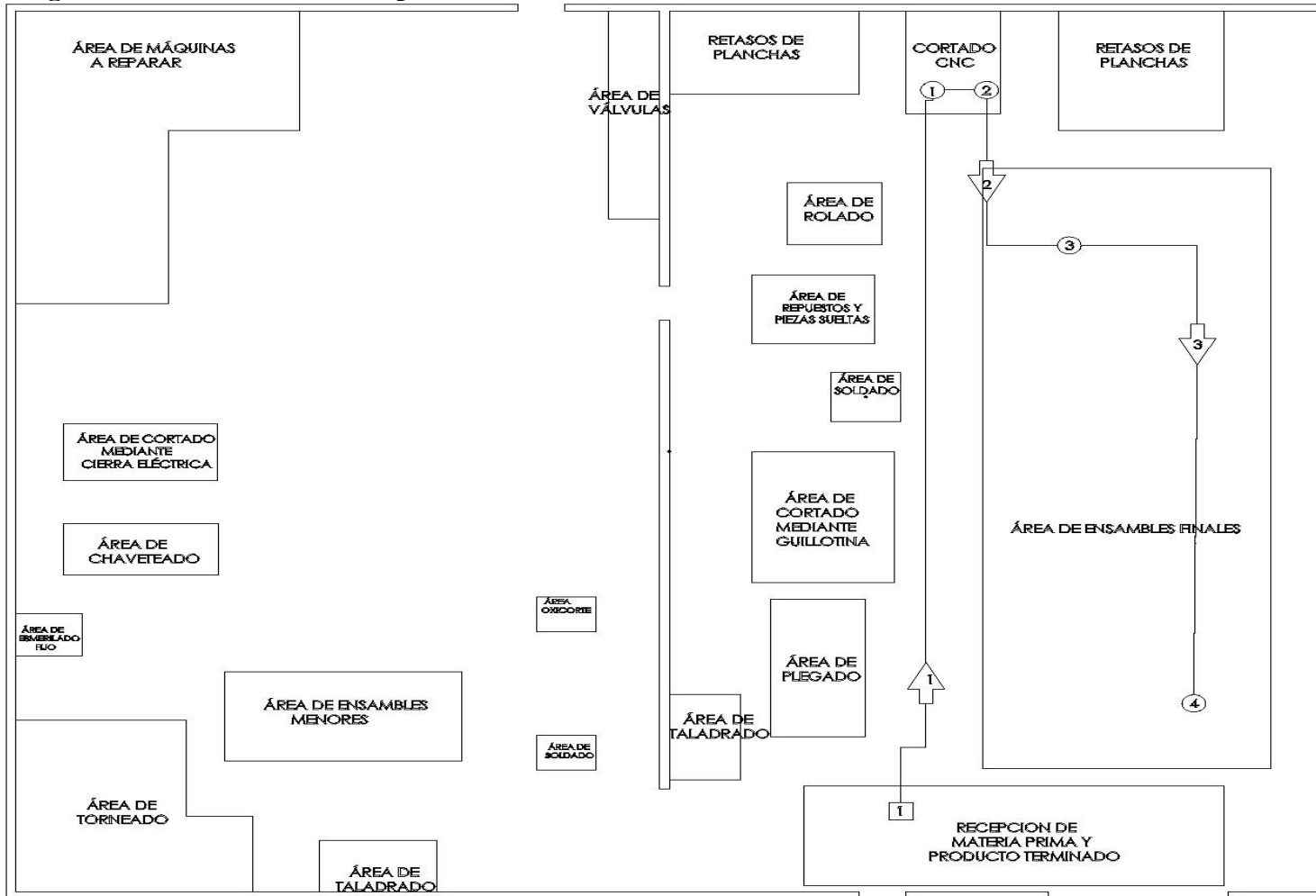


Fig. 32 Diagrama de recorrido de las tapas

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

### 3.2.6.6. Value stream map (VSM)

Para el mapeo de flujo de valor se tomó en cuenta el tamaño del lote de 4 unidades por mes que se determinó en la tabla 18, que indica la cantidad de pedidos de los últimos seis meses además se requirió del tiempo disponible de fabricación que es 540 minutos al día y como paros programados 60 minutos dando así un tiempo operativo de 480 minutos al día y 11 520 minutos por mes, asimismo se tomó el tiempo de ciclo del proceso completo siendo en el proceso de soldadura y emparejamiento y el tiempo de los procesos, con la finalidad de obtener los tiempos de no valor agregado y lotes en proceso en las partes del Transportador de Tipo Tronillo Sinfín.

De esta manera se realizó el diagnóstico de mapeo de flujo de valor en las cinco partes del Transportador e Tipo Tornillo Sinfín.

**Tabla 18. Unidades requeridas durante los meses de abril a setiembre de 2019**

Meses	Producción del Transportador de Tipo Tornillo Sinfín	Pedidos del Transportador de Tipo Tornillo Sinfín
<b>Abril</b>	2	5
<b>Mayo</b>	3	5
<b>Junio</b>	4	5
<b>Julio</b>	4	4
<b>Agosto</b>	3	4
<b>Septiembre</b>	3	5

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se observa en la tabla el lote de pedido ronda las 4 Transportadores de Tipo Tornillo Sinfín, y la producción lograda es de 3 unidades en promedio.

### 3.2.6.7. Resumen mapeo de flujo de valor.

Tras la aplicación del Mapeo de Flujo de Valor, se dan los siguientes resultados que son los tiempos de entregas, que se obtienen de la suma de valor no agregado, el tiempo de proceso que es la suma del tiempo de las operaciones y la eficiencia que se obtiene de la división de la sumatoria de tiempos de proceso entre el cuello de botella del proceso multiplicado por el número de unidades por lotes expresado en porcentaje.

En la tabla 19 se muestra los valores obtenidos tras diagnosticar el proceso mediante un mapeo de flujo de valor.

**Tabla 19. Resumen de resultados obtenidos del VSM**

<b>Partes</b>	<b>Resultados</b>	
Canal	Tiempo de no valor agregado	4,8 días
	Tiempo de proceso	782 min
	% de no valor agregado	74,65%
Tornillo	Tiempo de no valor agregado	7,49 días
	Tiempo de proceso	884 min
	% de no valor agregado	80,26%
Puños	Tiempo de no valor agregado	1,8 días
	Tiempo de proceso	219,9 min
	% de no valor agregado	79,71%
Brida	Tiempo de no valor agregado	0,98 días
	Tiempo de proceso	112,3 min
	% de no valor agregado	80,72%
Tapa	Tiempo de no valor agregado	0,22 días
	Tiempo de proceso	32,2 min
	% de no valor agregado	76,63%
<b>Total</b>	<b>Tiempo de entrega Teórico</b>	<b>15,29 días</b>
	<b>Tiempo de entrega real</b>	<b>10 días</b>
	<b>Tiempo de operaciones del proceso</b>	<b>1978,4 minutos</b>

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se observa en la tabla 19 los resultados el tiempo de entrega teórico es de 15,267 días esto se obtiene si el proceso de producción fuese totalmente lineal, para hallar el tiempo de entrega real en el proceso productivo del Transportador de Tipo Tornillo Sinfín, existen operaciones que se realizan en paralelo que se determinaron en la tabla 20.

**Tabla 20. Tiempo de entrega real**

<b>Zona de producción</b>	<b>Tiempo (Días)</b>	<b>Tiempo de operaciones tomadas</b>
Producción o soldado y ensamble	8,44	Cortado con guillotina, plegado, soldadura y emparejamiento, cortado con amoladora, soldado 2 en el canal, soldado en el tornillo, ensamblado final y pintado
Torneado	1,57	Torneado de puño
<b>TOTAL</b>	<b>10 Días</b>	

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia



Como se observa en la Tabla 20, el tiempo total de entrega quiere decir que para la producción de un lote de 4 Transportadores de Tipo Tornillo Sinfín se tendrá un retraso de 10 días, lo que equivale a una pérdida monetaria en mano de obra de S/. 3 752,28 por cada lote de 4.

Los lotes de pedido son de 5 Transportadores de Tipo Tornillo Sinfín, de los cuales solo se pueden cumplir 4, esto se debe al tiempo de entrega que da como retraso los 10 días afectando así el nivel de servicio de la empresa.

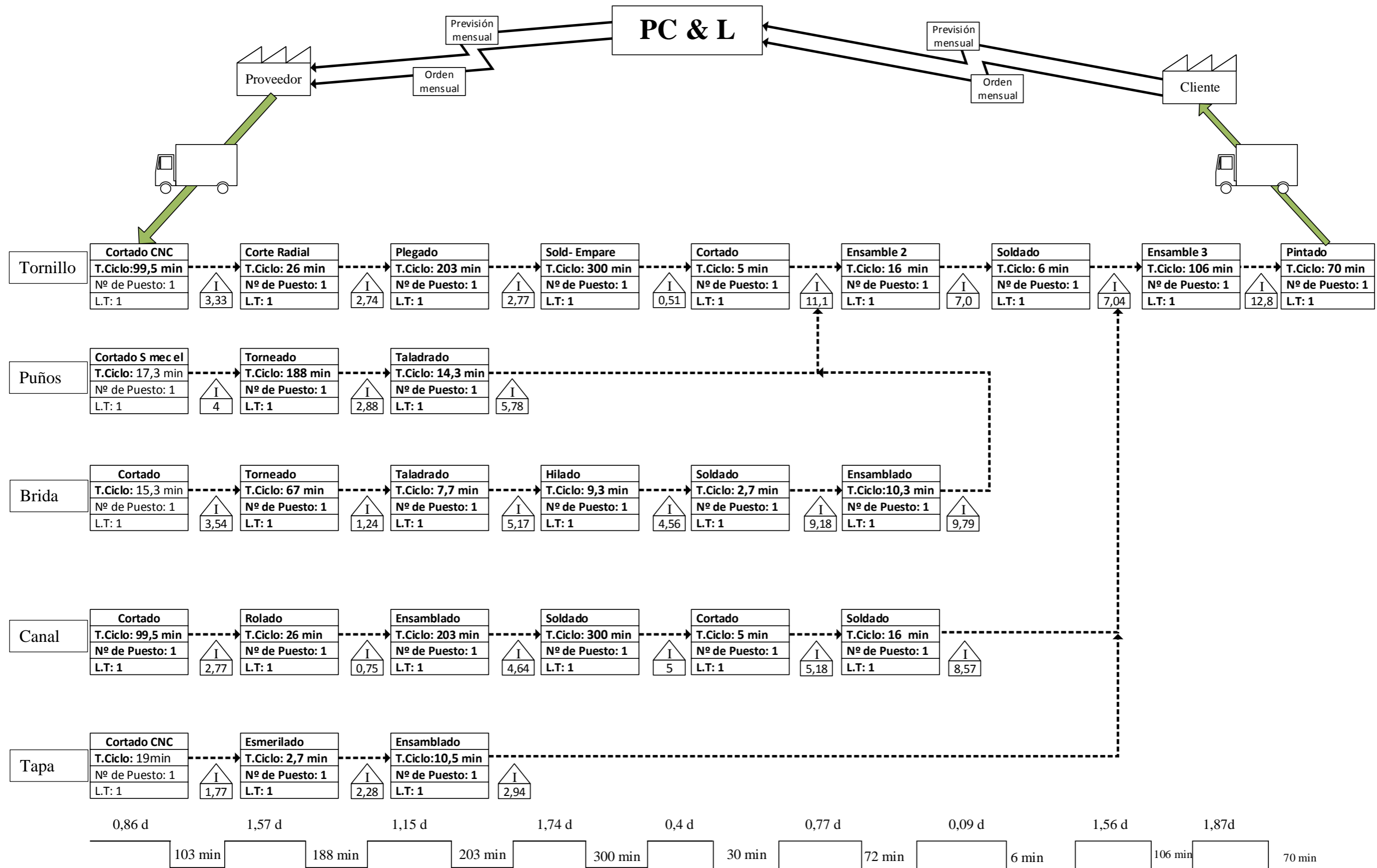


Fig. 33 Mapeo de flujo de valor

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

### 3.2.6.8. Diagrama Hombre maquina

#### a. Proceso de plegado

El proceso de plegado está conformado por el tiempo de preparación de máquina, un primer plegado una toma de medidas y una nueva regulación de plegado para posteriormente realizar un plegado más fino y una toma de medidas final.

- ✓ En la preparación de máquina el operario programa la plegadora para saber a qué distancia va a descender y dejar ese espacio, cabe resaltar que este proceso toma tiempo porque el acople que tiene la maquina es soldado por ello mismo no tiene una medida exacta
- ✓ El primero plegado es brusco para que el disco vaya tomando la forma de la hélice y tenga los primeros surcos en donde se han plegado para luego la toma de medidas, el resultado final es la hélice con marcas por el plegado
- ✓ En la toma de medidas y regulación de la máquina el operario toma la guincha y verifica que el paso de la hélice sea el adecuado y si en caso no lo sea el operario martilla la hélice en los surcos para que se contraiga, para posteriormente comenzar con el plegado y de con la medida exacta, para la regulación final el operario aumenta la distancia que dejará la hoja de la plegadora con su base para que el acople no golpee mucho a la hélice
- ✓ En este plegado más fino, se le da los últimos toques a la hélice para que la textura que posea no sea tan diferencial y desaparezcan parcialmente los surcos del primer plegado, esto también ayuda al momento del emparejamiento en la siguiente operación

Durante el proceso de plegado, un operario se encuentra esperando el lote de hélices, para empezar con la siguiente operación, esto se debe a que, si se realizara la operación de plegado y soldado y emparejamiento de manera paralela, el disco se calentaría y luego se enfriaría y posteriormente se tuviese que calentar para que el metal sea más maleable, por lo que el cambio brusco de temperatura causaría fisuras o agrietamiento en la hélice.

<b>Diagrama hombre - máquina</b>					
Operación: Plegado Máquina: Acople de plegadora Área: Producción			Operario: Ayudante de soldador Fecha: 8/2019		
<b>Tiempo (s)</b>	<b>Uso</b>	<b>Operario</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Uso</b>	<b>Plegadora</b>
30	X	Preparación de máquina			
11,5	X	Colocación de disco			
			12,5	X	Plegado
11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora			
			12,5	X	Plegado
11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora			
			12,5	X	Plegado
11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora			
			12,5	X	Plegado
11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora			
			12,5	X	Plegado
20	X	Medición del paso y diámetros externo e interno de la hélice			
11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora			
			12,5	X	Plegado
11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora			
			12,5	X	Plegado
11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora			
			12,5	X	Plegado
11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora			
			12,5	X	Plegado
			4	X	Hoja de plegadora a su posición inicial
20	X	Medición del paso y diámetros externo e interno de la hélice y rectificación			

Fig. 34 Diagrama hombre máquina para el proceso de plegado

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Tras el análisis del diagrama hombre máquina para el proceso de plegado (Figura 34), nos da la siguiente tabla.

**Tabla 21. Indicadores del diagrama hombre-máquina del proceso de plegado situación actual**

MP	Maquina parada	173,5 s
MM	Maquina en marcha	112,5s
TM	Tiempo de maquina (MM+DP)	116,5s
QT	Cantidad de trabajo (MP+MM)	286s
TC	Tiempo ciclo	286s
CAP	Capacidad de producción	0,003 uni/s
DP	Demora de proceso	4s
DI	Demora inherente	0min
WS	Tiempo estándar o tipo	290s
P	Productividad	0,00345(uni/s-op)
E	Eficiencia	98,6%
U	Utilización	41%

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Al tener tiempos de maquina parada y maquina en marcha de 173,5 y 112,5 segundos fraccionados en 11,5 segundos y 12,5 segundos respectivamente, se da a entender que no se le puede asignar otra tarea en esos intervalos de tiempos debido a que son muy cortos.

El tiempo de ciclo se obtuvo mediante la suma de la maquina parada y maquina en marcha

$$\text{Tiempo de ciclo} = \text{Maquina parada} + \text{maquina en marcha}$$

Obteniendo cantidad de trabajo equivalente a 286 segundos y una demora de proceso de 4 segundos por hélice lo cual en el lote de 42 unidades significa que se demora un total de 2,8 minutos. Asimismo, se obtuvo un tiempo estándar que es el equivalente de:

$$\text{Tiempo estandar (ws)} = MP + MM + DP + Di$$

El tiempo estándar obtenido fue de 290 segundos por disco.

Asimismo, la eficiencia se obtuvo de la siguiente manera:

$$Eficiencia = \frac{Cantidad\ de\ trabajo}{Tiempo\ estandar}$$

De esta manera se determinó que el proceso tiene una eficiencia del 98,6% este es el tiempo equivalente a que el operario utiliza para realizar la operación esto es equivalente a 197,2 minutos. Además, se obtiene un 41% de utilización esto quiere decir que el tiempo que el operario utiliza el recurso 82 minutos. Este valor se obtuvo de la siguiente manera:

$$Utilización = \frac{Tiempo\ de\ maquina}{Tiempo\ Ciclo}$$

#### **b. Proceso de soldadura y emparejamiento**

Para la mejora del tiempo de Soldadura y emparejamiento, se realizó un estudio de tiempo más fino por lo que se recurrió al diagrama hombre máquina, y se calculó la capacidad y de la productividad, dando así los principales indicadores que son:

- ✓ Maquina parada
- ✓ Maquina en marcha
- ✓ Tiempo de maquina
- ✓ Cantidad de trabajo
- ✓ Tiempo ciclo
- ✓ Capacidad de producción
- ✓ Demoras de proceso
- ✓ Tiempo estándar
- ✓ Productividad
- ✓ Eficiencia
- ✓ Utilidad

Siendo los indicadores más importantes los de eficiencia y utilización de máquina.

El proceso de soldadura y emparejamiento es una operación netamente manual que realiza el operario con un equipo de soldadura con electrodo. El proceso se realiza de la siguiente manera.

- ✓ Colocación: El operario pone la hélice de manera correcta en el tubo para que comience apuntalar de tal manera que no estorbe en la siguiente hélice.
- ✓ Apuntalado: Es la unión de la circunferencia interna de la hélice con el tubo, dando así la primera unión que es movable por un momento para acomodar de manera correcta la hélice o en el peor de los casos sacarla nuevamente.
- ✓ Acordonado: El acordonado de la hélice, es una operación de unión en calor que consta en acordonar mediante el equipo de soldadura la circunferencia interna de la hélice al cuerpo del tubo en esta parte solo realiza la mitad del cordón.
- ✓ Emparejamiento: consta en acomodar, cortar y rellenar la unión de las hélices cortadas para que tengan un acabo más fino y suave relativamente.
- ✓ Rellenado de vacíos: Se llena con soldadura la parte de las hélices cortadas y acomodadas para que parezcan de un solo cuerpo.
- ✓ Acordonado: Se suelda la otra mitad de la circunferencia interna de la hélice fijando así las hélices.

Durante el proceso de soldadura y emparejamiento, un operario está en reposo o ayuda alcanzando algunas cosas al operario que está soldando.

<b>Diagrama hombre - máquina</b>					
Operación: Soldadura y emparejamiento Máquina: Soldadora Solandinas 440v - arco eléctrico Área: Producción			Operario: Técnico Soldador Fecha: 8/2019		
<b>Tiempo (s)</b>	<b>Uso</b>	<b>Operario</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Uso</b>	<b>Máquina de soldar</b>
10	X	Preparación de máquina			
20	X	Apuntalado de hélice al eje			
80	X	Acordonado de la mitad diámetro interno del hélice al tubo y desbastado o picado	100	X	Actividad
40	X	Emparejamiento de hélice			
100	X	Rellenado de vacíos y desbastado o picado	100	X	Actividad
40		Enfriamiento de zona soldada			
20	X	Giro de tubo			
80	X	Acordonado de la mitad diámetro interno del hélice al tubo y desbastado o picado	80	X	Actividad
30		Enfriamiento de zona soldada			

Fig. 35 Diagrama de hombre máquina del proceso de Soldadura y emparejamiento

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia



Tras el análisis de la figura 35 nos da la siguiente tabla.

**Tabla 22. Indicadores del diagrama hombre máquina**

MP	Maquina parada	70s
MM	Maquina en marcha	290s
TM	Tiempo de maquina (MM+DP)	360s
QT	Cantidad de trabajo (MP+MM)	360s
TC	Tiempo ciclo	360 s
CAP	Capacidad de producción	0,003uni/s
DP	Demora de proceso	70s
DI	Demora inherente	0s
WS	Tiempo estándar o tipo	430s
P	Productividad	0,00233uni/s-op
E	Eficiencia	83,7%
U	Utilización	100%

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Al tener tiempos de maquina parada y maquina en marcha de 70 y 290 segundos fraccionados en 80 segundos y 100 segundos respectivamente, se da a entender que no se le puede asignar otra tarea en esos intervalos de tiempos en la que la máquina y operario están activos

El tiempo de ciclo se obtuvo mediante la suma de la maquina parada y maquina en marcha

$$\text{Tiempo de ciclo} = \text{Maquina parada} + \text{maquina en marcha}$$

Obteniendo un tiempo ciclo de 360 segundos y una demora de proceso de 70 segundos por hélice lo cual en el lote de 42 unidades significa que se demora un total de 49 minutos. Asimismo, se obtuvo un tiempo estándar que es el equivalente de:

$$\text{Tiempo estandar (ws)} = MP + MM + DP + Di$$

El tiempo estándar obtenido fue de 430 segundos por disco.

Asimismo, la eficiencia se obtuvo de la siguiente manera:

$$Eficiencia = \frac{Cantidad\ de\ trabajo}{Tiempo\ estandar}$$

De esta manera se determinó que el proceso tiene una eficiencia del 83,7% este es el tiempo equivalente a que el operario utiliza para realizar la operación esto es equivalente a 251,27 minutos. Además, se obtiene un 100% de utilización esto quiere decir que el tiempo que el operario utiliza el recurso 300,2 minutos. Este valor se obtuvo de la siguiente manera:

$$Utilización = \frac{Tiempo\ de\ maquina}{Tiempo\ Ciclo}$$

### 3.2.6.9. Transporte de materiales

La materia prima para la fabricación de un transportador de tipo tornillo sinfín, son:

- Planchas de Fierro negro LAC ¼”
- Planchas de Fierro negro LAC 3/8”
- Planchas de Fierro negro LAC ¾”
- Planchas de Fierro negro LAC 1”
- Eje maquinable de ¾”
- Chumaceras
- Pernos de ¼”, ½”, y ¾”
- Rodamiento de 2”
- Entre otros

Siendo de estos la materia prima las planchas, el eje maquinable y las chumaceras, siendo el traslado netamente manual de estos materiales para sus respectivos procesos, cabe resaltar que las planchas son los materiales más pesados y menos manejables a la hora del movimiento o transporte. En la siguiente tabla se muestra las especificaciones de las planchas que se utilizan en el proceso.

**Tabla 23. Especificaciones de plancha de acero negro LAC**

Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor (mm)	Peso Aprox. (kg)
1220	2440	1,5	35,05
1220	2440	2	46,74
1220	2440	3	70,1
1220	2440	4	93,47
1220	2440	5	116,84
1220	2440	6	140,21
1220	2440	8	186,94
1220	2440	9	210,31
1220	2440	10	233,68
1220	2440	12	280,41
1220	2440	19,05	446,26
1220	2440	25,4	597,47

Fuente: IPAC Duferce Group

Como se muestra en la tabla 23, los pesos de las planchas utilizadas son de 140,21 kg; 233,68kg; 446,26kg y 597,47kg; estos transportes de plancha se hacen cargando entre 4 a 5 operarios, y se trasladan por grandes distancias hasta su punto destino, teniendo en cuenta que durante el traslado existe desorden por material en proceso, herramientas, equipos, zona de trabajos, entre otros factores que pueden causar una seria lesión.

Acorde al reglamento N° 29783 de la ley de seguridad y salud en el trabajo, si la carga lo realiza un solo operario desde el piso esta debe ser de máximo 25 kilos en varones y 12,5 kilos en mujeres. Asimismo, estas planchas se cargan entre 4 a 5 operarios, en la siguiente tabla 24 se muestra la carga repartida entre operarios al momento de transporte de planchas.

**Tabla 24. Carga repartida en el transporte de plancha**

Plancha	Medidas (mm)	Peso (kg)	Peso repartido en carga de plancha (kg)	
			4	5
LAC DE 1/4"	1220X2440	140,21	35,1	28,0
LAC DE 3/8"	1220X2441	233,68	58,4	46,7
LAC DE 3/4"	1220X2442	446,26	111,5	89,3
LAC DE 1"	1220X2443	597,47	149,4	119,5

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se observa en la tabla 24, las cargas repartida entre que transportan 4 o 5 operario a sus respectivas áreas rodean en la plancha LAC de 1/4" es de 35 a 28 kg aproximadamente, en la plancha LAC de 3/8" las cargas rodean entre 58 a 46 kg aproximadamente, en la plancha LAC de 3/4" las cargas rodean entre 111 a 89 kg aproximadamente y en la plancha LAC de 1" las cargas rodean entre 149,4 a 119, 5 kg por operarios lo que causas diferentes problemas de salud como hernias, hematomas, lesiones entre otros.

En la tabla 25, se muestra los días de ausencia total de los trabajadores del taller entre los meses de junio a noviembre del 2018.

**Tabla 25. Registro de ausencias durante junio –noviembre 2018**

Operario	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Tornero	2	1	1	1	2	1
Soldador	3	1	2	1	3	4
Ayudante del tornero	0	1	2	0	1	0
Ayudante de soldador 1	0	2	0	1	2	3
Ayudante de soldador 2	1	1	2	1	1	0
Practicante de Senati 1	2	2	0	1	3	3
Practicante de Senati 2	2	2	1	1	2	2

Fuente: Datos de la empresa  
Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 25 el mes de mayor falta es octubre con 14 faltas, debido a fatiga, lesiones o cansancio acumulado producto a la labor de carga de los operarios.

En la tabla 26 se muestra el costo de mano de obra por ausencia por lesiones diversas de los operarios.

**Tabla 26. Costo por ausencia por lesión de trabajadores**

Operario	Nº de ausencias	Mes(S/.)	Día(S/.)	Total (S/.)
Tornero	8	S/1.650,00	S/63,46	S/507,69
Soldador	14	S/1.500,00	S/57,69	S/807,69
Ayudante del tornero	4	S/1.250,00	S/48,08	S/192,31
Ayudante de soldador 1	8	S/1.200,00	S/46,15	S/369,23
Ayudante de soldador 2	6	S/1.000,00	S/38,46	S/230,77
Practicante de Senati 1	11	S/765,00	S/29,42	S/323,65
Practicante de Senati 2	10	S/765,00	S/29,42	S/294,23
<b>Total</b>				<b>S/2.725,58</b>

Fuente: Datos de la empresa  
Elaboración propia

Para la elaboración de la tabla 26 se tomó la sumatoria de las ausencias de los trabajadores luego mediante el anexo 6 pago a operarios, se tomó los salarios de cada trabajador dando que el costo de pérdida más fuerte de la empresa es del soldador debido a que este trabaja en el área de producción donde el trabajo es más fuerte ya que son los encargados de transportar planchas, máquinas de soldar, taques de oxígeno y gas, y diferentes equipos pesados para la producción llegando a pagar al soldador alrededor de S/. 807,69 y un total del taller S/. 2 725.58; la ausencia por parte de los operarios se debe a gran medida al método de transporte que se llevan los materiales que es cargados entre 4 a más operarios, en especial la plancha de acero LAC, a sus diferentes procesos como destino, como se muestra la tabla 17. La distancia que recorre cada material utilizado en el transportador de tipo tornillo sinfín.

Mediante el software online de Ergonautas de la Universitat Politècnica de Valencia, se logró seleccionar los métodos de evaluación ergonómica mediante la identificación y valoración de los tipos de riesgos que se presentan durante el transporte de las planchas de acero LAC. Para la elección del método se procedió a realizarse el siguiente cuestionario.

Factores de riesgo presentes en la tarea a analizar

Marca aquellas de las siguientes afirmaciones que son ciertas respecto a la tarea:

<input checked="" type="checkbox"/>	Se adoptan posturas inadecuadas o mantenidas durante periodos de tiempo prolongados
<input checked="" type="checkbox"/>	Se produce manipulación de carga (transportes, empujes, arrastres...)
<input type="checkbox"/>	Se llevan a cabo movimientos de elevada repetitividad
<input type="checkbox"/>	Hay aplicación de fuerzas o posible inestabilidad del trabajador
<input type="checkbox"/>	El ambiente térmico puede resultar inadecuado
<input type="checkbox"/>	La tarea desarrollada parece penosa y asociada a un consumo de energía elevado

Fig. 36 Factores de riesgos presentes en la tarea a analizar

Fuente: Ergonautas  
Elaboración propia

Como se observa en el cuestionario, primero se eligieron los ítems que se presentan durante la actividad, en el transporte de la plancha ocurren dos factores siendo el primero se adoptan posturas inadecuadas y el segundo se produce manipulación de cargas que en este caso son las planchas.

¿Qué nivel de precisión deseas que tenga la evaluación?

- Se desea realizar un análisis exhaustivo, con detalle y postura a postura
- El análisis a realizar es global y sin detalle. Si existe algún riesgo se analizará posteriormente

Fig. 37 Nivel de precisión

Fuente: Ergonautas

Elaboración propia

Como se observa en la figura 37, el nivel de precisión para el estudio, se optó por un análisis detallado, debido a que se quiere llegar a saber las condiciones de labor que poseen los operarios.

¿Cuántas posturas inadecuadas parece adoptar el trabajador?

- Existe un número limitado de posturas inadecuadas (5 o menos)
- El número de posturas inadecuadas diferentes es elevado (más de 5)

Fig. 38 Cantidad de posturas inadecuadas

Fuente: Ergonautas

Elaboración propia

Como se observa en la figura 38, se pide saber la cantidad de posturas que adopta el operario para el transporte de la plancha, siendo solo 2, la primera cuando se coloca para levantar la plancha y la segunda es cuando se levanta para el transporte.

¿Qué zonas del cuerpo adoptan mala postura?

- La carga postural afecta, fundamentalmente, a las extremidades superiores
- La carga postural afecta al cuerpo entero

Fig. 39 Zonas del cuerpo afectadas

Fuente: Ergonautas

Elaboración propia

Como se observa en la figura 39, piden saber las zonas del cuerpo en las que se adoptan malas posturas, en este caso la carga postural afecta a todo el cuerpo debido a que durante el levantamiento y el transporte de la plancha existen problemas de arqueamiento de espalda, mayor flexión de rodillas, etc.

Tras el análisis del software online, recomienda utilizar el método REBA, debido a que es posible valorar el grado de exposición de los operarios al adoptar posturas incorrectas, asimismo, este método da la oportunidad de valorar las cargas en las extremidades superiores; como es el caso del tipo de agarre que se realiza y su carga, además valora la actividad muscular causada por posturas estáticas, dinámicas causadas por movimientos bruscos o inoportunos.

Con respecto al manejo de cargas de la misma manera se utilizó el software proporcionado por ergonautas.

¿Qué tipo de manipulación de carga se realiza?

Se trata de levantamientos de carga sin transporte

Se trata de levantamientos de carga con transporte

Se trata de arrastres, empujes, levantamientos y transporte de carga

Fig. 40 Tipo de manipulación de cargas

Fuente: Ergonautas

Elaboración propia

Como se observa en la figura 40, se indica cómo se realiza la carga

### 3.2.6.10. Método REBA

#### i. Periodo de Observación.

La toma de actividades para el transporte de las planchas de acero LAC, estas fueron realizadas una por semana durante el mes de diciembre de 2019, teniendo un total de 4 tomas en las cuales se obtuvieron los datos necesarios.

#### ii. Descomposición de la operación.

Tras el análisis de las operaciones realizadas para el levantamiento y transporte de la plancha de acero LAC, se obtuvieron dos posiciones una para levantar la plancha y otra para su transporte hasta el destino.

#### iii. Posturas de los operarios.

Las posturas adoptadas por los operarios para el levantamiento y transporte de plancha de acero LAC, son las que se muestran en las siguientes imágenes (Referenciales).

- Postura inicial (Levantamiento de plancha de acero LAC)

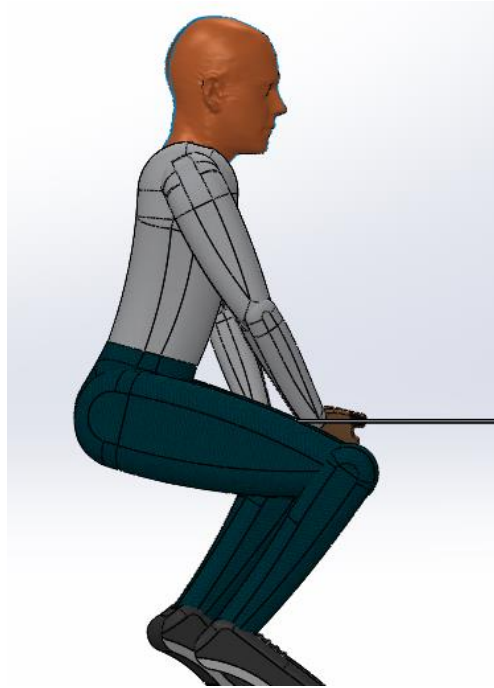


Fig. 41 Postura de levantamiento de plancha

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 41, se muestra la postura que toman los operarios para realizar el levantamiento de la plancha desde el suelo hasta la altura de la ingle para posteriormente realizar el traslado.

De la misma manera en la figura 41, se muestra la posición adoptada por el personal, dando, así como resultado los ángulos del cuello, piernas y tronco que pertenecen al grupo A.

- Postura secundaria (Transporte de plancha de acero LAC)



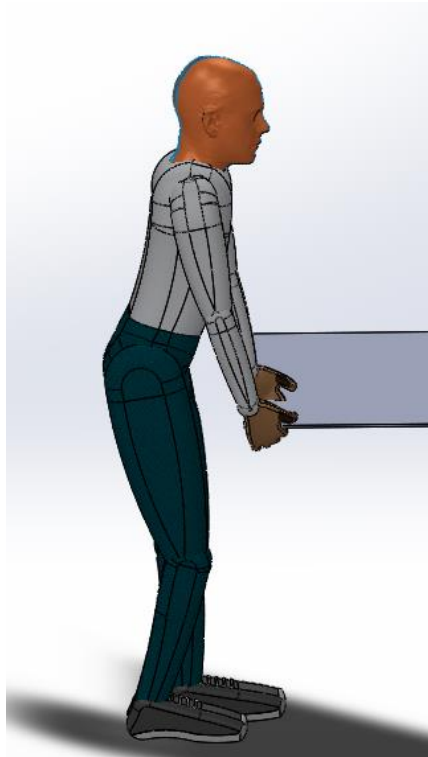


Fig. 42 Postura secundaria en el levantamiento de plancha

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se muestran en la figura 42, se observa la posición adoptada por los operarios para realizar el traslado de la plancha desde la entrada hasta el proceso correspondiente. Asimismo, se obtiene los ángulos del grupo A.

- Agarre de materiales

Para ambas posiciones con respecto al grupo B se mantiene de la misma manera y está conformado por el antebrazo, muñeca y brazo, se toma en cuenta la siguiente figura 43.

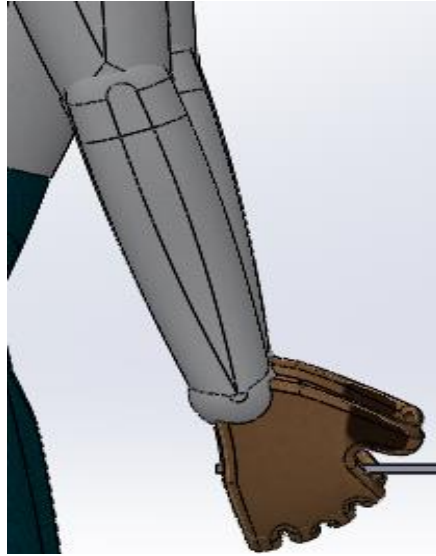


Fig. 43 Postura de la mano en el agarre de plancha

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se muestra en la figura 43, el tipo de agarre que se realiza a la plancha de acero LAC, es uno de tipo relajado, pero con pesos que rodean desde los 28 kg hasta 149 kg aproximadamente.

#### **A. Información Requerida.**

##### **i. Ángulos en las diferentes partes del operario.**

Tanto para la postura inicial y secundaria, se obtuvieron los siguientes resultados.

- Postura secundaria (Transporte de plancha de acero LAC)
  - A partir de la imagen referencial, se puede denotar que el cuello se encuentra en una posición recta, cabe resaltar que en esta actividad no existe ninguna modificación de la postura o giro con respecto al cuello.
  - Asimismo, para las piernas se encuentran en una posición inestable debido a que están en movimiento para tomar una posición recta, además esta se encuentra con una flexión mayor a 60°.

- Para el tronco, durante la actividad física se encuentra con una ligera curvatura de entre 20 a 30 grados, además de que mientras se esté realizando la carga o levantamiento de la plancha no existe ni un tipo de modificación, torsión ni desviación de este.

**Tabla 27. Ángulos del grupo A de la postura Inicial**

<b>Posición Inicial</b>	
<b>Parte</b>	<b>Ángulo</b>
Cuello	0°
Piernas	90°
Tronco	22°

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

- Postura secundaria (Transporte de plancha de acero LAC)  
Los ángulos obtenidos a partir de la figura 42, para el grupo A conformado por cuello, piernas y Tronco:
  - En la actividad de traslado, con referencia a la parte del cuello este se mantiene de manera levantada o recta, además existe una modificación que es la rotación del cuello, con la finalidad de poder observar el entorno y camino mientras se realiza la actividad.
  - Con referencia a las piernas, se encuentra en una posición inestable debido a que es una actividad conjunta que debe realizarse con cuidado para no afectar el equilibrio común, además no existe algún tipo de soporte o flexión por parte de estas.
  - Asimismo, para el tronco, se mantiene un poco curvado entre los 10° a 20° debido al peso de la plancha, además en el transcurso de la actividad no existe algún tipo de torsión o desvío por parte de los operarios, cabe resaltar que esta actividad puede causar lesiones a los operarios sino se realiza de manera calmada.

**Tabla 28. Ángulos del grupo A de la postura Secundaria**

<b>Posición Secundaria</b>	
<b>Parte</b>	<b>Ángulo</b>
Cuello	0°
Piernas	0°
Tronco	15°

Fuente: Datos de la empresa  
Elaboración propia

- Agarre de materiales.

Los ángulos obtenidos a partir de la figura 43, para el grupo B conformado por antebrazo, muñeca y brazo:

- En el agarre de la plancha, para el antebrazo se encuentra de manera recta, con una leve torsión con la finalidad de que se pueda tener un mejor agarre.
- Con respecto a la muñeca, se mantiene de manera recta con un ángulo de 0°
- En referencia a la parte del brazo, se mantiene recto hacia abajo, con una torsión leve, para realizar la carga de la plancha. Cabe resaltar con respecto al agarre es incómodo debido al peso de la plancha y la torsión da mayor comodidad al operario para mantenerla a la altura común de los demás.

**Tabla 29. Ángulos del grupo B en ambas posturas**

<b>Posición grupo B</b>	
<b>Parte</b>	<b>Ángulo</b>
Antebrazo	0°
Muñeca	0°
Brazo	0°

Fuente: Datos de la empresa  
Elaboración propia

### **ii. Cargas en kilogramos de cada operario.**

La carga que lleva cada operario sea en la posición inicial o secundaria, el peso está en función del espesor de plancha y la cantidad de operarios que estén, teniendo un peso por persona como mínimo 28 kg a 149,4 kg.

### iii. Tipo de agarre que se tiene.

El tipo de agarre es de tipo regular, es considerado incomodo debido al peso que se carga y a la textura que tiene la plancha de acero LAC.

### iv. Tipo de actividad

Al tener dos diferentes actividades registradas denominadas Inicial y secundaria, siendo una de manera estacionaria o estática y la otra de manera activa o dinámica.

### b. Desarrollo del método REBA

Para el desarrollo del método REBA, es necesario las tablas proporcionadas por este, de tal manera que se utilizarán para clasificar acorde a criterio propio para dar los valores indicados en las posiciones que se está analizando, asimismo estas tablas son para los grupos A y B, dando como resultado el grado de acción en el que se debe realizar las mejoras.

- Postura Inicial.
  - Puntuación para el grupo A
- Para el desarrollo y toma de valores acorde al criterio se empieza por la tabla que indica las posiciones del cuello. (Ver tabla 30)

**Tabla 30. Puntuación del cuello**

Posición	Puntuación
Flexión entre 0° y 20°	1
Flexión entre > 20° o extensión	2

Fuente: Ergonautas

Como se muestra en la tabla 30, se dan los valores 1 y 2 acorde a la posición en la que se realiza la actividad, además en la siguiente tabla 31, se indica que se agregue el valor de 1 en caso haya una rotación o desviación en el transcurso de la actividad.

**Tabla 31. Modificación de la puntuación del cuello**

Posición	Puntuación
Cabeza rotada o con inclinación lateral	1

Fuente: Ergonautas

Tras el análisis de las tablas 27 y 28 se asignó un valor de 1, debido a que existe una leve flexión y no hay ningún tipo de modificación durante la postura inicial. Para la toma de valores de las piernas se muestra la tabla 32.

**Tabla 32. Puntuación de las piernas**

Posición	Puntuación
Sentado, andando o de pie con soporte bilateral simétrico	1
De pie con soporte unilateral o postura inestable	2

Fuente: Ergonautas

La tabla 32, indica valores de 1 y 2, con las características de si existe un soporte o una postura inestables, asimismo en la siguiente tabla 33, se indica que se debe agregar la cantidad 1 o 2, en caso exista una flexión durante la actividad

**Tabla 33. Modificación de la puntuación de las piernas**

Posición	Puntuación
Flexión de una o ambas o rodillas entre 30° y 60°	1
Flexión de una o ambas o rodillas de más 60°	2

Fuente: Ergonautas

Tras el análisis de las tablas se asignó un valor de 4, debido a que es una postura inestable y no existe algún tipo de soporte durante la actividad, asimismo se agregó el valor de 2 debido a que la flexión de las rodillas es mayor a 60°

- Para la toma de valores de la parte del tronco se muestra en la tabla 34.

**Tabla 34. Puntuación del tronco**

Posición	Puntuación
Tronco Erguido	1
Flexión o extensión entre 0° y 20 °	2
Flexión >20° y < 60°	3
Flexión > 60°	4

Fuente Ergonautas

La tabla 34, da a conocer las diferentes características y sus puntuaciones en las que se debe centrar el criterio para la elección de tal manera en la siguiente tabla 35, indica que se debe agregar la cantidad de 1 si existe un giro brusco o desviación durante la actividad.

**Tabla 35. Modificación de la puntuación del tronco**

Posición	Puntuación
Tronco con inclinación lateral o rotación	1

Fuente: Ergonautas

Tras el análisis de las tablas se asignó un valor de 3, debido a que el tronco del operario está con una curvatura aproximada de 30° además no existe torsión o desviación del tronco en esta actividad.

- El resultado del grupo A, se le asignó al cuello el valor de 1, a las partes de la pierna se le asignó el valor de 4 y al tronco 3. Asimismo, estos valores se identificaron en la siguiente tabla 36.

**Tabla 36. Puntuación del grupo A**

Tronco	Cuello											
	1				2				3			
	Piernas				Piernas				Piernas			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	5	6	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	6	7	9	7	8	9	9

Fuente: Ergonautas

Tras el análisis de la tabla 36, da el valor 6, a este resultado se le sumará los valores según corresponda pertenecientes a la siguiente tabla 37.

**Tabla 37. Incremento de la puntuación del grupo A por carga**

Posición	Puntuación
Carga o fuerza menor a 5kg	0
Carga o fuerza entre 5 y 10 kg	1
Carga o fuerza mayor de 10 kg	2

Fuente: Ergonautas

El valor tomado de la tabla 37, que indica las cargas, el valor tomado es de 2, debido a que el peso de que llevan los operarios rodean los 28 a 149,4 kg. Asimismo, se obtiene un valor de 8.

- Puntuación para el grupo B

- Para el desarrollo y toma de valores acorde al criterio se empieza por la tabla que indica las posiciones del antebrazo (Ver tabla 38).

**Tabla 38. Puntuación del antebrazo**

Posición	Puntuación
Flexión entre 60° y 100°	1
Flexión <60° a >100°	2

Fuente: Ergonautas

Como se muestra en la tabla 38, da a conocer los rangos de los ángulos y sus valores, para la toma de valores. Asimismo, el valor tomado es 1, debido a que el antebrazo posee, un Angulo de 0°

- Para la toma de valores de la parte de la muñeca se muestra en la tabla 39.

**Tabla 39. Puntuación de la muñeca**

Posición	Puntuación
Posición neutral	1
Flexión o Extensión >0° y <15°	1
Flexión o extensión >15°	2

Fuente: Ergonautas

La tabla 39, da a conocer las diferentes características y sus puntuaciones de 1 a 2 en las que se debe centrar el criterio para la elección del valor, asimismo, en la siguiente tabla 40, indica que se debe agregar la cantidad de 1 si existe una torsión o desviación radial o cubital durante la actividad.

**Tabla 40. Modificación de la puntuación de la muñeca**

Posición	Puntuación
Torsión o Desviación radial o cubital	1

Fuente: Ergonautas

El valor tomado es de 2, debido a que en la muñeca está de manera recta y en un ángulo de 0, además se le agrega un valor de 1 debido a que existe una torsión para poder realizar el agarre del material.



- Para la toma de valores de la parte del brazo se muestra la tabla 41

**Tabla 41. Puntuación del brazo**

Posición	Puntuación
Desde 20° de extensión a 20° de flexión	1
Extensión >20° o flexión >20° y <45°	2
Flexión >45° y 90°	3
Flexión >90°	4

Fuente: Ergonautas

Como se muestra en la tabla 41, da a conocer las características entre ellas los grados de flexión y extensión que deben de tener los brazos, además indica sus respectivos valores. Asimismo, en la siguiente tabla 42, se muestra dos posiciones en la que en una se le sumará una unidad si es necesario o se presenta esta característica y otra si se resta una unidad al valor asignado.

**Tabla 42. Modificación a la puntuación del brazo**

Posición	Puntuación
Brazo abducido, rotado u hombro elevado	1
Existe un punto de apoyo o postura a favor de la gravedad	-1

Fuente: Ergonautas

Tras el análisis realizado a la postura inicial se le asignó el valor de 1, debido a que el brazo se encuentra recto, además no existe algún tipo de modificación a lo largo de la actividad.

- El resultado del grupo B, se le asignó al antebrazo el valor de 1, a la parte de la muñeca se le asignó el valor de 2 y al brazo 1. Asimismo, estos valores se identificaron en la siguiente tabla 43.

**Tabla 43. Puntuación del grupo B**

Brazo	Antebrazo					
	1			2		
	Muñeca			Muñeca		
	1	2	3	1	2	3
<b>1</b>	1	2	2	1	2	3
<b>2</b>	1	2	3	2	3	4
<b>3</b>	3	4	5	4	5	5
<b>4</b>	4	5	5	5	6	7
<b>5</b>	6	7	8	7	8	8
<b>6</b>	7	8	8	8	9	9

Fuente: Ergonautas

Tras el análisis de la tabla 43, da el valor 2, a este resultado se le sumará los valores según corresponda pertenecientes a la siguiente tabla 44.

**Tabla 44. Incremento del grupo B por el tipo de agarre**

Calidad de agarre	Descripción	Puntuación
<b>Bueno</b>	El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio	0
<b>Regular</b>	El agarre es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo	1
<b>Malo</b>	El agarre es posible pero no aceptable	2
<b>Inaceptable</b>	El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo	3

Fuente: Ergonautas

Al valor asignado de 2, se le sumó 2 unidades dando un total de 4, esto se debe a que el agarre es de manera regular por lo que es posible, pero no aceptable por el peso, la textura de la plancha de acero LAC y la indumentaria de los operarios.

Al tener los valores del grupo A y B, se procedió a consultar la tabla 45, para obtener el valor de C

**Tabla 45. Puntuación de C para la primera postura**

Tabla del grupo C												
Puntuación A	Puntuación B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Fuente: Ergonautas

El valor resultante se obtuvo a partir de la puntuación del grupo A y del grupo B, siendo estos 8 y 4 respectivamente, dando un valor de 9 para “C”. Asimismo, a este valor se le sumará los valores de la siguiente tabla 46.

**Tabla 46. Modificación del valor de C para la primera postura**

Tipo de actividad muscular	Puntuación
Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas	1
Se producen movimientos repetitivos	1
se producen cambios de posturas importantes	1

Fuente: Ergonautas

Al ser una actividad de levantamiento de objetos pesados en primera instancia y al cambio de posición para optar la postura secundaria y al mantener los brazos estáticos, se procedió a sumar dos unidades dando un valor total de 11.

- El valor de C, se procede a buscar entre los rangos dados de la siguiente tabla 47, que indica el grado de actuación que se debe realizar.

**Tabla 47. Nivel de actuación para la primera postura**

Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2 o 3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación
4 a 7	2	Medio	Es necesaria la actuación
8 a 10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes
11 a 15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato

Fuente: Ergonautas

Como se indica en la tabla 47, el valor de C se está ubicado en un nivel de 4, es decir un riesgo muy alto, y con un grado de actuación “De inmediato”.

- Postura Secundaria
  - Puntuación para el Grupo A
  - Se aplicó el método REBA de la misma manera en la que se realizó para la postura inicial, de esta manera se logró diagnosticar la postura secundaria que es la que adoptan los operarios transportan las planchas de acero LAC. Asimismo, el transporte de planchas al ser una actividad realizada por varios operarios causa que algunos seden por el peso y duración del tiempo de la actividad haciendo que se aumente la carga de manera fortuita e inesperada

Para la puntuación del cuello se utilizó la se asignó el valor de 1 debido a que el cuello está con una curvatura leve por el peso, además se le sumó otra unidad debido a que en el transporte la plancha, el cuello de los operarios están girados 90° para poder observar el camino (Ver tabla 29), De tal manera que la puntuación total del cuello es de 2.

Para la puntuación de las piernas se utilizó la tabla 28 (Ver página 107), se le asignó la puntuación de 2 debido a que no hay un soporte en el que los operarios puedan descansar por un momento, además es una posición inestable ya que al ser una actividad conjunta no hay un equilibrio durante el transporte.

En este caso no se le asignó otra puntuación ya que no existe una flexión y las piernas están casi rectas. De tal manera que la puntuación total de las piernas es de 2.

Para la puntuación del tronco se utilizó los datos de la tabla 34, se le asignó el valor de 2 ya que el peso de la plancha hace que se encorve entre 10° a 12° el cuerpo de los operarios. Asimismo, al no existir una torsión o desviación del tórax, así que no se utilizó la tabla 35.

Tras el análisis del grupo A, para la postura secundaria se obtuvo como resultado, la puntuación para el cuello 2, piernas 2 y tronco 2. Se procedió a consultar en la tabla 36.

**Tabla 48. Puntuación del grupo A para la segunda postura**

Tronco	Cuello											
	1				2				3			
	Piernas				Piernas				Piernas			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	5	6	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	6	7	9	7	8	9	9

Fuente: Ergonautas

Tras la búsqueda acorde a los resultados obtenidos en los componentes del grupo A, nos da como resultado el valor de 4, en la tabla 36. Y se procedió a sumar el valor de 2 por la carga que lleva los operarios, acorde a la tabla 35 (Ver página 110).

- Puntuación del Grupo B
- Con respecto a la posición de los componentes del grupo B, conformado por el antebrazo, muñeca y brazo, es similar al agarre y

ángulos de la postura inicial, de tal manera que el resultado es igual al previo análisis realizado del grupo B.

Los resultados obtenidos del grupo B de la postura secundaria son para la puntuación de los antebrazos es de 1, para las muñecas es 2 y para el brazo es de 1. Se procedió a consultar en la tabla 43.

**Tabla 49. Puntuación del grupo B para la segunda postura**

Brazo	Antebrazo					
	1			2		
	Muñeca			Muñeca		
	1	2	3	1	2	3
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	3	2	3	4
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

Fuente: Ergonautas

Tras consultar los valores obtenidos del grupo B, da como resultado el valor de 2 unidades como se indica en la tabla 43. Asimismo, se le agregó 2 unidades obteniendo el nuevo valor de B siendo este 4, debido a que el agarre es posible pero no aceptable por el peso que lleva los operarios.

Mediante los valores obtenidos tanto del grupo A como de B, se procedió a obtener el valor de C, como se muestra en la tabla 45.

**Tabla 50. Puntuación de C para la segunda postura**

Puntuación A	Tabla del grupo C											
	Puntuación B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Fuente: Ergonautas

Tras ubicar la puntuación del grupo A y B, se logró obtener la puntuación de C equivalente a 9, además se agregó 2 unidades debido a que la tabla 46, debido a que los brazos se mantienen en una posición recta durante el transporte y se logran producir cambios de postura en el caso de que en el transcurso del transporte de la plancha un operario se cae o tropieza dejando que el peso que llevan los demás aumente de manera fortuita.

Una vez obtenidos el valor total de C, equivalente a 11 unidades, este valor indica en la tabla 51, el nivel de actuación que se debe realizar para evitar lesiones o daños a los involucrados en la actividad.

**Tabla 51. Nivel de actuación para la segunda postura**

<b>Puntuación</b>	<b>Nivel</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Actuación</b>
<b>1</b>	<b>0</b>	Inapreciable	No es necesaria actuación
<b>2 o 3</b>	<b>1</b>	Bajo	Puede ser necesaria la actuación
<b>4 a 7</b>	<b>2</b>	Medio	Es necesaria la actuación
<b>8 a 10</b>	<b>3</b>	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes
<b>11 a 15</b>	<b>4</b>	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato

Fuente: Ergonautas

Como se indica en la tabla 51, el valor de C se está ubicado en un nivel de 4, es decir un riesgo muy alto, y con un grado de actuación “De inmediato”.

### **3.2.7. Cuadro Resumen de Indicadores actuales del proceso**

Tras diagnosticar a la empresa metalmeccánica, se resumen en la siguiente tabla donde muestra su estado actual

**Tabla 52. Resumen de los indicadores de proceso**

Indicadores	Antes de la propuesta
Nivel de servicio	46%
Tiempo de ciclo	300,2 min/unid
Tiempo de soldadura y emparejamiento	300,2 min/unid
Tiempo de plegado	203,3 min/unid
Producción mensual	2 unid/mes
Producción anual (10 meses)	20 unid/año
Productividad de mano de obra	0,57 unid/mes - op
Capacidad de planta	40 unid/mes
Capacidad efectiva mensual	4 unid/mes
Capacidad real	2 unid/mes
Nº de transportes	19
Metros desplazados	231m/ unid
Actividades productivas	81,05%
Actividades improductivas	18,95%
Tiempo total del proceso	2470,4 min

Fuente: Datos de la empresa  
Elaboración propia



### 3.3. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y CAUSAS

#### i. Instrumento de Orientación de Enfoque de Investigación

Tabla 53. Matriz de consistencia

Problema	Causa	Metodología	Técnica	Logros	Indicadores
Bajo nivel de servicio	Elevado tiempos en el proceso de soldadura y emparejamiento	Estudio de métodos de trabajo	Cambio de proceso	Cambio de orden de proceso	-Nivel de servicio: 46%
			Diseño mecánico	Rediseño de máquina	-Tiempo de valor agregado: 81,05%
	Inadecuada Distribución de Planta		Diagrama hombre máquina	Reducción de tiempos	-Tiempo de no valor agregado: 18,95%
			Distribución de áreas de trabajo (Guerchet)	-Correcta distribución de planta	-Producción real: 2 unidades/mes
	Tiempos improductivos		Just in time	-Reducción de stock y tiempos de proceso	-Tiempo de ciclo: 300,2 minutos/unidad
	Elevado tiempos en el proceso de plegado	Manufactura esbelta			-Tiempo de entrega real: 10 días/mes
	Falta de equipos de transporte de materiales pesados		Rediseño mecánico	Reducción de tiempos	-Tiempo de inactividad en el proceso de plegado: 14min/lote
					-Tiempo de inactividad en el proceso de soldadura y emparejamiento: 63 minutos/lote
					-Tiempos de transporte 218 min

Fuente: Elaboración propia

## ii. Problemas, causas y propuestas de solución en el sistema de producción

Tras aplicar el diagnóstico de la empresa y el proceso productivo del Transportador de Tipo Tornillo Sinfín, realizado en base a la medición y estudio del trabajo, se logró identificar las principales carencias del proceso, asimismo sus causas.

**Tabla 54. Identificación de restricciones, causas y propuestas de solución**

<b>Restricciones de la producción</b>	<b>Causas posibles</b>	<b>Propuesta general de solución</b>
Transporte innecesarios en el proceso	Inadecuada distribución de plan o línea de producción	-Realizar una propuesta de redistribución de planta  -Realizar o aplicar diagrama de mapeo de flujo de valor el proceso
Tiempos elevados en el proceso de plegado	-Un solo acople para plegar	-Realizando un diseño de nuevo acople para la plegadora
Tiempo elevado en el proceso de soldadura y emparejamiento	- Se realiza en una sola sección haciendo que se retrase el proceso	- Proponer un cambio de orden en el proceso de producción al momento de realizar la operación
Falta de equipos de transporte de materiales pesados	Transporte manual de materia prima	Proponer un diseño de transporte de materiales pesados

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.Determinación de métodos y herramientas de mejora

Para determinar la importancia y orden de las propuestas de mejora, para lo cual se recurre a una matriz de enfrentamiento tomando en cuenta las distintas opciones vistas y la aplicación de criterios. Los factores tomados son:

Elevado tiempo de plegado, elevado tiempo de rolado, elevado tiempo de soldadura y emparejamiento, falta de equipos para transporte materiales, elevado tiempo de no valor agregado.

Con estos factores se obtendrá mediante la matriz de enfrentamiento una calificación ponderada por cada uno de estos factores. Los valores asignados serán 0 cuando la relación entre factores es nula y 1 cuando existe relación entre los factores en la matriz.

**Tabla 55. Matriz de valoración de factores**

<b>FACTORES PRIORITARIOS</b>	<b>Elevado tiempo de plegado</b>	<b>Elevado tiempo de rolado</b>	<b>Elevado tiempo de soldadura y emparejamiento</b>	<b>Falta de equipo para transporte de materiales</b>	<b>Inadecuada distribución de planta</b>	<b>Conteo</b>	<b>%</b>
<b>Elevado tiempo de plegado</b>		0	1	1	1	3	20%
<b>Elevado tiempo de rolado</b>	0		0	1	1	2	13,3%
<b>Elevado tiempo de soldadura y emparejamiento</b>	1	0		1	1	3	20%
<b>Falta de equipo para transporte de materiales</b>	1	1	0		1	3	20%
<b>Inadecuada distribución de planta</b>	1	1	1	1		4	26,7%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 55, se muestra que la calificación más alta obtenida en la matriz de enfrentamiento es de inadecuada distribución de planta con un 26,7%, seguido por elevado tiempo de legado y de la etapa de soldadura y emparejamiento y la del equipo para transportar materiales es de 20% y al final es el elevado tiempo de rolado con un 13,3%

En la tabla 56, se muestra la escala que se da para cada propuesta con los factores seleccionados, para posteriormente realizar la sumatoria total.

**Tabla 56. Valores de clasificación**

<b>Asignación de la calificación</b>	
<b>Valoración</b>	<b>Escala</b>
Excelente	5
bueno	4
regular	3
malo	2
deficiente	1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 56, se observa en base a la calificación obtenida en los porcentajes asignados para los métodos para la solución de los problemas. Esta tabla muestra la importancia de los factores con los métodos y herramientas para la obtención de la solución de los problemas.

**Tabla 57. Calificación acorde a la asignación de valores**

<b>FACTORES PRIORITARIOS</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Rediseño de máquina para realizar la operación</b>	<b>Modificación de orden de procesos productivo para la fabricación del transportador de tipo tornillo sinfín</b>	<b>Stock de seguridad</b>	<b>Diseño de equipo para traslado de planchas</b>	<b>Distribución de planta</b>
Elevado tiempo de plegado	20%	10	8	2	8	6
Elevado tiempo de rolado	13,3%	4	0	10	6	40
Elevado tiempo de soldadura y emparejamiento	20%	8	10	6	6	4
Falta de equipo para transporte de materiales	20%	4	4	0	10	8
Elevado tiempos de no valor agregado	26,7%	8	10	8	6	8
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>34</b>	<b>32</b>	<b>26</b>	<b>36</b>	<b>30</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 57, se muestra la importancia de los factores con los métodos para solucionar los problemas, luego se procede a realizar la suma de los valores asignados a cada propuesta. Siendo los métodos de mayor puntuación el diseño de equipo para el traslado de planchas con 36 puntos, posteriormente le siguen el rediseño de máquina, modificación de orden proceso productivo, distribución de plan y stock de seguridad con 34, 32, 30 y 26 puntos respectivamente.

### **Justificación**

El orden tomado de las propuestas de mejora será:

1. Diseño de equipo de traslado de materiales
2. Diseño de máquina para realizar la operación
3. Modificación de orden de procesos productivo para la fabricación del transportador de tipo tornillo sinfín
4. Distribución de planta mediante células de manufactura
5. Stock de seguridad

### **iii. Análisis y evaluación de la información del proceso.**

#### **a. Falta de equipos de transporte de materiales pesados**

Al momento de transportar planchas de fierro o acero negro LAC de 1200 mm por 2400mm de los distintos espesores que son de  $\frac{1}{4}$ " ,  $\frac{3}{8}$ " ,  $\frac{3}{4}$ " y 1" cuyos pesos aproximados son 140,21 kg, 210kg, 446kg, 26kg y 597 kg (Ver tabla N° 18), respectivamente entre 4, 5 o 6 operarios en el mejor de los casos, cabe resaltar que los transportes de estos materiales son realizados por los operarios internos y externos (Perteneientes al consorcio) por el área de producción o por el área de torneado según sea la necesidad, asimismo al transporte de estos materiales se debe tener cuidado y coordinación entre el grupo que carga para no causar lesiones a otros trabajadores, a ellos mismos o dañar algún equipo, instrumento, maquina o material en proceso que esté ubicado. Además, acorde al reglamento de seguridad 29783, indica que los varones deben levantar una carga desde el suelo no mayor a 25 kg y las mujeres una carga no mayor de 12,5 kg, al ver la tabla N°19, se ve que en ninguno de los casos se cumple con el reglamento, de tal manera que esto causa fatiga acumulada con mucha facilidad, lesiones por peso excesivo, sobrecarga al operario, lesiones en extremidades entre otras.

### **b. Demora en el proceso de plegado**

El proceso de plegado tiene la finalidad de formar (abrir hasta tener una medida denominado paso) la hélice a partir de un disco con corte radial para el Tornillo del transportador de tipo tornillo sinfín, esta operación se realiza mediante un acople instalado en la plegadora mecánica, esta operación tiene una dificultad mínima para cualquiera de los operarios que laboran en el taller, se realizó un diagrama hombre maquina (figura 34), donde se obtiene como resultado que la operación demora de proceso de 24 minutos. Asimismo, se tiene un tiempo de máquina para de 153,5 minutos fraccionados en tiempos de 3,6 minutos en los que el operario está sosteniendo el disco por lo que no se le puede dar otra actividad, además el proceso posee una utilización de máquina del 51% esto quiere decir que solo este porcentaje es aprovechado del tiempo del proceso se utiliza, pero se tiene una eficiencia del 91,7% del proceso esto quiere decir que el tiempo utilizado por el operario es óptimo pero durante este proceso solo puede aprovechar un 51% de la máquina.

### **c. Actividades improductivas en el cuello de botella proceso de soldadura y emparejamiento**

Una de las principales causas de un bajo nivel de servicio para la empresa son las actividades improductivas, procesos claves y dentro de estos se toma el cuello de botella del proceso de fabricación que es la operación de soldado y emparejamiento, que está conformado por dos tipos de partes: el tubo o eje principal y hélices, este proceso consta en unir mediante soldadura las 42 hélices del lote al eje dando al Tornillo del transportador. Durante este proceso se tiene una demora de 90 minutos a lo largo de la etapa, además se tiene un tiempo de máquina en parada de 340 minutos, esto se debe a varios factores como cansancio, la elevada temperatura producida al soldar, emisiones de gases tóxicos proveniente del proceso, además de que en el emparejamiento el operario tiene que dejar las pinzas y acomodar la hélice al paso en el eje, además se tiene una utilización de máquina del 60% esto quiere decir que solo este porcentaje es aprovechado del tiempo del proceso se utiliza, pero se tiene una eficiencia del 87,5% del proceso esto quiere decir que el tiempo utilizado por el operario es óptimo pero durante este proceso solo puede aprovechar un 60% de la máquina.

#### **d. Inadecuada distribución de planta**

La causa principal de los diferentes tipos de interrupción del proceso productivo es la inadecuada distribución de áreas, máquinas y herramientas, debido a que los materiales se encuentran ubicados de manera que no permitan un flujo de producción continuo o simplemente no están al alcance al momento indicado, que a su vez causa demoras en el proceso, aumento de tiempo en procesos claves. Asimismo, mediante el DAP, se halló que el tiempo que no da valor agregado es de 468 minutos que equivale al 18,95% del tiempo total del proceso.

El área total del taller es de 729 m<sup>2</sup>, que se encuentran divididos en dos, siendo uno el área de producción y el otro el área de torneado teniendo que cada área tiene un espacio de 365 m<sup>2</sup> aproximadamente, asimismo se denota que en el diagrama de recorrido (Figura 27) y la tabla 17 que hay un total de 231 m durante el proceso de producción, cabe resaltar que algunos transportes demoran debido a que los materiales que se transportar son pesados ya que se trabajan con planchas y ejes como materiales principales.

En resumen, la principal causa nace en que no hay una correcta distribución de planta, una secuencia de actividades propiamente desarrollada.



#### iv. Cuadro de problemas, causas y pérdidas

En la tabla 58 se muestra los principales problemas, con sus respectivas causas y las principales pérdidas económicas.

**Tabla 58. Pérdidas económicas**

Problema	Causas	Unidad de medida	Costo unit	Perdías económicas
Bajo nivel de servicio	Pérdida de tiempo por transportes innecesarios por inadecuada distribución de planta	218 min	S/7,46	S/ 1.625,83
	Pérdida de tiempo por stock en proceso	12,71 días	S/312,69	S/ 3.974,32
	Elevados tiempos en el proceso de plegado y Soldadura y emparejamiento	503,5 min	S/0,69	S/ 328,00
	Unidades no entregadas	3 unidades	S/3.500,00	S/ 10.500,00
Total				S/ 16.428,15

Fuente: Datos de la empresa  
Elaboración propia

Para esta tabla se tomó los tiempos de transportes y actividades improductivas que están en la tabla 9, pérdida de tiempos por stock en proceso de la tabla 20, los tiempos de proceso se tomaron del DAP y las unidades no entregadas, las pérdidas económicas de las tres primeras causas se han sacado con el costo de mano de obra que está en el Anexo 6. Pago de operarios. Y para el ultimo que son las divisas no percibidas por la entrega a destiempo dando una pérdida total de S/. 16 428,15.

### **3.5. Desarrollo de propuestas de mejora.**

#### **3.5.1. Diseño del equipo para el traslado de materiales**

Para el desarrollo del diseño del equipo de traslado de materiales primero se eligió el material que se utilizarán para su producción, posterior se planificó las maquina sé que se utilizaron durante el proceso, posteriormente se realizó el diagrama de operaciones de procesos, se estableció las cargas que se transportaran y finalmente se realizó un análisis estático con la finalidad de saber la tensión, desplazamiento, deformación unitaria y factor de seguridad que tendrá el diseño.

##### **3.5.1.1. Equipo transportado de materiales.**

Para el desarrollo de este transportador de planchas se tomó como material el fierro negro tipo LAC, debido a que es el fierro de mayor trabajo en la región y usualmente se utiliza para la fabricación de máquinas que soportan grandes cantidades de peso. El transportador se conforma de:

- Viga tipo C de 2"
- Viga tipo H de 2"
- Soporte de rueda
- Rueda de 2"
- Tubo de acero negro de cuadrado de 1" x 1" x 2 mm de espesor
- Tubo de acero negro de ½"
- Perno de 5/8"
- Electrodo punta azul
- Electrodo supercito
- Disco de desbaste y corte

##### **3.5.1.2. Máquinas para el diseño**

- Roladora
- Tronzadora
- Soladora
- Amoladora
- Taladro

- Ángulo
- Nivel

- **Descripción del proceso**

- El desarrollo del carro transportador inicia con el tronzado de la viga tipo “C”, “I” y tubo cuadrado de 1” x 1” x 2mm de espesor, para posteriormente taladrar, soldar y armar el marco de la base.
- El soporte de la plancha se realiza mediante el corte de tubo de 1” x 1” x 2mm, para posteriormente ser armado y soldado logrando su forma de “A”, posteriormente se pasa a soldar con el marco de la base.
- Los barandales, está conformado por tubo ½”, el proceso inicia con el corte del tubo mediante la tronadora y el rolado en los extremos de este.
- Luego en la operación 11, inicia el ensamblado y soldadura final para tener la estructura completa y en la operación 12, se realizan los acabados siendo estos los cortes de piezas innecesarias, limaduras de partes sobresalientes, rebaba y finaliza con un pintado de la estructura.

3.5.1.3. Diagrama de operaciones de procesos

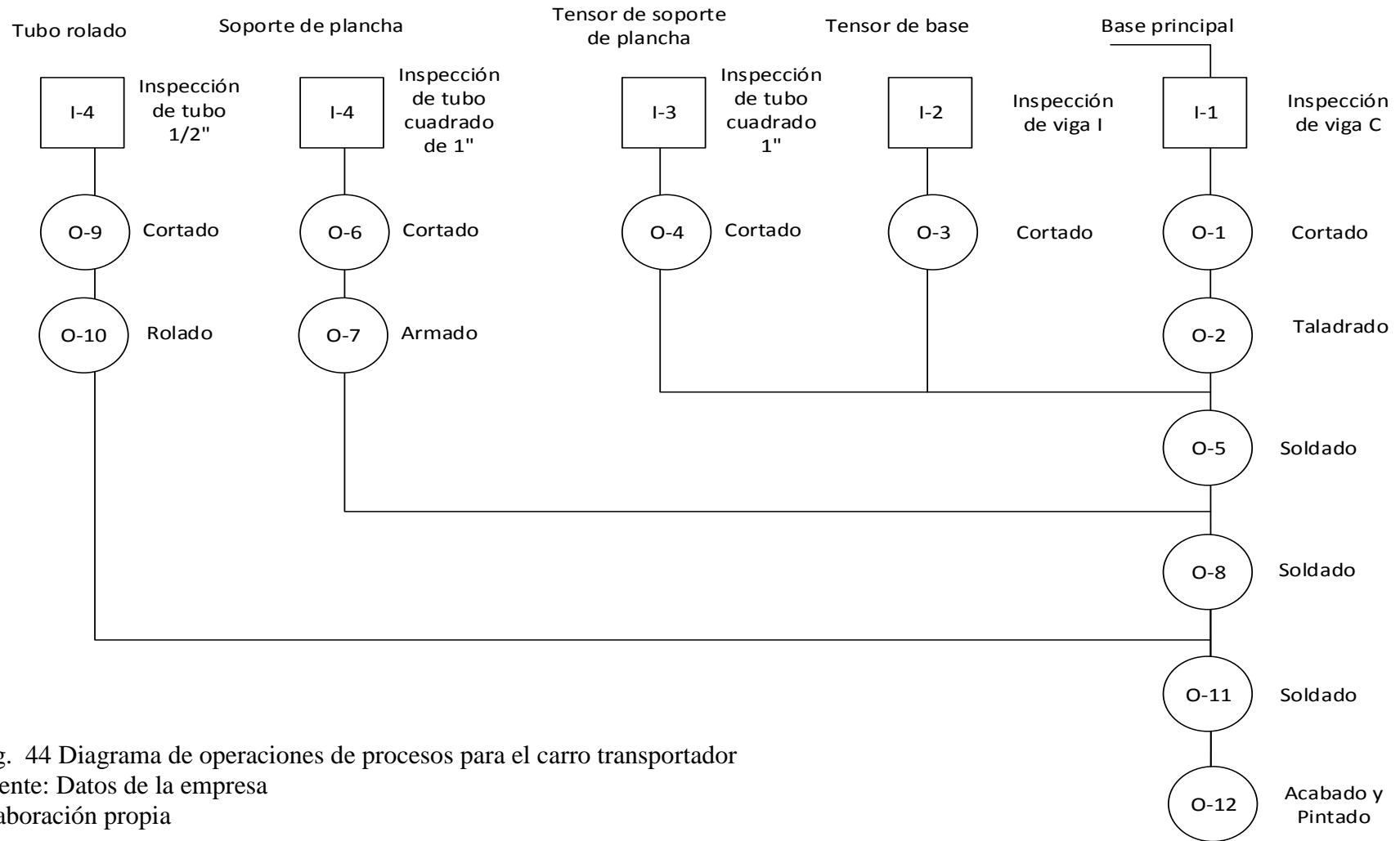


Fig. 44 Diagrama de operaciones de procesos para el carro transportador

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

#### 3.5.1.4. Análisis Estático.

Para realizar este análisis, primero se asignó el material a utilizar que es el “ESTRUCTURAL ASTM A36”, debido a que es un acero utilizado en instalaciones industriales, moldeados, laminados, plegado. Asimismo, en la tabla 59, se muestra sus características principales.

**Tabla 59. Propiedades del Acero ASTM A36**

Propiedades	Valor	Unidades
Módulo elástico	2,00E+11	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0,26	N/D
Módulo cortante	7,93E+10	N/m <sup>2</sup>
Densidad de masa	7850	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	4,00E+08	N/m <sup>2</sup>
Límite de elástico	250000000	N/m <sup>2</sup>

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Posteriormente se halló los pesos de los materiales implicados en la producción del transportador de tipo tornillo sinfín, para ello se recurrió a la tabla 23, en la que se muestran los pesos de cada una de planchas que se utilizan en la producción, asimismo en el anexo 7, se muestra la cantidad de los materiales que se utilizan para la producción de un transportador de tipo tornillo sinfín.

- 4 planchas de acero LAC de 1/4”
- 2 planchas de acero LAC de 3/8”

La carga de las planchas de acero LAC de 1/4” y 3/8” son de 560 kg y 466 kg respectivamente, dando una carga total de 1026 kg. Además, se calculó el peso del transportador de planchas que es equivalente a 94,45 kg.

#### 3.5.1.5. Resultados.

Para la obtención de resultados, se procedió a analizar por partes al carro transportador de planchas, siendo estas el soporte de plancha “A”, la base principal, y el soporte de las ruedas.

### A. Soporte de plancha “A”

La simulación se realizó mediante el programa Solidworks, para ello se requirió el tipo de material de la estructura que es el acero ASTM A36, la masa de la estructura que es de 27,366 kg y el peso equivalente en 268,46N.

Asimismo, se asignó los puntos o zonas de sujeción y la zona de carga externa. (Ver figura 45)

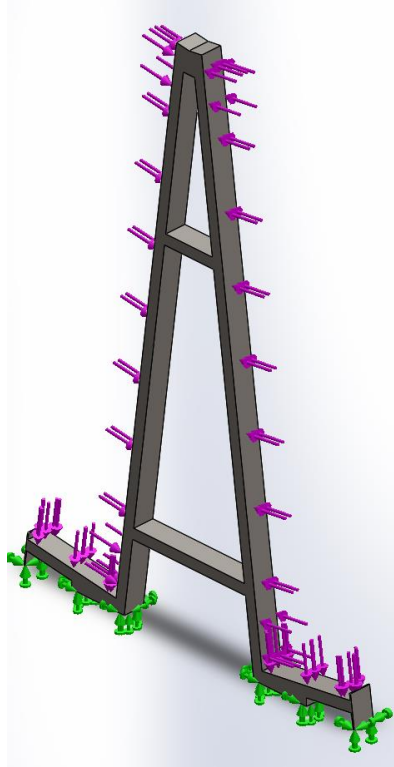


Fig. 45 Carga y sujeción del soporte de plancha “A”

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se muestra en la figura 45, las flechas de color verde indican las zonas de sujeción o zona fija de la estructura, asimismo, las flechas de color fucsia indican las zonas de carga o fuerza externa.

Para el análisis estático realizado, fue necesario indicar la carga o fuerza aplicada, para ello se utilizó el peso de las planchas y el peso de la estructura.

- **Carga a transportar:** 1026 kg
- **Carga de la estructura:** 27,36 kg

La carga total para la zona de sujeción o fija se aplicó:

$$\text{Suma de las cargas} = 1026 \text{ Kg} + 27,36 \text{ Kg}$$

$$\text{Total} = 1053,36 \text{ Kg}$$

Posteriormente, se halló la fuerza que se aplicará en las zonas seleccionadas.

$$\text{Fuerza} = \text{Carga} \times \text{Gravedad}$$

$$\text{Fuerza} = 1053,36 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Fuerza} = 10333,52 \text{ N}$$

Además, se le agregó una holgura del 30% en la fuerza aplicada.

$$\text{Fuerza asignada} = 10333,52 \text{ N} + 30\% \text{ de la Fuerza}$$

$$\text{Fuerza asignada} = 13433,58 \text{ N}$$

La fuerza asignada, es con la que se aplicara en la simulación del análisis estático para obtener los resultados de tensión, desplazamiento, desplazamiento unitario y Factor de seguridad.

**a) Tensión**

Como se observa en la figura 46.

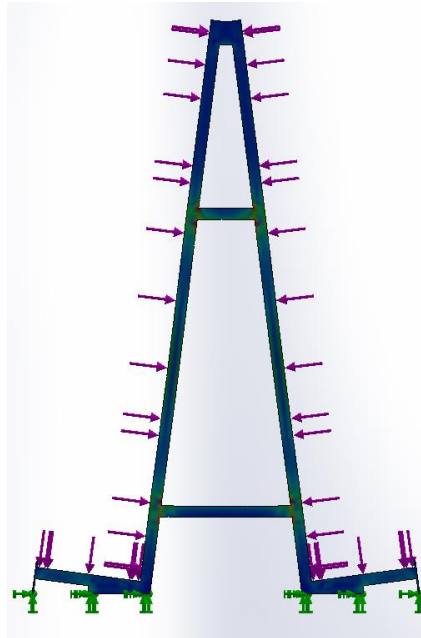


Fig. 46 Tensión en el soporte de plancha "A"

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 46, se muestra las secciones del soporte de plancha que están más tensionadas por las cargas de las planchas.

La tensión máxima obtenida en el soporte de plancha "A" se muestra en la siguiente figura 47.

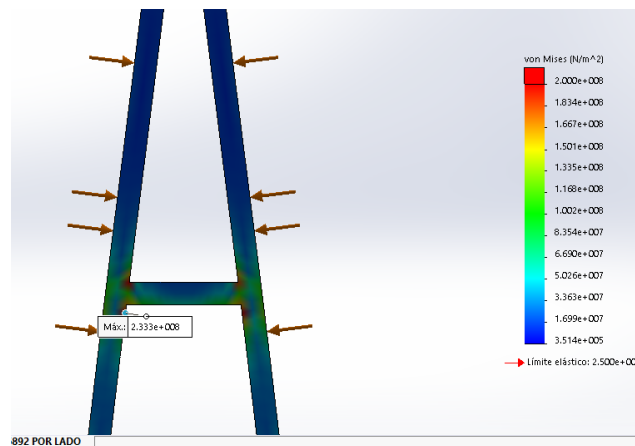


Fig. 47 Tensión en el soporte de plancha "A" - superior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 47, la tensión máxima recae en la unión del tensor superior de la estructura, identificada de color rojo. La tensión que sufre esta sección es de  $2,33 \times 10^{-8} \text{N/m}^2$ , lo que es equivalente a  $23 \text{ kg/mm}^2$ .



La tensión mínima obtenida en el soporte de plancha “A”, se muestra en la siguiente figura 48.

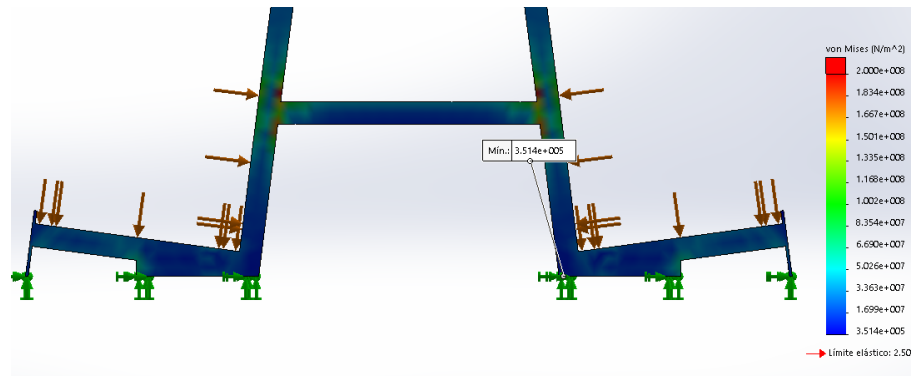


Fig. 48 Tensión en el soporte de plancha “A” inferior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 48, la tensión mínima recae en la sujeción de la estructura, identificada de color azul. La tensión que sufre esta sección es de  $3,514 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ , lo que es equivalente a  $0,3514 \text{ kg/mm}^2$ .

## b) Desplazamiento

Como se muestra en la figura 49.

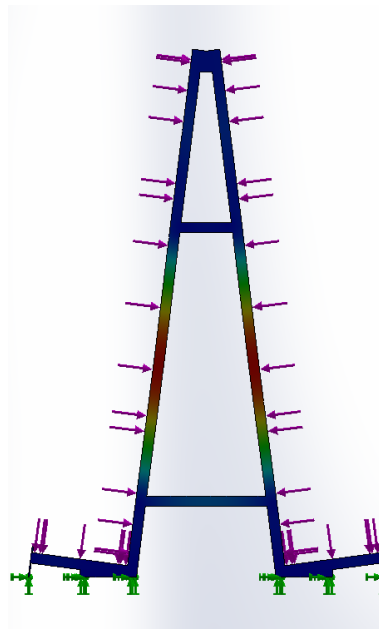


Fig. 49 Zonas de desplazamiento en el soporte de plancha “A”

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 49, se muestra las secciones de la estructura que más se desplaza por la carga de las planchas.

El desplazamiento máximo obtenido tras el análisis, en la estructura se muestra en la siguiente figura 50.

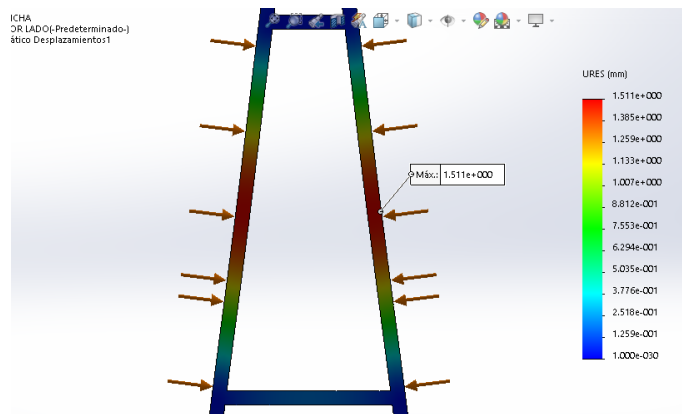


Fig. 50 Zona de desplazamiento en el soporte de plancha “A” máxima

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se muestra en la figura 50, el desplazamiento máximo recae en la zona media del soporte de plancha “A”, identificada de color rojo. El desplazamiento que posee esta sección es equivalente a 1,511 mm.

De manera contraria el desplazamiento mínimo obtenido tras el análisis, en el soporte de plancha “A” se muestra en la siguiente figura 51.

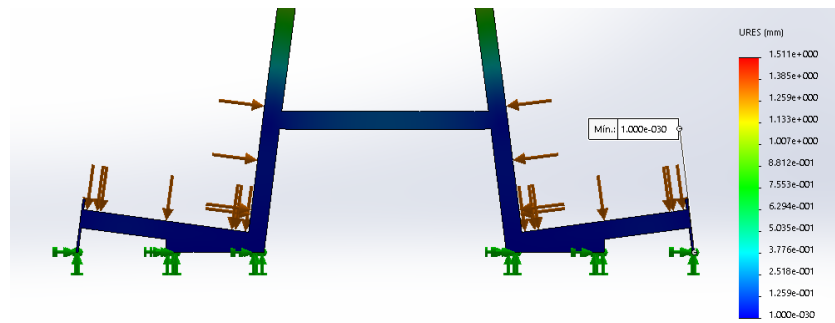


Fig. 51 Zona de desplazamiento

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 51, el desplazamiento mínimo, se encuentra en las patas de la estructura, identificada de color azul. El desplazamiento en la zona de las patas es de 0,001 mm.

### c) Deformación unitaria

Como se muestra en la figura 52.

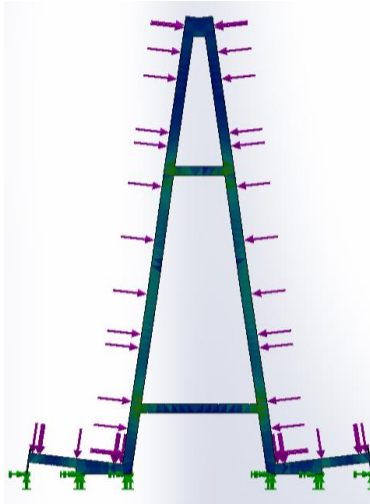


Fig. 52 Deformación unitaria en soporte de plancha "A"

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 52, se muestra las secciones de la estructura que más se deforman por la carga de las planchas acorde a los valores obtenidos.

La deformación unitaria máxima que sufre la estructura se muestra en la siguiente figura 53.

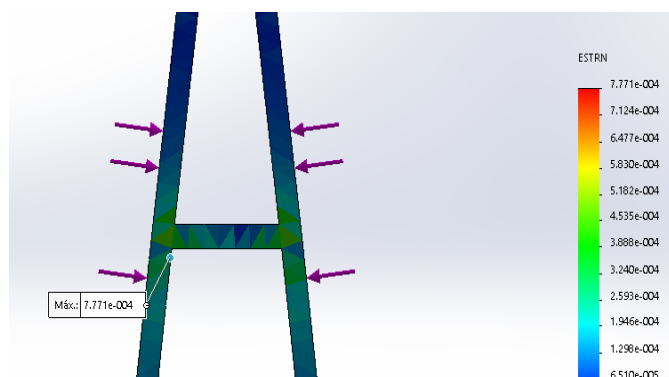


Fig. 53 Deformación unitaria máxima en soporte de plancha "A"

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 53, se muestra que la zona donde se encuentra el mayor factor de deformación es la sección media, indicada de color naranja. El factor de deformación obtenido tras el análisis es equivalente a  $0,0777$  este valor indica que, al aplicar la carga de las 6 planchas, en la unión del tensor superior de la estructura este se expandirá  $0,0777$  veces su distancia.

La deformación unitaria mínima que sufre el soporte de plancha "A" se muestra en la siguiente figura 54.

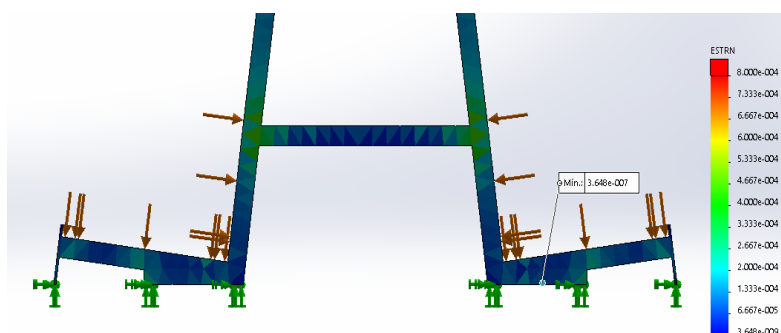


Fig. 54 Deformación unitaria mínima

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 54, se muestra que la zona donde se encuentra el menor factor de deformación es la sección inferior en la zona de sujeción con la base, indicada de color azul. El factor de deformación obtenido tras el

análisis es equivalente a  $3,648 \times 10^{-7}$  este valor indica que, al aplicar la carga de las 6 planchas, en la base de la estructura este se alargará  $3,648 \times 10^{-7}$  veces su distancia.

#### d) Factor de seguridad

Como se muestra en la figura 55.

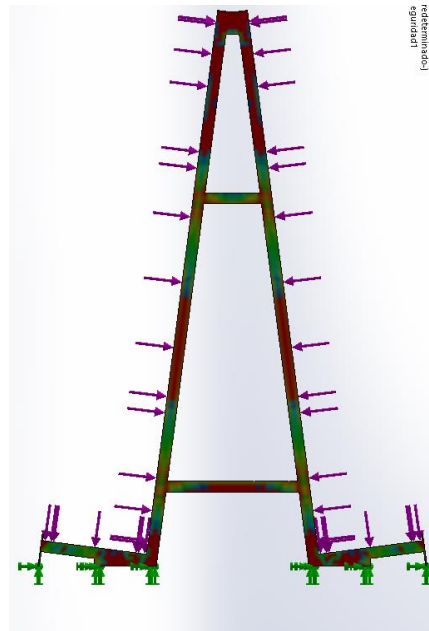


Fig. 55 Factor de seguridad en el soporte de plancha "A"

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 55, se muestra las secciones del soporte de la plancha "A". indicando el factor de seguridad desde el máximo al mínimo.

El factor de seguridad más elevado obtenido tras el análisis, en la estructura se muestra en la siguiente figura 56.

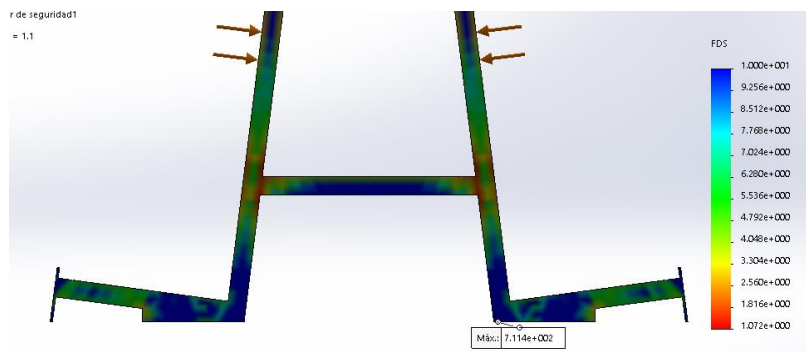


Fig. 56 Factor de seguridad en el soporte de plancha “A”

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 56, en la sección baja del soporte de la plancha “A”, se muestra el factor de seguridad más alto, indicado de color azul, equivalente a  $7,114 \times 10^2$ . Esto quiere decir que el equipo puede soportar un total de 711,4 veces la carga puesta al soporte.

El valor del factor de seguridad mínimo obtenido tras el análisis al soporte de plancha “A”, se muestra en la siguiente figura 57.

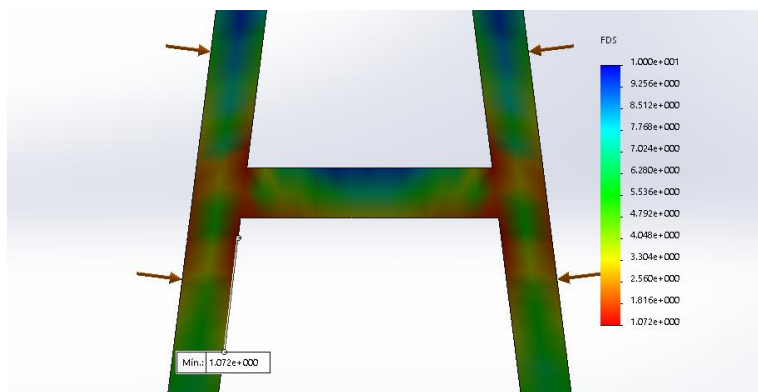


Fig. 57 Factor de seguridad del soporte de plancha “A”

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 57, en la sección media del soporte de la plancha “A”, se muestra el factor de seguridad más bajo, indicado de color entre rojo y naranja, equivalente a 1,816. Esto quiere decir que el equipo puede soportar un total de 1,816 veces la carga puesta al soporte. Asimismo, lo óptimo para el diseño mecánico es que el factor de seguridad oscile entre 1,5 a 2.

Acorde a [8], tras realizar el análisis estático con respecto al valor del factor de seguridad establecieron un rango entre  $<1,4$  a  $1,7>$  para las piezas indicando que son seguras al momento de aguantar la carga que se ponga sobre estas.

Con respecto al factor de seguridad para el soporte de plancha “A” se obtuvo como resultado un 1,816 este valor cabe dentro del rango por lo que está conforme con lo que dice el antecedente.

## B. Base Principal

De la misma manera en que se le realizó el análisis estático al soporte de plancha “A”, se realizó la simulación para la base principal, además se mantuvo el mismo acero, teniendo como principal diferencia el peso siendo esta de 58,82 kg de la estructura sin los soportes de plancha “A” teniendo un total de 94,44 kg y sus dimensiones.

Asimismo, se asignó los puntos o zonas de sujeción y la zona de carga externa. (Ver figura 58).

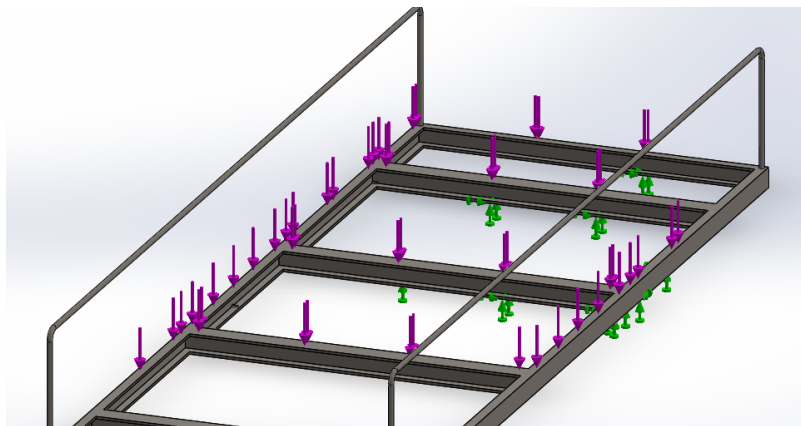


Fig. 58 Carga y sujeción de la base principal

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se muestra en la figura 58, las flechas de color verde indican las zonas de sujeción o zona fija de la estructura, asimismo, las flechas de color fucsia indican las zonas de carga o fuerza externa.

Para el análisis estático realizado, fue necesario indicar la carga o fuerza aplicada, para ello se utilizó el peso de las planchas y el peso total de los soportes de plancha.

- **Carga a transportar:** 1026 kg
- **Carga de la estructura:** 94,44 kg

La carga total para la zona de sujeción o fija se aplicó:

$$\text{Suma de las cargas} = 1\,026\text{ Kg} + 94,44\text{ Kg}$$

$$\text{Total} = 1\,120,44\text{ Kg}$$

Posteriormente, se halló la fuerza que se aplicará en las zonas seleccionadas.

$$\text{Fuerza} = 1\,120,44\text{ Kg} \times \frac{9,81\text{ m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{Fuerza} = \text{Carga} \times \text{Gravedad}$$

$$\text{Fuerza} = 1\,0991,52\text{ N}$$

Además, se le agregó una holgura del 30% en la fuerza aplicada.

$$\text{Fuerza asignada} = 10\,991,52\text{ N} + 30\% \text{ de la Fuerza}$$

$$\text{Fuerza asignada} = 14\,289\text{ N}$$

La fuerza asignada, es con la que se aplicara en la simulación del análisis estático para obtener los resultados de tensión, desplazamiento, desplazamiento unitario y Factor de seguridad.

#### a) Tensión

Como se observa en la figura 59.

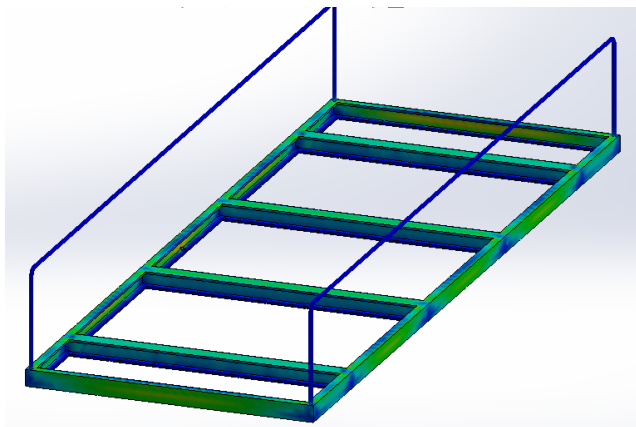


Fig. 59 Tensión en la base principal

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia



Como se observa en la figura 59, se muestra las secciones de la base principal del transportado que están más tensionadas por las cargas de la estructura y las planchas.

La tensión máxima obtenida en la base principal del transportador se muestra en la siguiente figura 60.

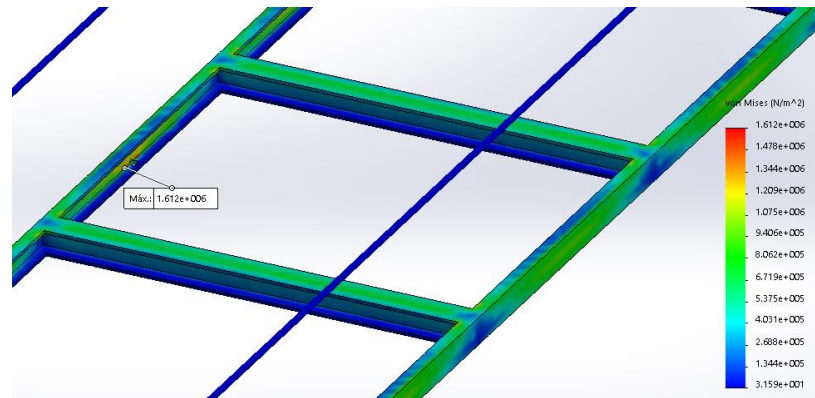


Fig. 60 Tensión máxima en la base principal

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 60, se muestra la tensión máxima ubicada en la zona media de la viga tipo “C”, indicada de color rojo, siendo equivalente a  $1,612 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ , es decir que la carga que sufre la base principal en la zona roja es de  $0,164 \text{ kg/mm}^2$ .

La tensión mínima obtenida en la base principal, se muestra en la siguiente figura 61.

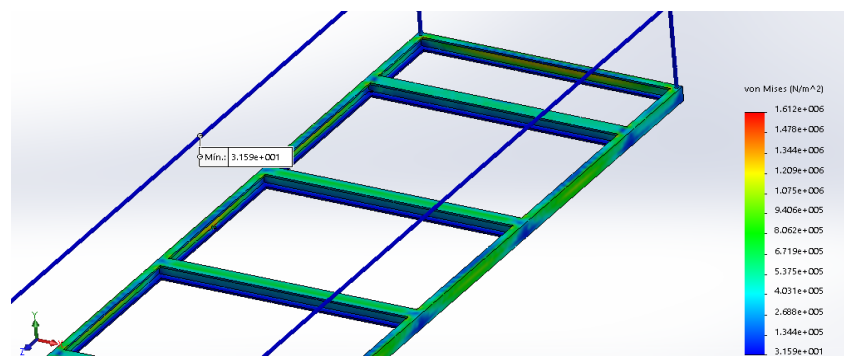


Fig. 61 Tensión mínima en la base principal

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 61, la tensión mínima se encuentra en la Viga tipo “C”, identificada de color azul. La tensión que sufre esta sección es de  $31,59 \text{ N/m}^2$ .

## b) Desplazamiento

Como se muestra en la figura 62.

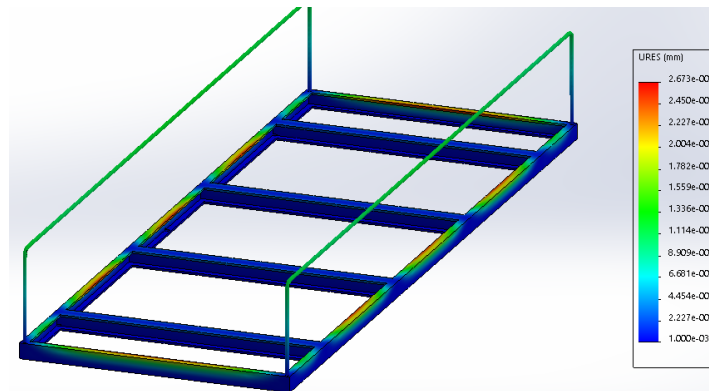


Fig. 62 Zonas de desplazamiento en la base principal del transportador

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 62, se muestra las secciones de la base principal que sufren el desplazamiento por la carga puestas en ella.

El desplazamiento máximo obtenido tras el análisis, en la base principal se muestra en la siguiente figura 63.

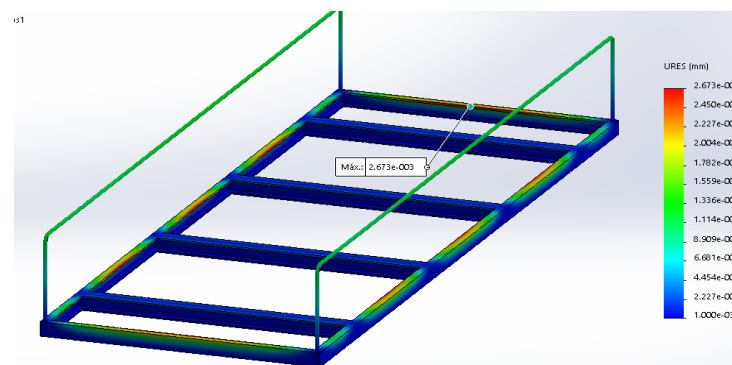


Fig. 63 Zonas de desplazamiento máximo en la base principal del transportador

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 63, se muestra el desplazamiento en milímetros en los bordes externos superiores de la viga tipo “C” de la base principal, identificado de color rojo dando un valor equivalente a  $2,673 \times 10^{-3}$  mm, debido a las cargas puestas.

De manera contraria el desplazamiento mínimo obtenido tras el análisis, en la base principal del transportador se muestra en la siguiente figura 64.

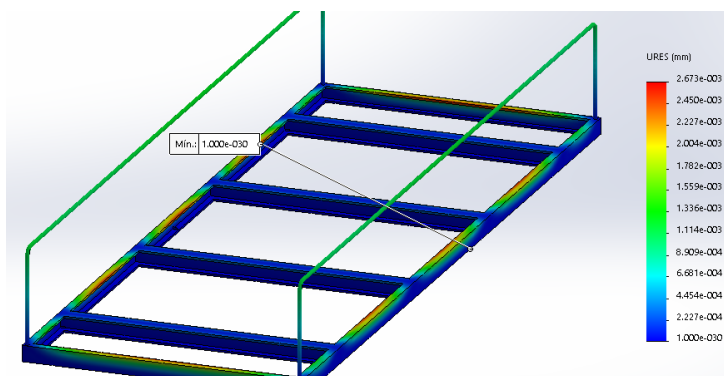


Fig. 64 Zona de desplazamiento mínimo en la base principal

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 64, el desplazamiento mínimo, se encuentra en la parte inferior de la viga tipo “C” de la base principal, identificada de color azul. El desplazamiento en la zona de las patas es de  $1 \times 10^{-30}$  mm.

### c) Deformación Unitaria

Como se muestra en la figura 65.

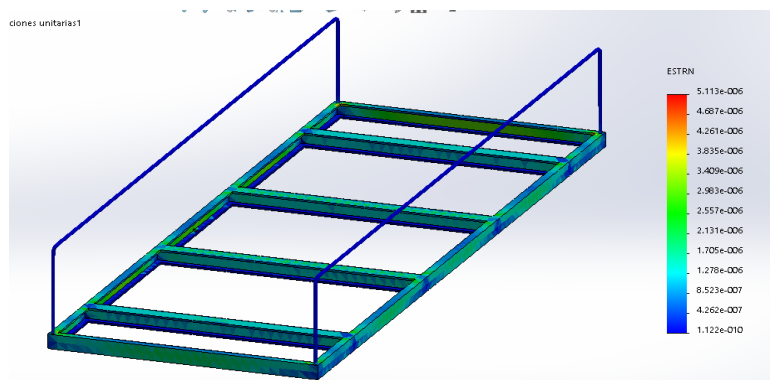


Fig. 65 Deformación unitaria en la base principal del transportado

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 65, se muestra las secciones de la base que sufren deformación por la carga de las planchas y la estructura conformada por los soportes de planchas “A”, acorde a los valores obtenidos.

La deformación unitaria máxima que sufre la estructura se muestra en la siguiente figura 66.

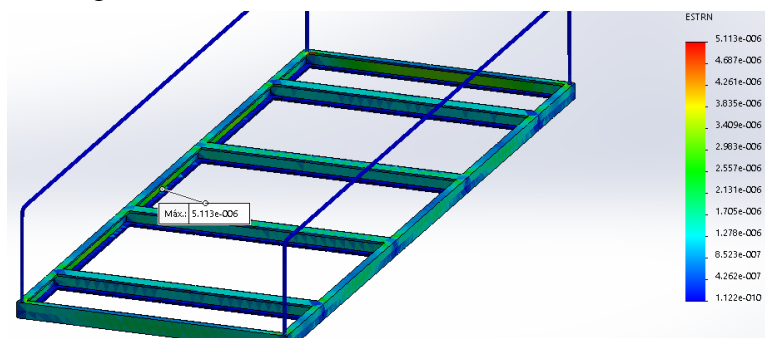


Fig. 66 Deformación unitaria máxima la base principal del transportador

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 66, se muestra que la zona donde la base principal posee un mayor factor de deformación es la parte vertical de la viga “C”, indicada de un color rojo. El factor de deformación indicado es equivalente a  $5,113 \times 10^{-6}$ , este valor da entender que, al momento de aplicar la carga total, la zona vertical de la viga “C” aumentará su tamaño  $5,113 \times 10^{-6}$  veces su tamaño.

La deformación unitaria mínima que sufre la base principal, se muestra en la siguiente figura 67.

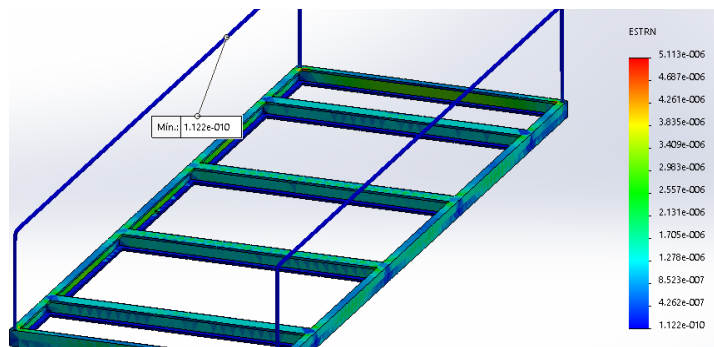


Fig. 67 Deformación unitaria mínima en la base principal

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 67, se muestra que la zona donde se encuentra el menor factor de deformación es la parte de los barandales, indicado de un color azul, el factor de deformación obtenido es de  $1,122 \times 10^{-10}$ , este valor indica que, al aplicar la carga total, en la base de la estructura este se alargará  $5,113 \times 10^{-6}$  veces su distancia.

#### d) Factor de seguridad

Como se muestra en la figura 68.

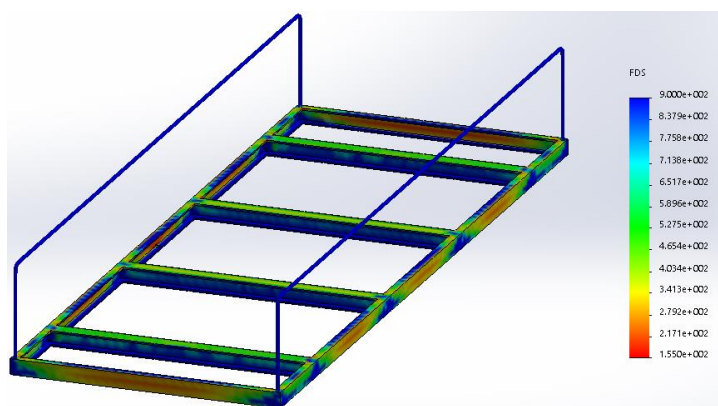


Fig. 68 Factor de seguridad en la base principal

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 68, se muestra las secciones de la base principal del transportador, en la cual se indica el intervalo máximo y mínimo del factor de seguridad.

El factor de seguridad más elevado obtenido tras el análisis, en la estructura se muestra en la siguiente figura 69

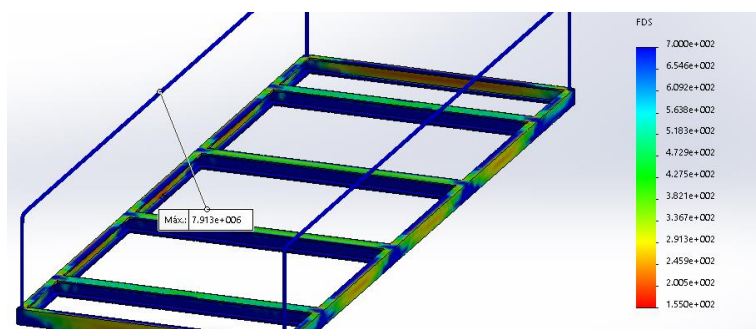


Fig. 69 Factor de seguridad máxima en la base principal

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 69, se muestra en la parte del barandal, indicada de color azul con un factor de seguridad equivalente a  $7,913 \times 10^6$ . Esto quiere decir que el equipo puede soportar un total de  $7,913 \times 10^6$  veces la carga.

El valor del factor de seguridad mínimo obtenido tras el análisis a la base principal del transportador, se muestra en la siguiente figura 70.

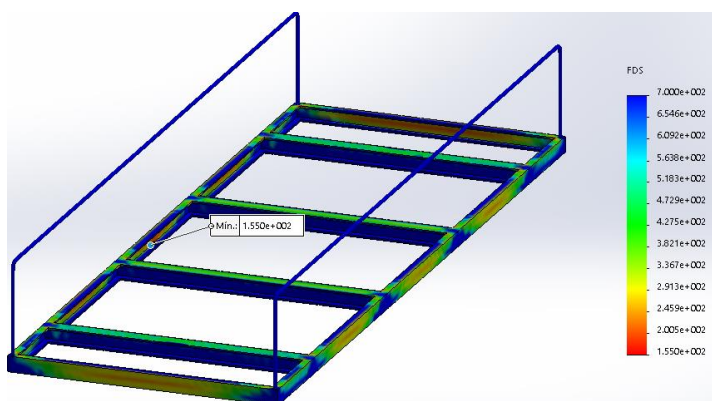


Fig. 70 Factor de seguridad mínimo de la base principal

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 70, se muestra en la parte vertical de la viga “C”, indicada de color rojo, con un factor de seguridad equivalente a 1,55. Esto quiere decir que el equipo puede soportar 155 veces la carga total. Asimismo, lo óptimo para el diseño mecánico es que el factor oscile entre 1,5 a 2.

Acorde a [8], tras realizar el análisis estático con respecto al valor del factor de seguridad establecieron un rango entre  $\langle 1,4 \text{ a } 1,7 \rangle$  para las piezas indicando que son seguras al momento de aguantar la carga que se ponga sobre estas.

Con respecto al factor de seguridad para la base principal se obtuvo como resultado un 1,55 este valor cabe dentro del rango por lo que está conforme con lo que dice el antecedente.

### C. Soporte de ruedas

Se realizó el análisis estático a los soportes de la rueda, de la misma manera que a las partes anteriores, además se mantuvo el mismo acero, teniendo como principal diferencia la cantidad y peso, siendo de 6 unidades y de 3,60 kg de la estructura sin los soportes de plancha “A” y la base principal respectivamente, teniendo un total de 116,04 kg y sus dimensiones.

Asimismo, se asignó los puntos o zonas de sujeción y la zona de carga externa. (Ver figura 71)

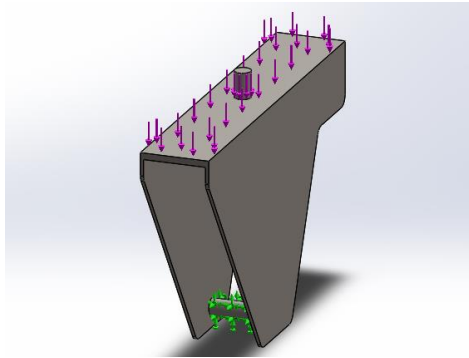


Fig. 71 Carga y sujeción del soporte de la rueda

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se muestra en la figura 71, las flechas de color verde indican las zonas de sujeción o zona fija de la estructura, asimismo, las flechas de color fucsia indican las zonas de carga o fuerza externa. Siendo estas el eje de la rueda y la parte superior donde recae la base principal.

Para el análisis estático realizado, fue necesario indicar la carga o fuerza aplicada, para ello se utilizó el peso de las planchas y el peso total de los soportes de plancha.

- **Carga a transportar:** 1026 kg
- **Carga de la estructura:** 116,04 kg

La carga total para la zona de sujeción o fija se aplicó:

$$\text{Suma de las cargas} = 1\,026\text{ Kg} + 116,04\text{ Kg}$$

$$\text{Total} = 1\,142,04\text{ Kg}$$

Posteriormente, se halló la fuerza que se aplicará en las zonas seleccionadas.

$$\text{Fuerza} = 1\,142,04\text{ Kg} \times \frac{9,81\text{ m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{Fuerza} = \text{Carga} \times \text{Gravedad}$$

$$\text{Fuerza} = 11\,203,41\text{ N}$$

Además, se le agregó una holgura del 30% en la fuerza aplicada.

$$\text{Fuerza asignada} = 11\,203,41\text{N} + 30\% \text{ de la Fuerza}$$

$$\text{Fuerza asignada} = 14\,564,43\text{N}$$

$$\text{Cantidad de ruedas} = 6 \text{ unid}$$

$$\text{Fuerza asignada} = \frac{14\,564,43 \text{ N}}{6 \text{ unid}}$$

$$\text{Fuerza asignada} = 2\,427,41\text{N}$$

La fuerza asignada, es con la que se aplicara en la simulación del análisis estático para obtener los resultados de tensión, desplazamiento, desplazamiento unitario y Factor de seguridad.

#### a) Tensión

Como se observa en la figura 72.

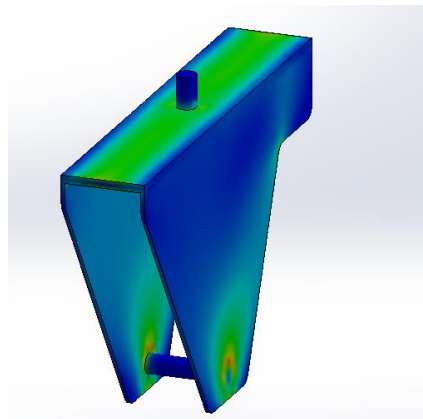


Fig. 72 Tensión en el soporte de rueda

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 72, se muestra las secciones del soporte de rueda del transportado que están más tensionadas por las cargas del total de la estructura y las planchas.

La tensión máxima obtenida en la base principal del transportador se muestra en la siguiente figura 73.



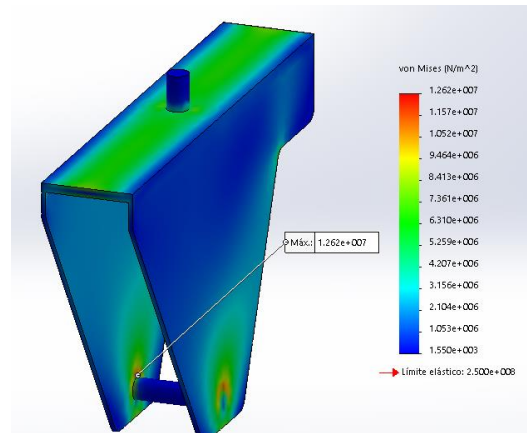


Fig. 73 Tensión máxima en el soporte de la rueda

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 73, se muestra la tensión máxima ubicada en la zona de la intersección del soporte y el perno de 5/8", indicada de color rojo, siendo equivalente a  $1,262 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ , es decir que la carga que sufre la base principal en la zona roja es de  $12,62 \text{ kg/mm}^2$ .

La tensión mínima obtenida en la base principal, se muestra en la siguiente figura 74.

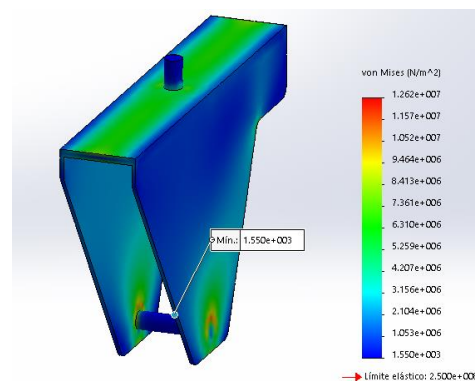


Fig. 74 Tensión mínima en el soporte de la rueda

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 74, la tensión mínima se encuentra a lo largo del perno que tiene como función hacer de eje, identificada de color azul. La tensión que sufre esta sección es de  $1,55 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ .

## b) Desplazamiento

Como se muestra en la figura 75.

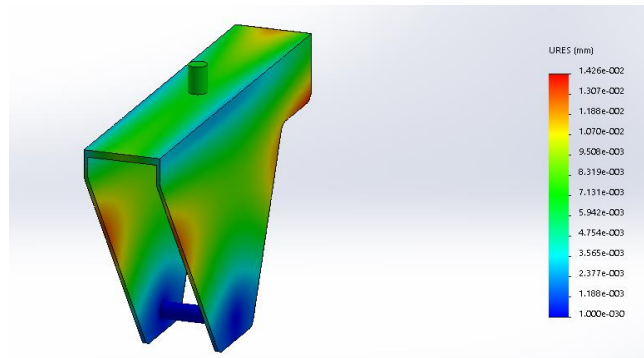


Fig. 75 Zonas de desplazamiento en el soporte de la rueda

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 75, se muestra las secciones del soporte de la rueda que sufren el desplazamiento debido la carga puestas en el total de la estructura.

El desplazamiento máximo obtenido tras el análisis, en el soporte de la rueda se muestra en la siguiente figura 76.

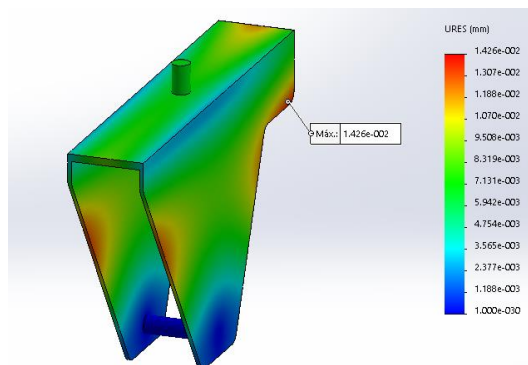


Fig. 76 Zonas de desplazamiento máximo en el soporte de la rueda

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 76, se muestra el desplazamiento en milímetros en los bordes del soporte o zapata de la rueda, identificado de color rojo dando un valor equivalente a  $1,426 \times 10^{-2}$  mm, debido a las cargas puestas.

Asimismo, el desplazamiento mínimo obtenido tras el análisis, en el soporte de la rueda se muestra en la siguiente figura 77.

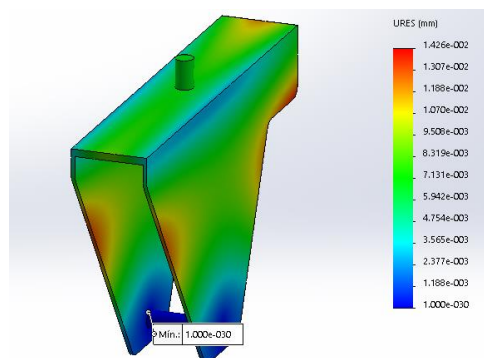


Fig. 77 Zona de desplazamiento mínimo en el soporte de la rueda

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 77, el desplazamiento mínimo, se encuentra en la parte inferior del soporte de la rueda, identificada de color azul. El desplazamiento en la zona de las patas es de  $1 \times 10^{-30}$  mm.

### c) Deformación unitaria

Como se muestra en la figura 78.

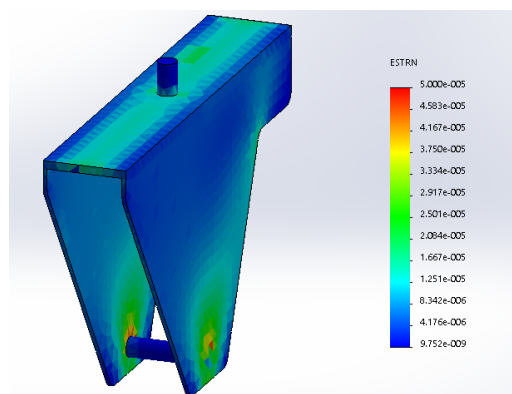


Fig. 78 Deformación unitaria en el soporte de la rueda

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 78, se muestra las secciones de la base que sufren deformación por la carga de las planchas y la estructura total, acorde a los valores obtenidos.

La deformación unitaria máxima que sufre la estructura se muestra en la siguiente figura 79.

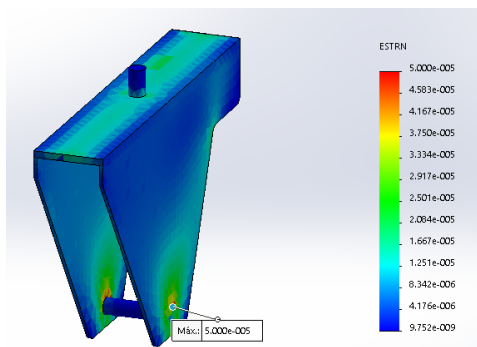


Fig. 79 Deformación unitaria máxima en el soporte de rueda

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 79, se muestra que la zona donde el soporte de rueda posee un mayor factor de deformación ubicada en la parte inferior en los costados de la pared, indicada de un color rojo. El factor de deformación indicado es equivalente a  $5 \times 10^{-5}$ , este valor da entender que, al momento de aplicar la carga total, la zona inferior de los costados de la pared aumentarán  $5 \times 10^{-5}$  veces su tamaño.

La deformación unitaria mínima que sufre la base principal, se muestra en la siguiente figura 80.

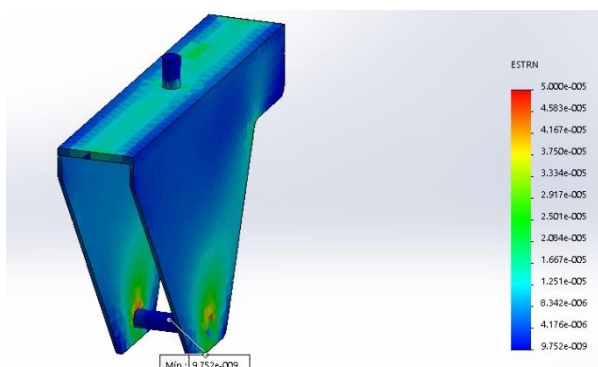


Fig. 80 Deformación unitaria mínima en la base principal

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 80, se muestra que la zona donde se encuentra el menor factor de deformación es la parte del eje del soporte de la rueda, indicado

de un color azul, el factor de deformación obtenido es de  $9,752 \times 10^{-9}$ , este valor indica que, al aplicar la carga total, en el soporte de la rueda este se alargará  $9,752 \times 10^{-9}$  veces su distancia.

**d) Factor de seguridad**

Como se muestra en la figura 81.

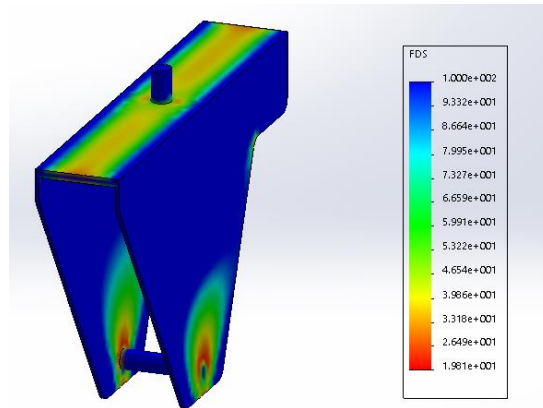


Fig. 81 Factor de seguridad en el soporte de la rueda

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 81, se muestra las secciones del soporte de la rueda, en la cual se indica el intervalo del factor de seguridad desde el valor mínimo hacia al máximo.

El factor de seguridad más elevado obtenido tras el análisis, en el soporte de la rueda, se muestra en la siguiente figura 82.

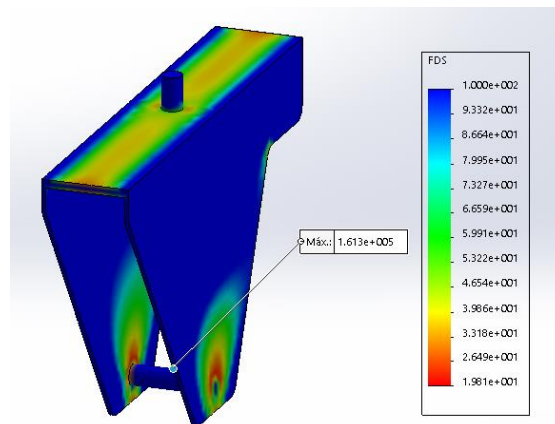


Fig. 82 Factor de seguridad máxima en la base principal

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 82, se muestra en la parte del eje del soporte de la rueda y en las paredes, indicada de color azul con un factor de seguridad equivalente a  $1,613 \times 10^5$ . Esto quiere decir que el equipo puede soportar un total de  $1,613 \times 10^5$  veces la carga.

El valor del factor de seguridad mínimo obtenido tras el análisis a la base principal del transportador, se muestra en la siguiente figura 83.

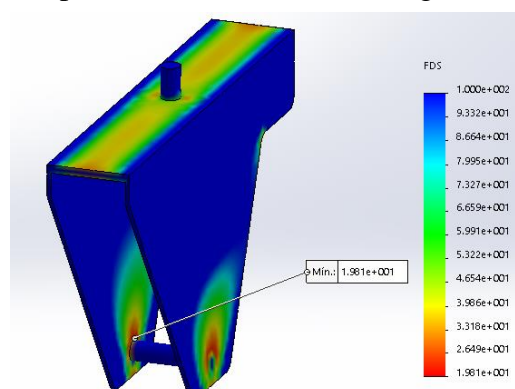


Fig. 83 Factor de seguridad mínimo del soporte de rueda

Fuente: Solidworks 2017

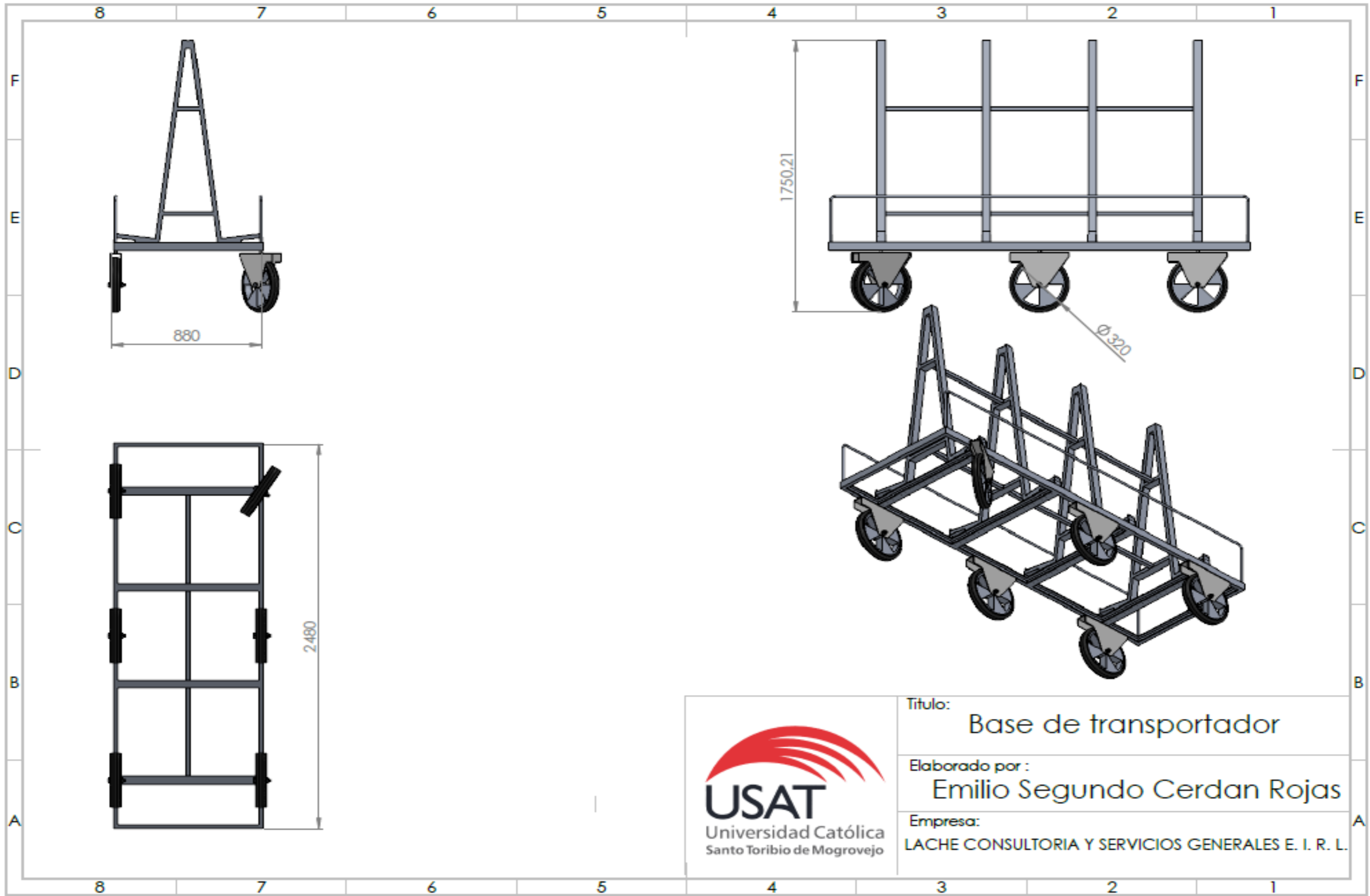
Elaboración propia

Como se observa en la figura 83, se muestra en la pared justo en la unión del eje, indicada de color rojo, con un factor de seguridad igual a 19,81. Esto quiere decir que el equipo puede soportar aproximadamente 20 veces la carga total. Asimismo, lo óptimo para el diseño mecánico es que el factor oscile entre 1,5 a 2.

Acorde a [8], tras realizar el análisis estático con respecto al valor del factor de seguridad establecieron un rango entre  $\langle 1,4 \text{ a } 1,7 \rangle$  para las piezas indicando que son seguras al momento de aguantar la carga que se ponga sobre estas.

Con respecto al factor de seguridad para el soporte de plancha “A” se obtuvo como resultado un 19,81 este valor que supera el rango establecido, por lo que está conforme con lo que dice el antecedente.

Acorde a [9], tras realizar su investigación y diagnosticar la estación de mayor tiempo y la secuencia de operaciones, se dieron cuenta que parte de la operación era el transporte de herramientas, tras aplicar su propuesta obtuvieron como resultado la disminución del operario en 28,54%. Con respecto a este caso al transportar 6 planchas y con la propuesta realizar en uno 1 solo transporte se redujo el tiempo en 83,33%.

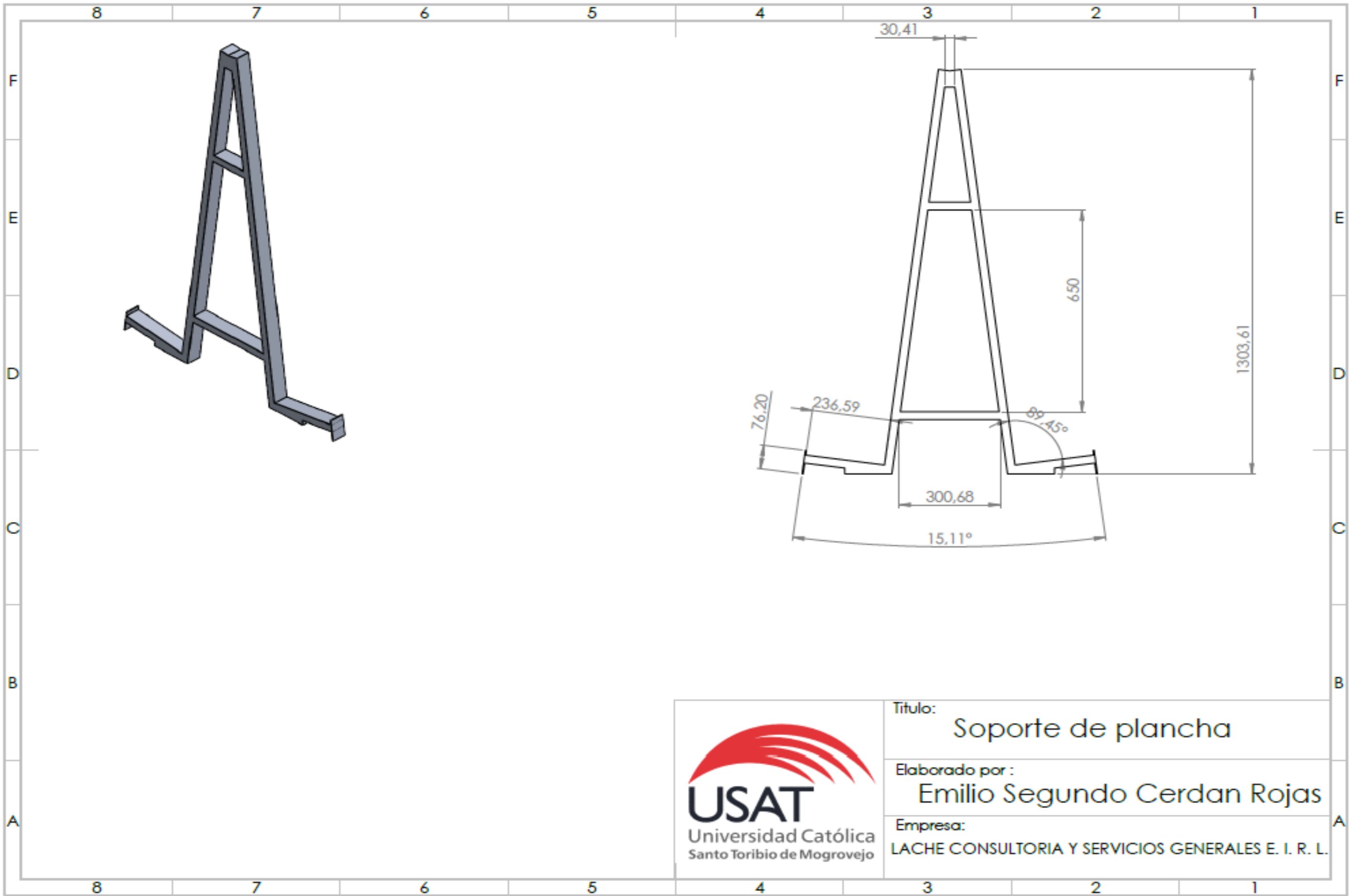



Título:  
Base de transportador

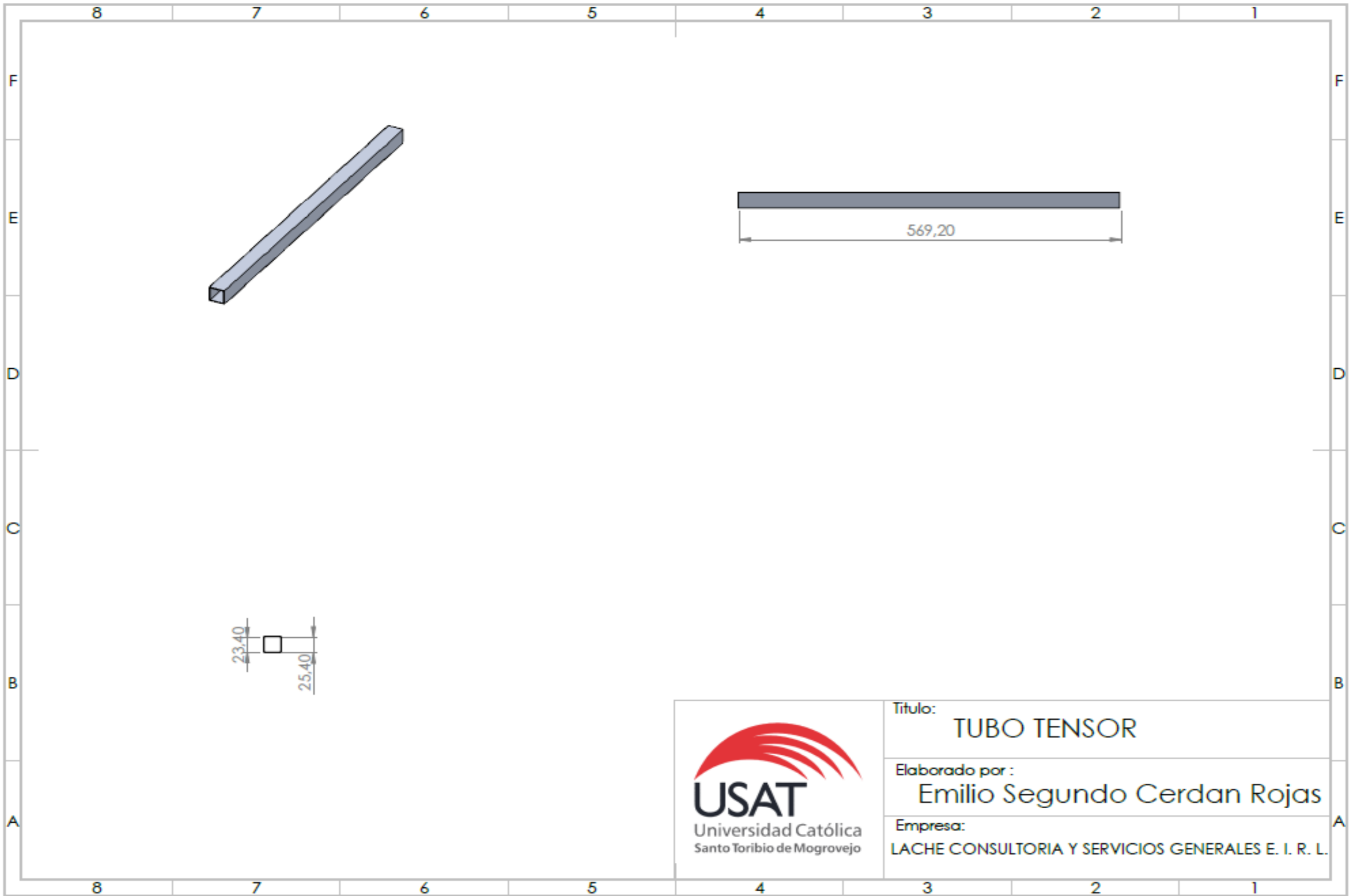
Elaborado por :  
Emilio Segundo Cerdan Rojas

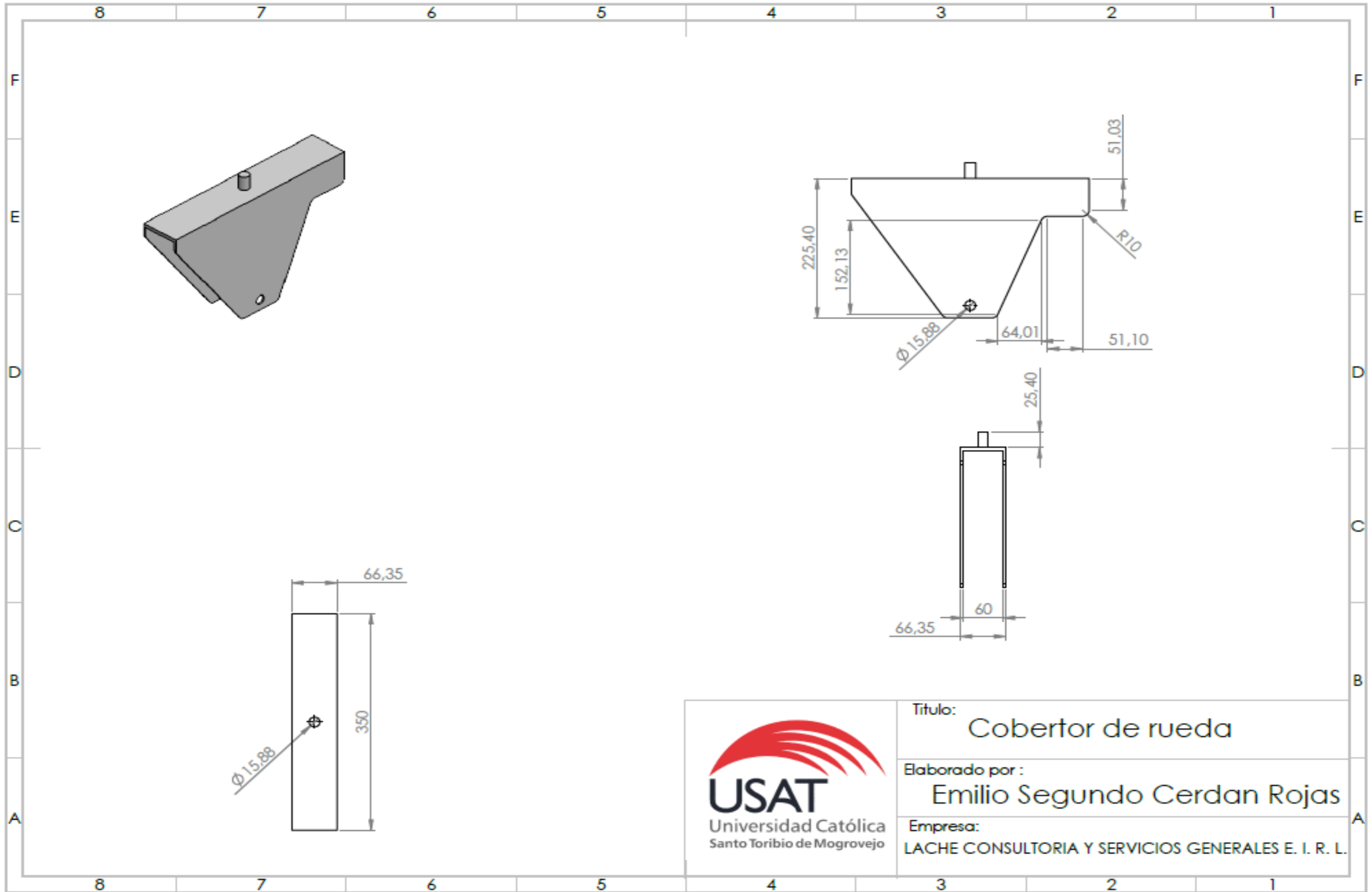
Empresa:  
LACHE CONSULTORIA Y SERVICIOS GENERALES E. I. R. L.





 <p><b>USAT</b> Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo</p>	Título: <h2 style="text-align: center;">Soporte de plancha</h2>
	Elaborado por : <h2 style="text-align: center;">Emilio Segundo Cerdan Rojas</h2>
	Empresa: LACHE CONSULTORIA Y SERVICIOS GENERALES E. I. R. L.





### 3.5.2. Desarrollo de un nuevo Acople para Plegado

Tras el resultado obtenido del diagnóstico se optó por el rediseño de la plegadora. Asimismo, se planificaron los materiales a utilizar para su producción, se realizó el diagrama de operación de proceso y se realizó el análisis estático con la finalidad de saber la tensión, desplazamiento, deformación unitaria y el factor de seguridad que posee el acople, además se tuvo en cuenta la tabla de Frimar para obtener la fuerza de plegado que se utilizará.

#### 3.5.2.1. Acople para hélices

El nuevo acople irá unido mediante soldadura de tipo supercito debido a la fuerza ejercida por la hoja de la plegadora, para ello los materiales necesarios son:

- ✓ Plancha de fierro negro LAC de 1".
- ✓ Plancha de Fierro negro LAC de 1½".
- ✓ Fierro cuadrado de 1".
- ✓ Soldadura supercito.
- ✓ Soldadura blanca.
- ✓ Machos para hilar de ½".
- ✓ Pernos de ½".

- **Descripción del proceso de producción para los Acoples superior e inferior**

- Para la producción de los acoples se requirió planchas de acero LAC de 1, 1 ½" y varilla de fierro cuadrado de 1".
- El proceso comienza con la elaboración de la base, esta es de forma triangular y es cortada por soplete u oxicorte, debido a que el espeso de la plancha es de 1 ½", posteriormente se inicia con los cortes de la varilla de 1" que se utilizarán como guía y sostén del taco.
- En la operación 3, comienza la unión mediante soldadura de la base y las 4 varillas o guías, luego se realiza el corte en CNC para la obtención del brazo del acople y terminar la unión mediante soldadura (Operación 5).

- Luego se inicia la operación 6, en donde se desbastará y se removerán todo tipo de impurezas que puedan afectar la base lisa en la que irán los tacos, que son los encargados de las medidas que se les dará a las hélices.

### 3.5.2.2. Diagrama de operaciones de la parte superior e inferior del acople

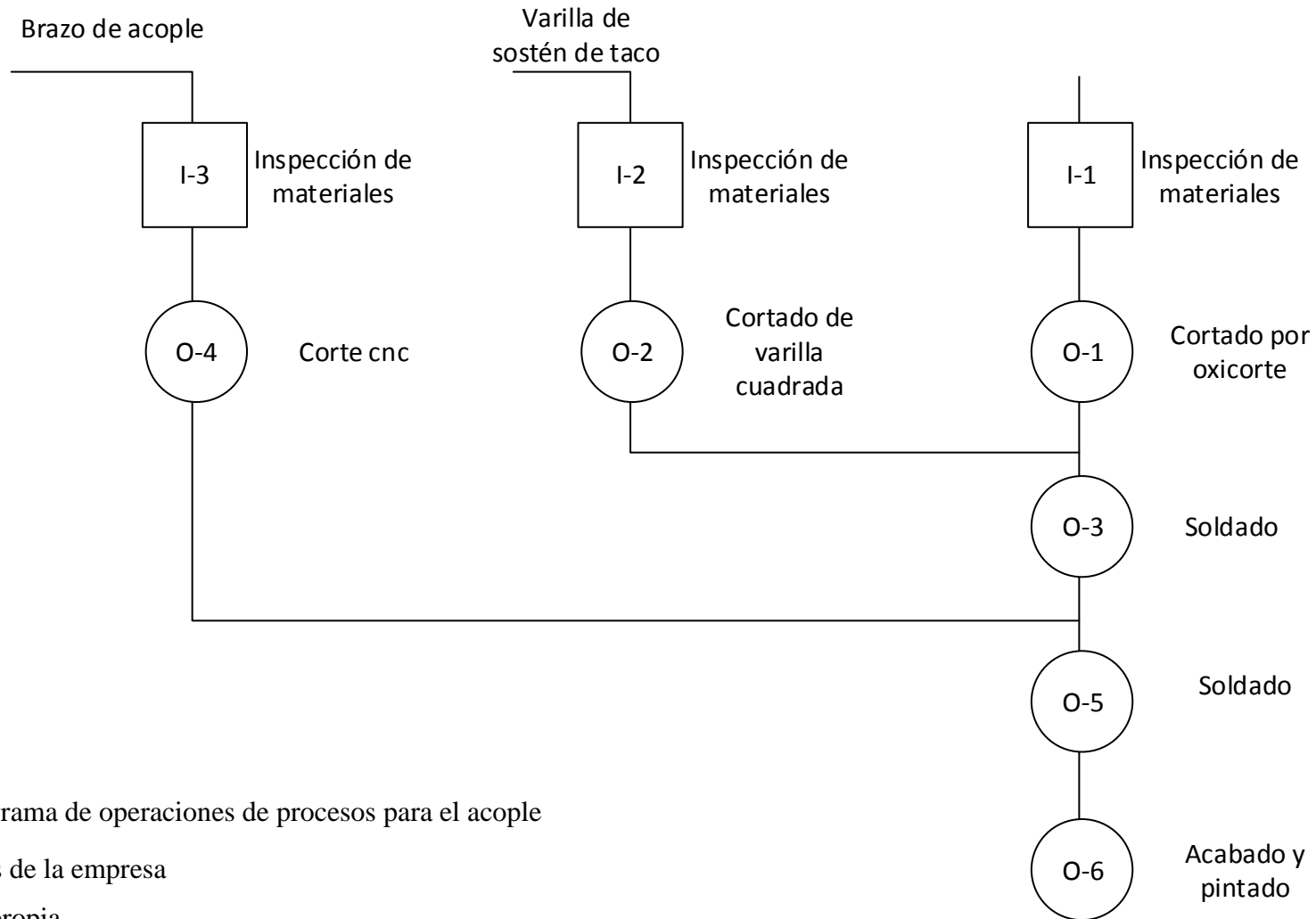


Fig. 84 Diagrama de operaciones de procesos para el acople

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

### 3.5.2.3. Análisis Estático.

El acero optado para realizar el análisis de estático es “Estructural ASTM A36”, de igual manera que para el transportador, en la tabla se muestra sus características principales.

**Tabla 60. Propiedades del Acero ASTM A36**

Propiedades	Valor	Unidades
Módulo elástico	2,00E+11	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0,26	N/D
Módulo cortante	7,93E+10	N/m <sup>2</sup>
Densidad de masa	7850	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	4,00E+08	N/m <sup>2</sup>
Límite de elástico	250000000	N/m <sup>2</sup>

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

- **Cálculo para tonelaje para plegar**

Para la obtención del tonelaje para lograr formar la hélice del Transportador de tipo tornillo sinfín, se consultó la siguiente tabla 61.

Tabla 61. Tonelaje de plegado

Espesor de plancha		APERTURA DE DADO HEMBRA ("V")																						
Calibre	Pulgadas	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"	7"	8"	10"	12"
20	0,036	3,1	2,3	1,7	1,4	1,1																		
18	0,048	5,3	4	3	2,5	2,2	1,7	1,3																
16	0,06	9,6	7,1	5,6	4,5	3,8	2,8	2,2	1,8	1,5														
14	0,075		11,9	9,2	7,6	6,3	4,7	3,5	3	2,5	2,1	1,8												
12	0,105				16,7	13,1	9,7	8	6,5	5,6	4,6	4,1	3,2											
11	0,12					19,2	14,2	11,1	9	7,5	6,3	5,5	4,4	2,9										
10	0,135						18,6	14,5	11,9	9,9	8,5	7,3	5,8	4										
3/16	0,188							27,4	23,1	19,3	16,4	14,3	11,2	7,5	5,7	4,4								
1/4	0,25									39,4	33,3	29,5	22,7	15,4	11,4	9	7,4	6,1						
5/16	0,313											50,4	39,8	27	19,7	15,3	12,7	10,5	7,7					
3/8	0,375												61,6	42,3	30,9	24	19,6	16,3	12,3	9,5				
7/16	0,438													61,7	45,8	35,4	28,6	24,4	17,3	14,8	11,2			
1/2	0,5													85,2	63,6	48,8	39,7	33,3	24,6	19,4	15,9	13,1		
5/8	0,625														110	86,2	70	58,3	43,1	33,3	27,4	23,3	16,9	
3/4	0,75															138	110	93	68,7	53,5	43,6	36,5	27,1	21
7/8	0,875																165	137	104	80,7	64,6	52,9	39,7	31,6
1	1																	197	143	113	91,2	76,2	56,3	44,2

Fuente: Industrias Frimar



En la tabla 61 se muestra la apertura del dado “V” y el espesor de plancha, dando valores de 2” y ¼” respectivamente, el valor obtenido es de 15,4 toneladas por pie.

- **Cálculo de tonelaje para plegar**

Se multiplicó el valor obtenido de la tabla 61, por el largo a plegar (Diámetro de disco en pulgadas).

$$\text{Valor obtenido} \times \text{Largo a plegar}$$

$$\text{Tonelaje} = 15,4" \times 11"$$

$$\text{Tonelaje} = 84,7 t$$

Posteriormente, se le agregó una holgura del 30% al resultado obtenido.

$$\text{Tonelaje total} = 84,7 + 30\% \times 84,7$$

$$\text{Tonelaje} = 110,11t$$

Dando un total de carga de 110,11 Toneladas para doblar una hélice.

Para la simulación se convirtió el tonelaje a Newton (N)

$$N = 110,11 t \times \frac{1000kg}{t} \times 9,81 m/s^2$$

$$N = 1\ 080\ 179,1N$$

#### 3.5.2.4. Resultados

##### A. Acople superior

La simulación se realizó mediante el programa Solidworks, para ello se requirió el tipo de material de la estructura que es el acero ASTM A36 y la carga del tonelaje que es de 110,11 t o equivalente a 1 080179,1 N.

Asimismo, se asignó los puntos o zonas de sujeción y la zona de carga externa. (Ver figura 85)

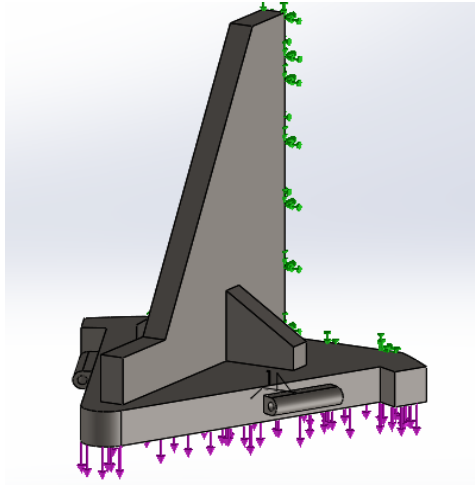


Fig. 85 Carga y sujeción del acople superior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se muestra en la figura 85, las flechas de color verde indican las zonas de sujeción o zona fija de la estructura ubicadas en la parte trasera del brazo superior, asimismo, las flechas de color fucsia indican las zonas de carga o fuerza externa, estas están ubicadas en la base de la cual se realizará el golpeo de la plegadora.

Los resultados obtenidos son con la fuerza del tonelaje conseguido previamente, asimismo se obtuvieron los resultados de tensión, desplazamiento, deformación unitaria y factor de seguridad.

### a) Tensión

Como se observa en la figura 86.

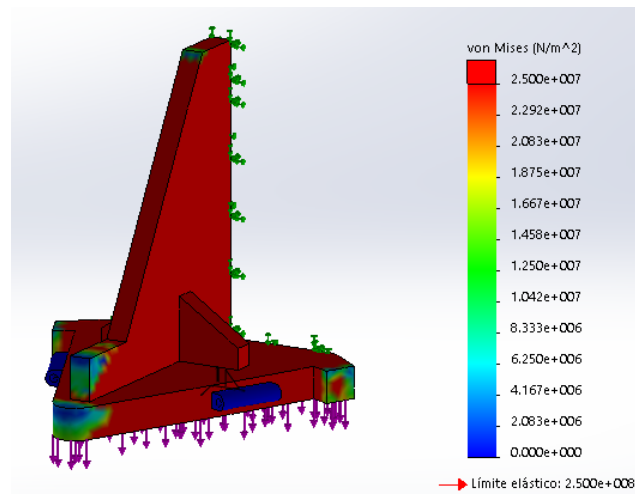


Fig. 86 Tensión en el acople superior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 86, se muestra las secciones del acople superior que están más tensionadas por la carga que aplica al disco y al acople inferior.

La tensión máxima obtenida en el acople superior se muestra en la siguiente figura 87.

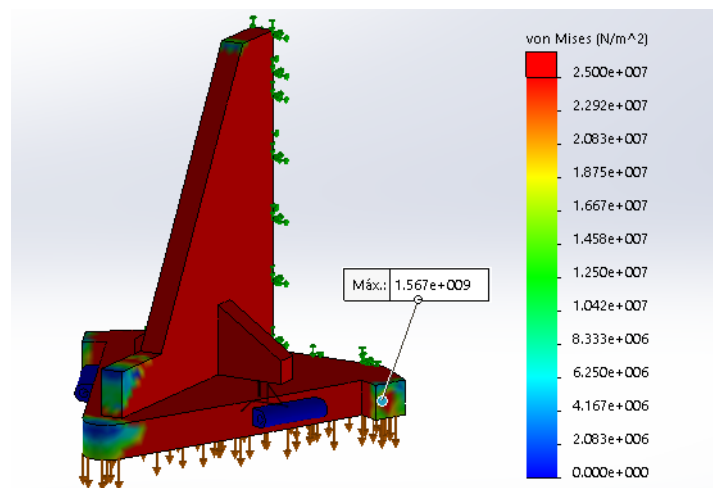


Fig. 87 Tensión máxima en el acople superior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 87, la tensión máxima recae en los bordes de la base, identificada por un color rojo. La tensión que sufre es aproximadamente de  $1,567 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ ; esto es equivalente a  $159,7 \text{ Kg/mm}^2$ .

La tensión mínima obtenida en el acople superior, se muestra en la siguiente figura 88.

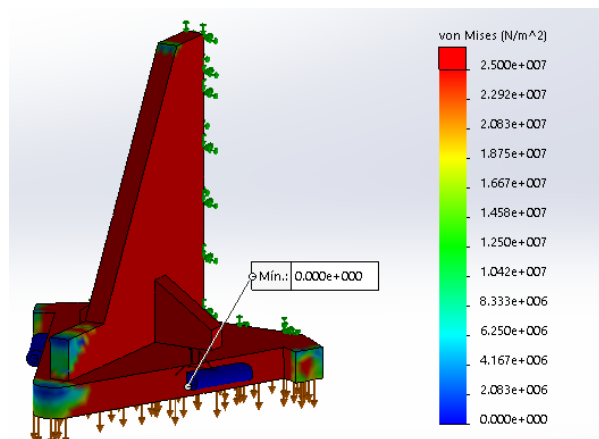


Fig. 88 Tensión mínima del acople superior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 88, la tensión mínima recae en la parte de los calibradores de distancia, identificada de color azul. La tensión que sufre esta sección es de  $0 \text{ N/m}^2$ .

## b) Desplazamiento

Como se muestra en la figura 89.

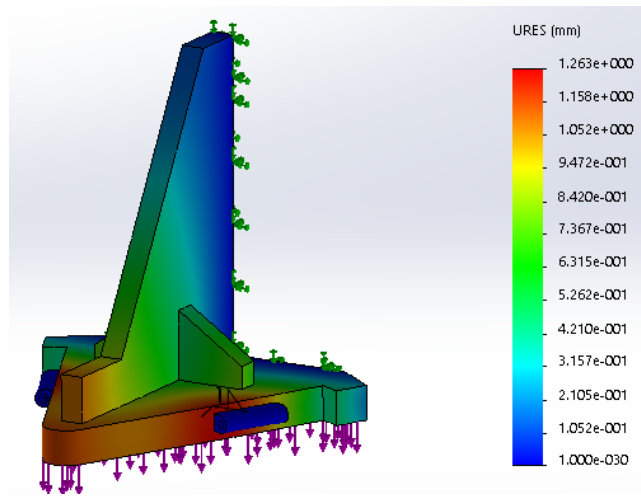


Fig. 89 Zonas de desplazamiento en el acople superior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 89, se muestra las secciones del acople superior que más se desplaza por la carga del tonelaje o golpeo de la plegadora.

El desplazamiento máximo obtenido tras el análisis, en el acople superior se muestra en la siguiente figura 90.

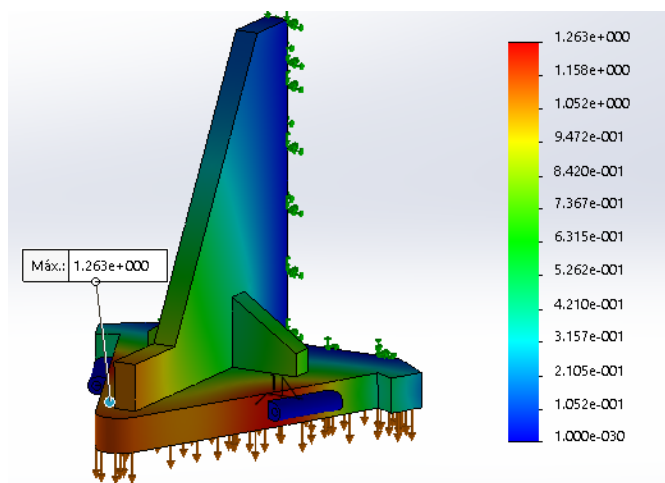


Fig. 90 Zona de desplazamiento máximo en el acople superior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se muestra en la figura 90, el desplazamiento máximo recae en la zona en forma de punta, identificada de color rojo. El desplazamiento que posee esta sección es equivalente a 1,263 mm. Cabe resaltar que este desplazamiento no se producirá porque no se llegará al tonelaje aplicado por la plegadora.

De manera contraria el desplazamiento mínimo obtenido tras el análisis, en el acople superior se muestra en la siguiente figura 91.

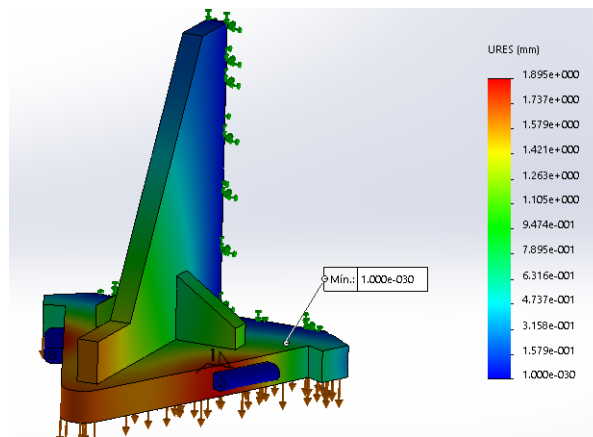


Fig. 91 Desplazamiento mínimo en el acople superior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 91, el desplazamiento mínimo, se encuentra en la superficie de la base del acople, identificada de color azul. El desplazamiento en la zona de la superficie es de  $10^{-30} mm$ .

### c) Deformación unitaria

Como se muestra en la figura 92.

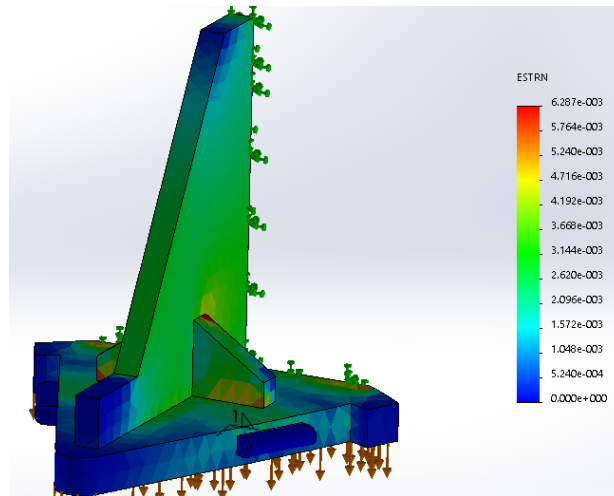


Fig. 92 Deformación unitaria en el acople superior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 92, se muestra las secciones del acople superior que más sufren deformación por la carga o golpeo producido por la plegadora.

La deformación unitaria máxima que sufre el acople superior se muestra en la siguiente figura 93.

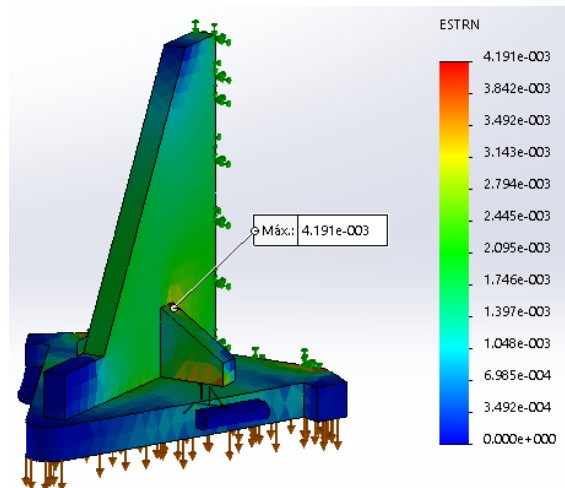


Fig. 93 Deformación unitaria máxima del acople superior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 93, se muestra que la zona donde se encuentra el mayor factor de deformación es la parte superior de la pestaña, indicada de color rojo. El factor de deformación obtenido tras el análisis es equivalente a  $4,191 \times 10^{-3}$ , este valor indica que cuando se efectuó el golpeo de 110,11 t, la pestaña aumentará su tamaño  $4,191 \times 10^{-3}$  veces.

La deformación unitaria mínima que sufre el soporte de plancha "A" se muestra en la siguiente figura 94.

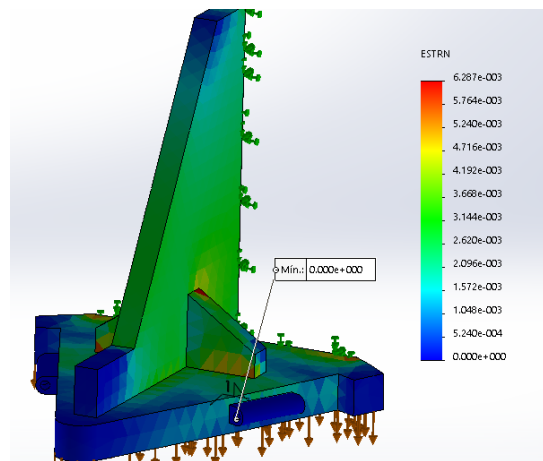


Fig. 94 Deformación unitaria mínima

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 94, se muestra que la zona donde se encuentra el menor factor de deformación es el calibrador de distancia del disco al borde de la base, indicada de color azul. El factor de deformación obtenido tras el análisis es equivalente a 0 este valor indica que, por más fuerza que se le aplique al acople este no se alterará de ninguna forma.



#### d) Factor de seguridad

Como se muestra en la figura 95.

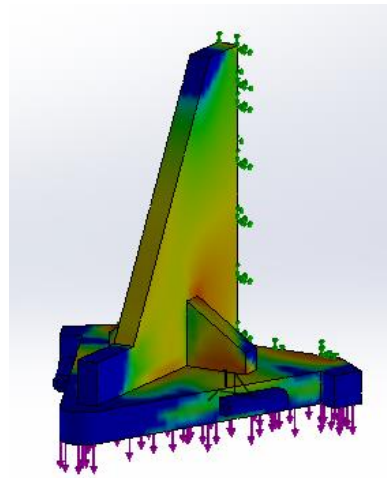


Fig. 95 Factor de seguridad en el soporte de plancha “A”

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 95, se muestra las secciones del acople superior, indicando el factor de seguridad.

El factor de seguridad más elevado obtenido tras el análisis, en el acople superior se muestra en la siguiente figura 96.

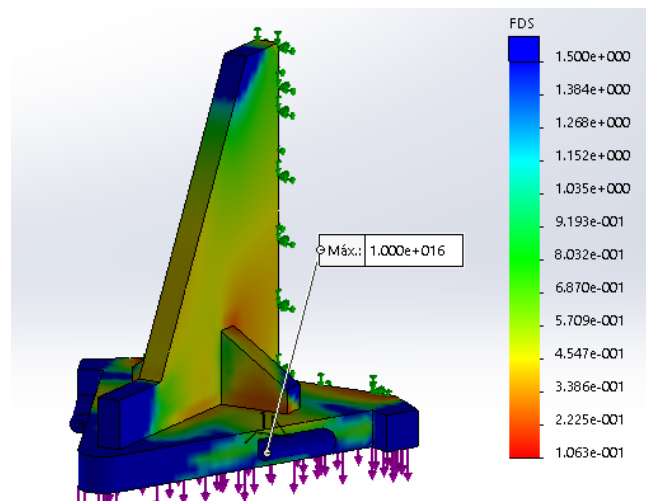


Fig. 96 Factor de seguridad del acople superior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 96, en el calibrador de distancia y en las demás zonas del mismo color, se muestra el factor de seguridad más alto, indicado de color azul, equivalente a  $1 \times 10^{16}$ . Esto quiere decir que el equipo puede soportar un total de  $10^{16}$  veces la carga puesta al soporte. Cabe resaltar que estas zonas son la menos afectadas al golpeo del acople.

El valor del factor de seguridad mínimo obtenido tras el análisis al acople superior se muestra en la siguiente figura 97.

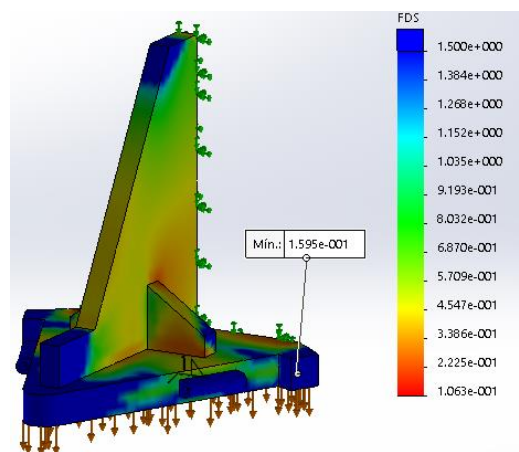


Fig. 97 Factor de seguridad del acople superior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 97, en la sección media acople superior, se muestra el factor de seguridad más bajo, indicado de color azul, equivalente a  $1,6 \times 10^{-1}$ . Esto quiere decir que el equipo puede soportar un aproximado de 0,16 veces la carga puesta al soporte.

Como se observa en siguiente figura 98.

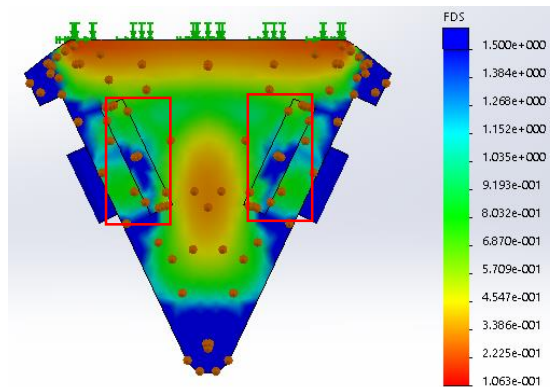


Fig. 98 Factor de seguridad del acople superior zona de golpeo

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se muestra la zona que realiza el golpeo su factor de seguridad se encuentra entre el intervalo de 1,15 a 1,5; que es el valor ideal para el diseño mecánico es, que el factor de seguridad oscile entre 1,5 a 2.

Acorde a [8], tras realizar el análisis estático con respecto al valor del factor de seguridad establecieron un rango entre  $\langle 1,4 \text{ a } 1,7 \rangle$  para las piezas indicando que son seguras al momento de aguantar la carga que se ponga sobre estas.

Con respecto al factor de seguridad para el acople superior se obtuvo como resultado un rango de  $\langle 1,15 \text{ a } 1,5 \rangle$  el rango obtenido en el análisis no está del todo conforme con el rango establecido en el antecedente, pero cabe resaltar que se le dio una holgura del 30% del tonelaje a plegar y la función es la de plegar más no golpear, tras entender esto los valores obtenidos si están acorde al antecedente.

## B. Acople Inferior

La simulación se realizó mediante el programa Solidworks, para ello se requirió el tipo de material de la estructura que es el acero ASTM A36 y la carga del tonelaje que es de 110,11 t o equivalente a 1 080 179,1 N.

Asimismo, se asignó los puntos o zonas de sujeción y la zona de carga externa. (Ver figura 99)

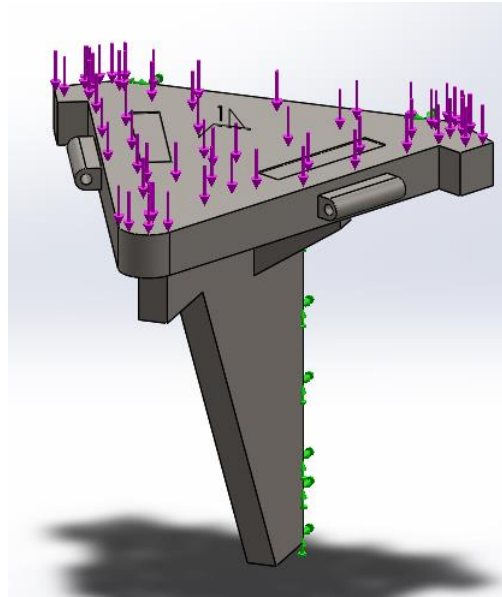


Fig. 99 Carga y sujeción del acople inferior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se muestra en la figura 99, las flechas de color verde indican las zonas de sujeción o zona fija de la estructura ubicadas en la parte trasera del brazo superior, asimismo, las flechas de color fucsia indican las zonas de carga o fuerza externa, estas están ubicadas en la base de la cual recibirá el impacto.

Los resultados obtenidos son con la fuerza del tonelaje conseguido previamente, asimismo se obtuvieron los resultados de tensión, desplazamiento, deformación unitaria y factor de seguridad.

### a) Tensión

Como se observa en la figura 100.

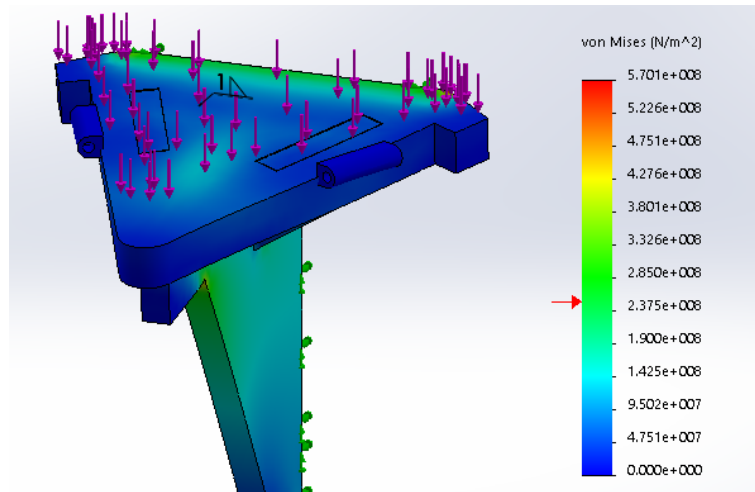


Fig. 100 Tensión en el acople inferior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 100, se muestra las secciones del acople inferior que están más tensionadas por la carga que aplica al disco y al acople inferior.

La tensión máxima obtenida en el acople inferior se muestra en la siguiente figura 101.

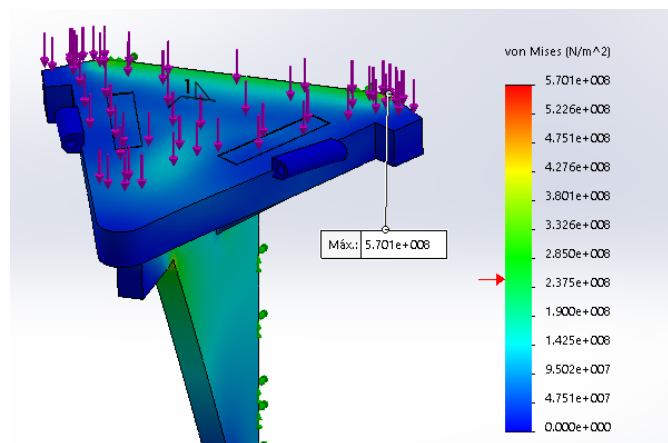


Fig. 101 Tensión máxima en el acople inferior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 101, la tensión máxima recae en el borde trasero del acople esto se debe que el golpeo cae primero, identificada por un color

rojo. La tensión que sufre es aproximadamente de  $5,701 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ ; esto es equivalente a  $58,11 \text{ Kg/mm}^2$ .

La tensión mínima obtenida en el acople inferior, se muestra en la siguiente figura 102.

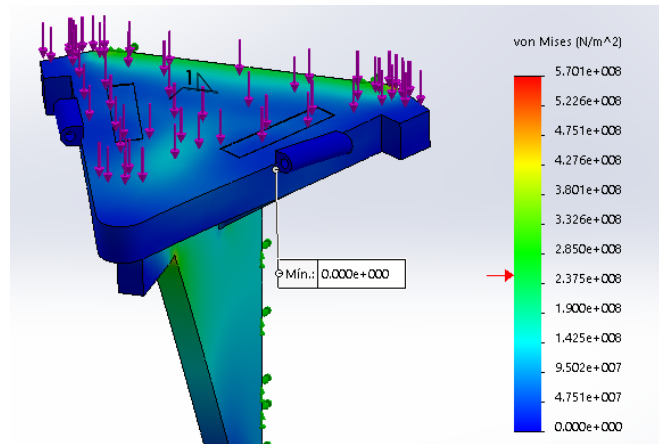


Fig. 102 Tensión mínima del acople inferior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 102, la tensión mínima recae en la parte de los calibradores de distancia del disco, identificada de color azul. La tensión que sufre esta sección es de  $0 \text{ N/m}^2$ .

## b) Desplazamiento

Como se muestra en la figura 103.

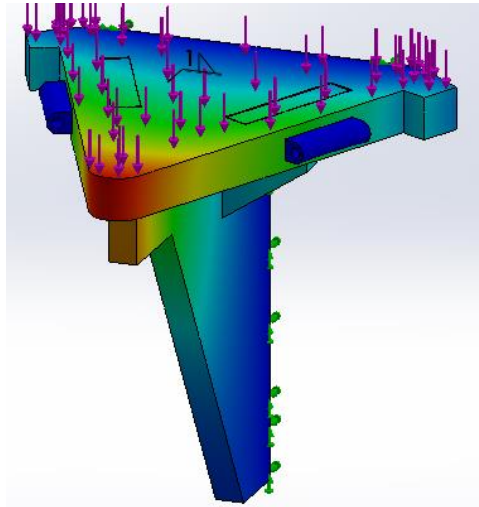


Fig. 103 Zonas de desplazamiento en el acople inferior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 103, se muestra las secciones del acople inferior que más se desplaza por la carga del tonelaje o golpeo de la plegadora.

El desplazamiento máximo obtenido tras el análisis, en el acople inferior se muestra en la siguiente figura 104.

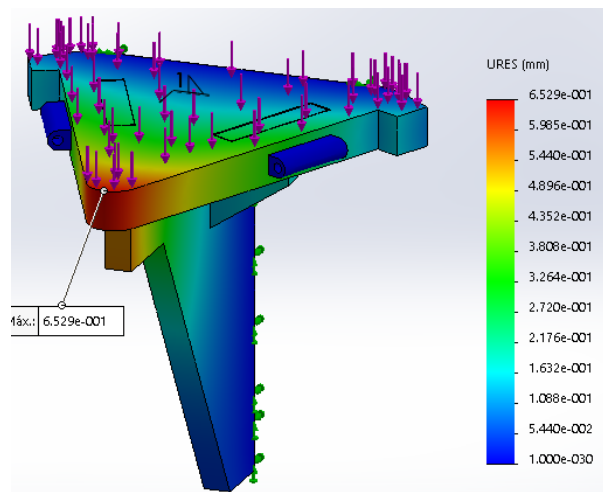


Fig. 104 Zona de desplazamiento máximo en el acople inferior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se muestra en la figura 104, el desplazamiento máximo recae en la zona en forma de punta, identificada de color rojo. El desplazamiento que posee esta sección es equivalente a  $6,529 \times 10^{-1}$  mm. Cabe resaltar que este desplazamiento no se producirá porque no se llegará a golpear los acoples.

De manera contraria el desplazamiento mínimo obtenido tras el análisis, en el acople inferior se muestra en la siguiente figura 105.

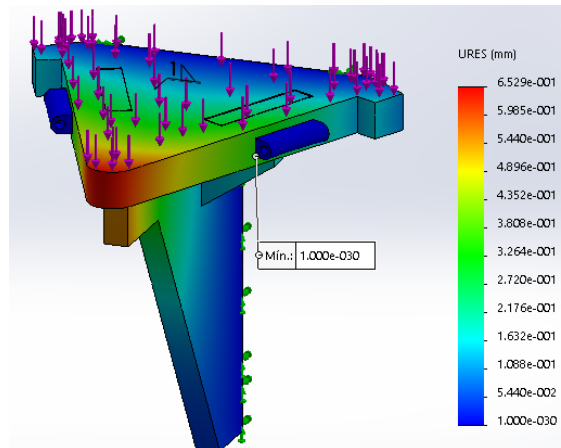


Fig. 105 Desplazamiento mínimo en el acople inferior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 105, el desplazamiento mínimo, se encuentra en los calibradores de la distancia de los discos o hélices, identificada de color azul. El desplazamiento en la zona de la superficie es de  $10^{-30}$  mm.



### c) Deformación unitaria

Como se muestra en la figura 106.

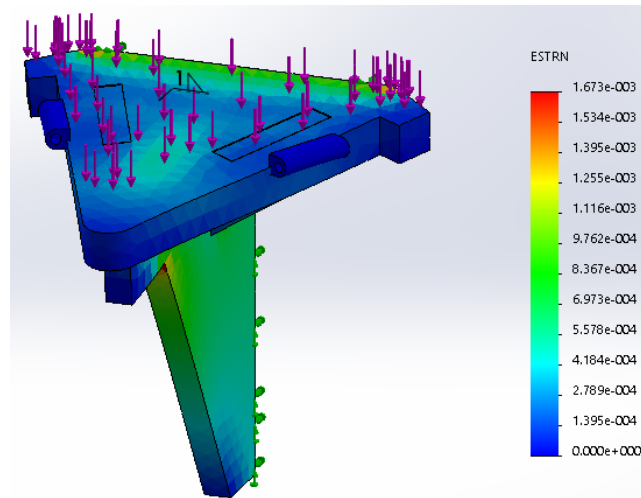


Fig. 106 Deformación unitaria en el acople inferior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 106, se muestra las secciones del acople inferior que más sufren deformación por recibir el golpe de la plegadora.

La deformación unitaria máxima que sufre el acople inferior se muestra en la siguiente figura 107.

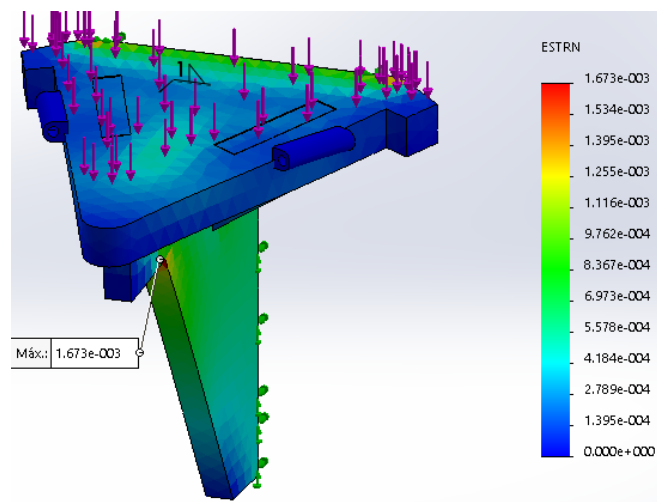


Fig. 107 Deformación unitaria máxima del acople inferior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 107, se muestra que la zona donde se encuentra el mayor factor de deformación es la parte flexión del brazo del acople inferior. El factor de deformación obtenido tras el análisis es equivalente a  $1,673 \times 10^{-3}$ , este valor indica que cuando se efectuó el golpeo de 110,11 t, la pestaña aumentará su tamaño  $1,673 \times 10^{-3}$  veces.

La deformación unitaria mínima que sufre el acople inferior se muestra en la siguiente figura 108.

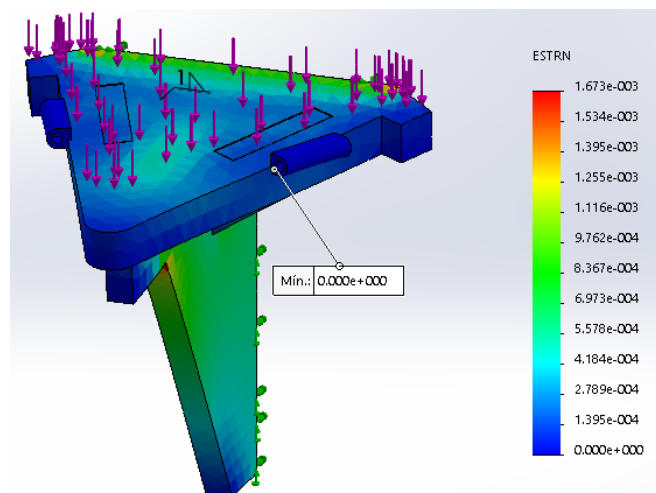


Fig. 108 Deformación unitaria mínima

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 108, se muestra que la zona donde se encuentra el menor factor de deformación es el calibrador de distancia del disco al borde de la base, indicada de color azul. El factor de deformación obtenido tras el análisis es equivalente a 0 este valor indica que, por más fuerza que se le aplique al acople este no se alterará de ninguna forma.

#### d) Factor de seguridad

Como se muestra en la figura 109.

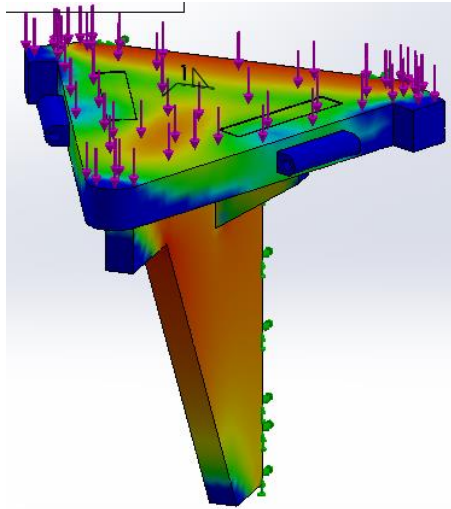


Fig. 109 Factor de seguridad en el acople inferior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 109, se muestra las secciones del acople inferior indicando el factor de seguridad desde el mínimo al máximo valor.

El factor de seguridad más elevado obtenido tras el análisis, en el acople inferior se muestra en la siguiente figura 110.

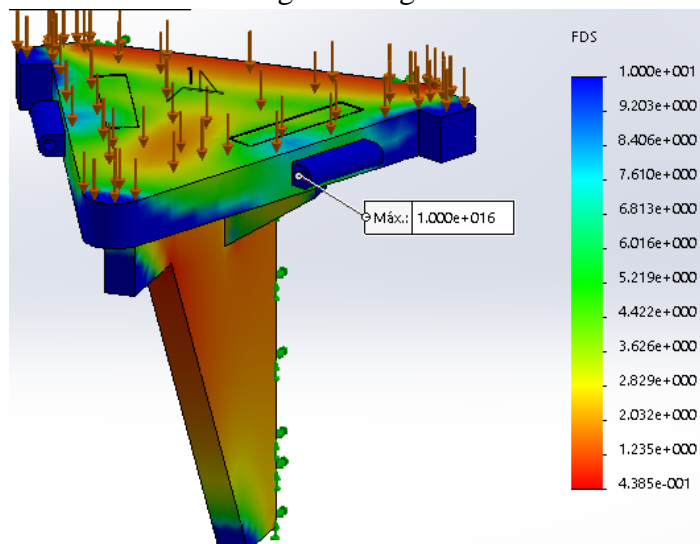


Fig. 110 Factor de seguridad del acople inferior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 110, en el calibrador de distancia y los bordes del mismo color, se muestra el factor de seguridad más alto, indicado de color azul, equivalente a  $1 \times 10^{16}$ . Esto quiere decir que el equipo puede soportar un total de  $10^{16}$  veces la carga puesta al soporte. Cabe resaltar que estas zonas son la menos afectadas al golpeo del acople.

El valor del factor de seguridad mínimo obtenido tras el análisis al acople inferior se muestra en la siguiente figura 111.

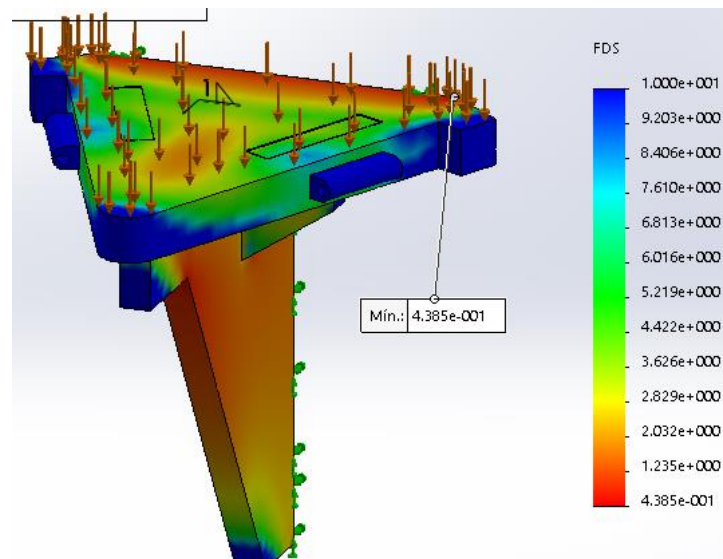


Fig. 111 Factor de seguridad del acople inferior

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 111, en la sección media acople inferior, se muestra el factor de seguridad, indicado de color entre rojo y amarillo, equivalente a 1,3 a 2. Esto quiere decir que el equipo puede soportar un aproximado de 2 veces la carga puesta al soporte.

Como se observa en siguiente figura 112.

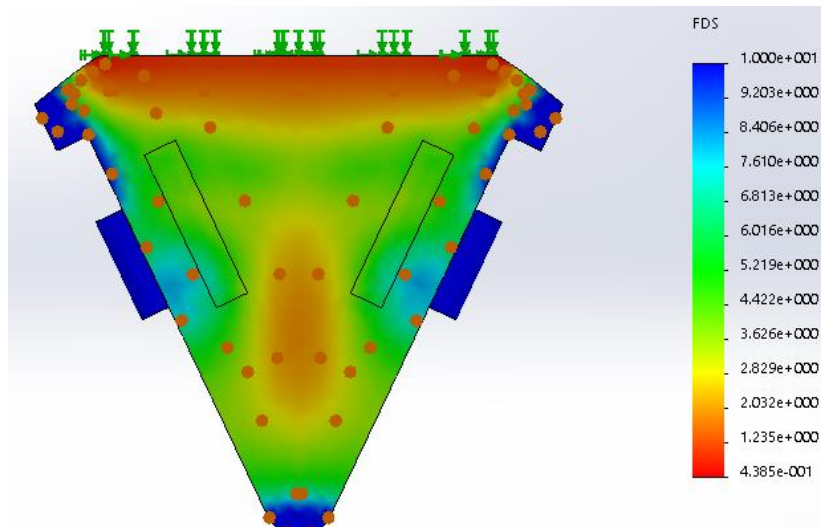


Fig. 112 Factor de seguridad del acople inferior zona de golpeo

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se muestra la zona que realiza el golpeo su factor de seguridad se encuentra entre el intervalo de 4,422 a 6,016; que es el valor ideal para el diseño mecánico es, que el factor de seguridad oscile entre 1,5 a 2.

Acorde a [8], tras realizar el análisis estático con respecto al valor del factor de seguridad establecieron un rango entre  $\langle 1,4 \text{ a } 1,7 \rangle$  para las piezas indicando que son seguras al momento de aguantar la carga que se ponga sobre estas.

Con respecto al factor de seguridad para el acople inferior se obtuvo como resultado un rango de  $\langle 4,4 \text{ a } 6,016 \rangle$  el rango obtenido en el análisis es conforme con el antecedente, además de que sobre pasa el rango.

- **Descripción del proceso de producción de los tacos**

- Para la producción de los tacos se quiere plancha de ½”.
- El proceso inicia con el diseño del taco y este es cortado en la CNC, posteriormente este es esmerilado y equilibrado con ayuda de un nivel, el proceso acaba con el pintado del taco.

### 3.5.2.5. Diagrama de operaciones de la parte superior del acople

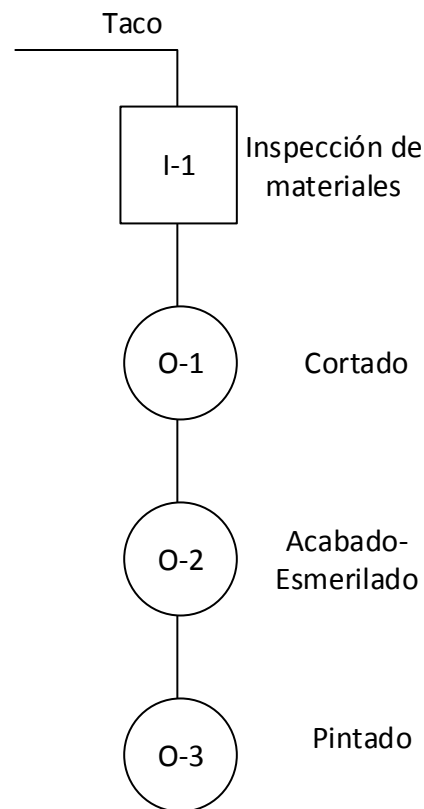


Fig. 113 Diagrama de operaciones de procesos para el taco

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

#### A. Taco

La simulación se realizó mediante el programa Solidworks, para ello se requirió el tipo de material de la estructura que es el acero ASTM A36 y la carga del tonelaje que es de 110,11 t o equivalente a 1 080 179, 1 N.

Asimismo, se asignó los puntos o zonas de sujeción y la zona de carga externa. (Ver figura 114)

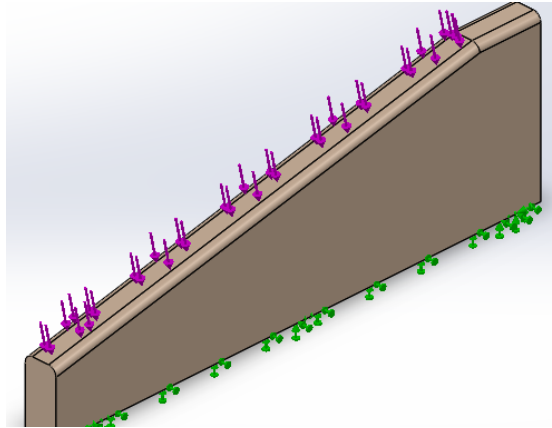


Fig. 114 Carga y sujeción del taco

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se muestra en la figura 114, las flechas de color verde indican las zonas de sujeción o zona fija de la estructura ubicadas en la base, asimismo, las flechas de color fucsia indican las zonas de carga o fuerza externa, estas están ubicadas en la parte superior de la cual recibirá el impacto y será la encargada de plegar el disco a hélices.

Los resultados obtenidos son con la fuerza del tonelaje conseguido previamente, asimismo se obtuvieron los resultados de tensión, desplazamiento, deformación unitaria y factor de seguridad.

## b) Tensión

Como se observa en la figura 115

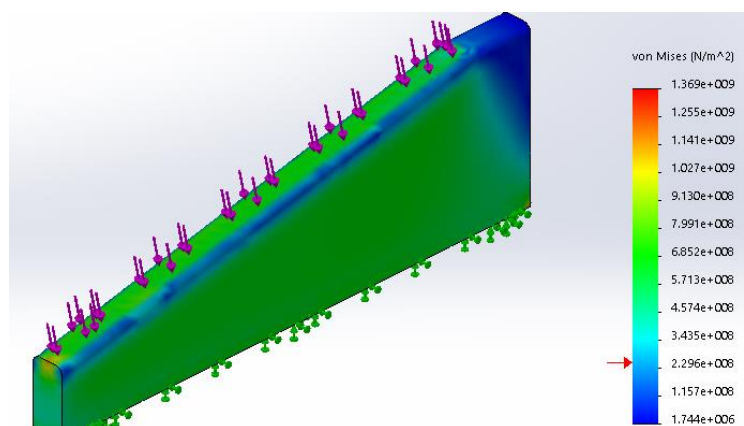


Fig. 115 Tensión en el taco

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 115, se muestra las zonas que sufren mayor tensión del taco por la carga que se aplica al disco.

La tensión máxima obtenida en el taco se muestra en la siguiente figura 116.

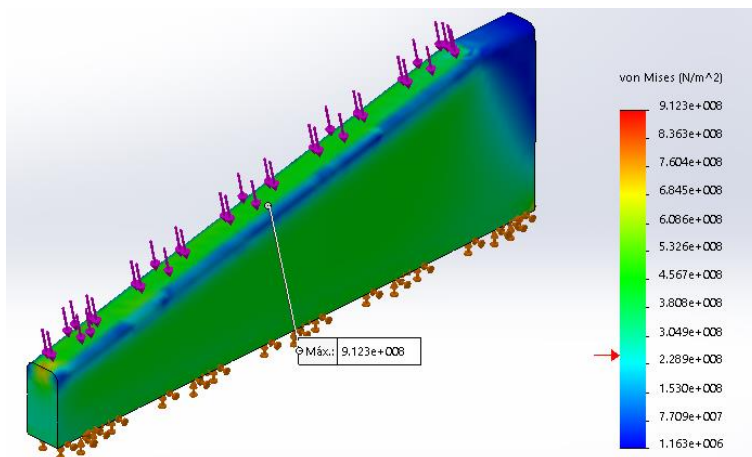


Fig. 116 Tensión máxima en el taco

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 116, la tensión máxima recae sobre la superficie del taco, que es la encargada de la separación para la hélice, identificada por un color rojo. La tensión que sufre es aproximadamente de  $9,123 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ ; esto es equivalente a  $92,99 \text{ Kg/mm}^2$ .

La tensión mínima obtenida en el taco, se muestra en la siguiente figura 117.

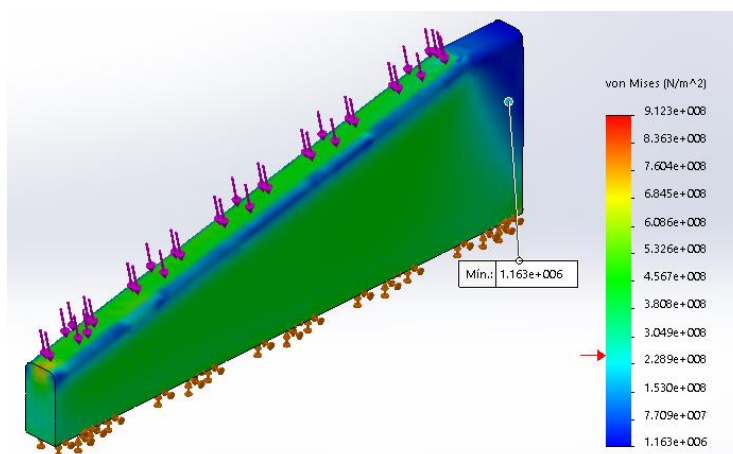


Fig. 117 Tensión mínima en el taco

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia



Como se observa en la figura 117, la tensión mínima recae en la parte superior plana, identificada de color azul. La tensión que sufre esta sección es de  $1,744 \times 10^6$  N/m<sup>2</sup>; este valor es equivalente a 0,18 kg/m<sup>2</sup>.

### e) Desplazamiento

Como se muestra en la figura 118.

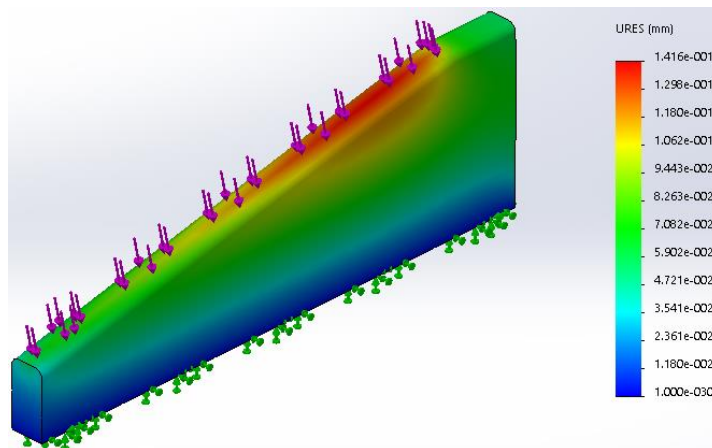


Fig. 118 Zonas de desplazamiento en el taco

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 118, se muestra las secciones del taco, que más se desplaza por la carga aplicada por la plegadora.

El desplazamiento máximo obtenido tras el análisis, en el taco se muestra en la siguiente figura 119.

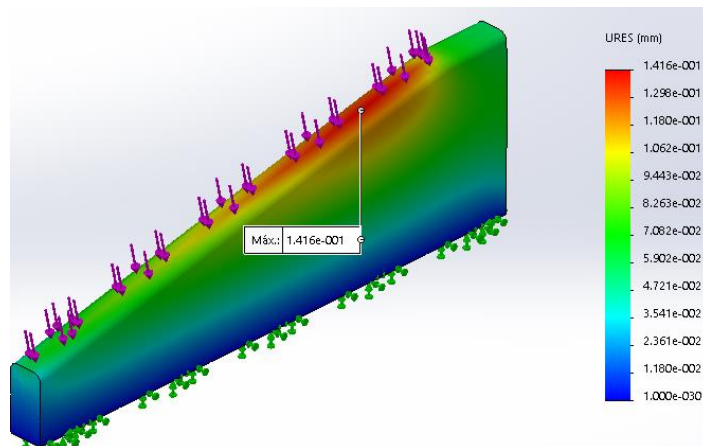


Fig. 119 Zona de desplazamiento máximo en el taco

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se muestra en la figura 119, el desplazamiento máximo recae en la superficie, debido a que es el punto inflexión por la carga suministrada, identificada de color rojo. El desplazamiento que posee esta sección es equivalente a  $1,416 \times 10^{-1}$  mm. Cabe resaltar que este desplazamiento no se producirá por completo ya que la operación consta en dar la separación al disco para convertirlo en hélice.

De manera contraria el desplazamiento mínimo obtenido tras el análisis, en el taco se muestra en la siguiente figura 120.

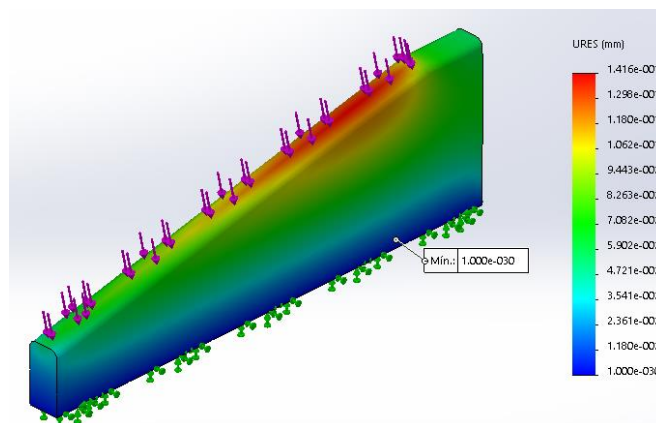


Fig. 120 Desplazamiento mínimo en el taco

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 120, el desplazamiento mínimo, se encuentra en la base de los tacos, identificada de color azul. El desplazamiento en la zona de la superficie es de  $10^{-30}$  mm.

#### f) Deformación unitaria

Como se muestra en la figura 121.

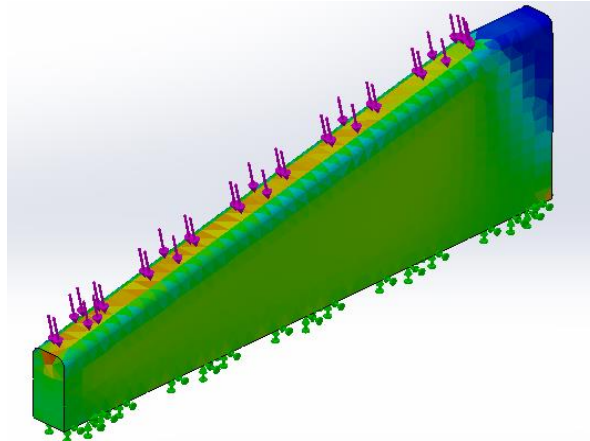


Fig. 121 Deformación unitaria en el taco

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 121, se muestra las secciones del taco que más sufren deformación al momento de plegar el disco.

La deformación unitaria máxima que sufre el taco se muestra en la siguiente figura 122.

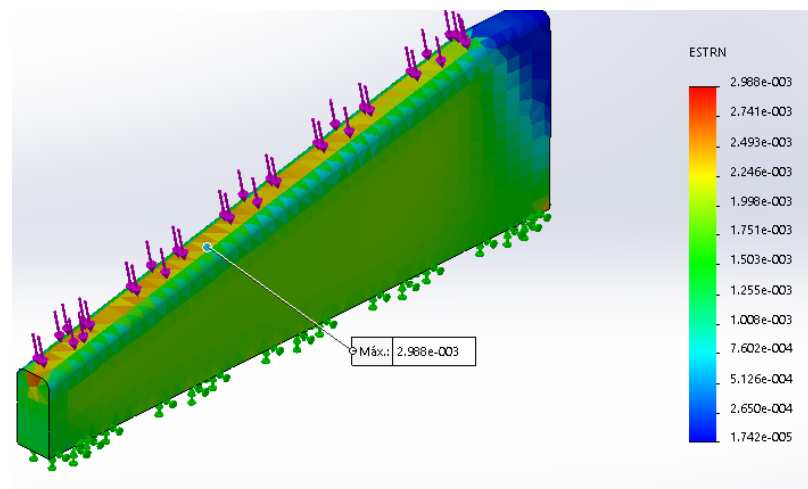


Fig. 122 Deformación unitaria máxima del taco

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 122, se muestra que la zona donde se encuentra el mayor factor de deformación es superficie del taco. El factor de deformación obtenido tras el análisis es equivalente a  $2,988 \times 10^{-3}$ , este valor indica que

cuando se efectuó el plegado al disco, el acople aumentará su tamaño  $2,988 \times 10^{-3}$  veces.

La deformación unitaria mínima que sufre el taco se muestra en la siguiente figura 123.

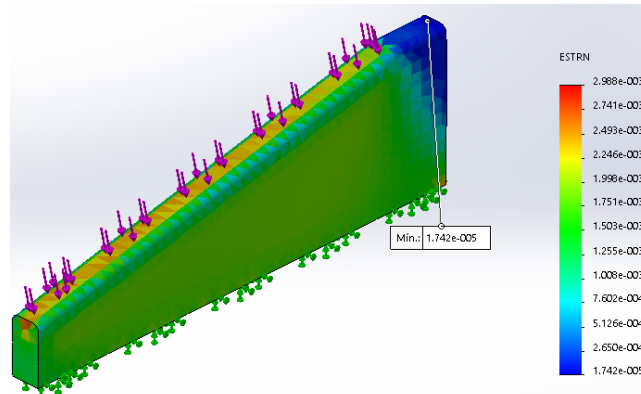


Fig. 123 Deformación unitaria mínima en el taco

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 123, se muestra que la zona donde se encuentra el menor factor de deformación es la parte plana de la superficie del taco, indicada de color azul. El factor de deformación obtenido tras el análisis es de  $1,742 \times 10^{-5}$  este valor indica que, cuando se esté realizando el proceso, esta parte aumentará su tamaño  $1,742 \times 10^{-5}$  veces.

#### g) Factor de seguridad

Como se muestra en la figura 124.

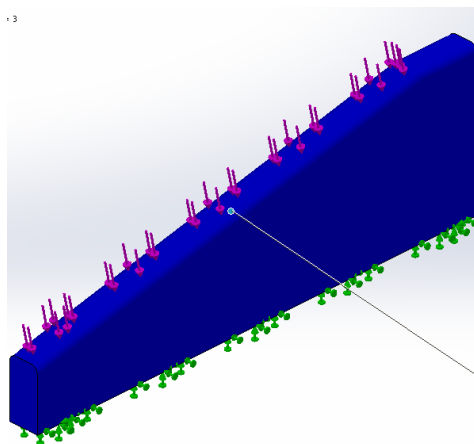


Fig. 124 Factor de seguridad del taco

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 124, se muestra las secciones del taco indicando el factor de seguridad desde el mínimo al máximo valor.

El factor de seguridad más elevado obtenido tras el análisis, en el taco se muestra en la siguiente figura 125.

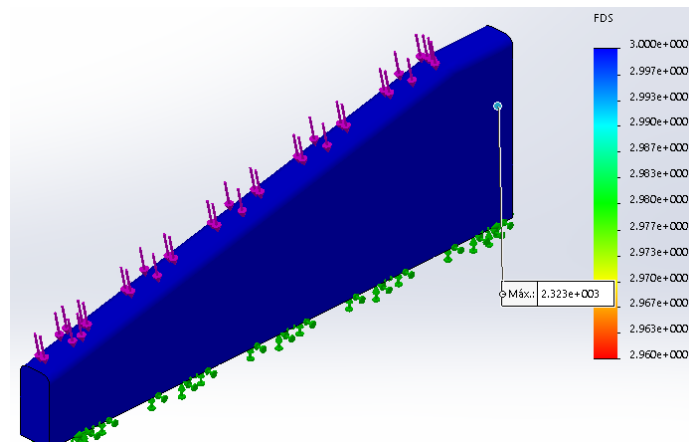


Fig. 125 Factor de seguridad máximo del taco

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 125, en el calibrador de distancia y los bordes del mismo color, se muestra el factor de seguridad más alto, indicado de color azul, equivalente a  $2,32 \times 10^3$ . Esto quiere decir que el equipo puede soportar un total de  $2,32 \times 10^3$ . veces la carga puesta al soporte. Cabe resaltar que estas zonas son la menos afectadas al golpeo del acople.

El valor del factor de seguridad mínimo obtenido tras el análisis al taco se muestra en la siguiente figura 126.

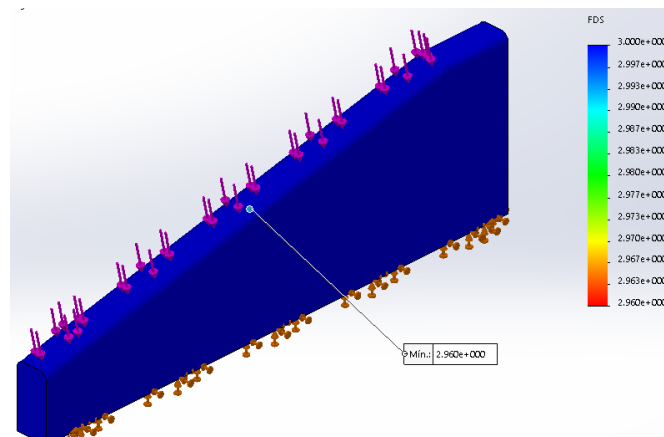


Fig. 126 Factor de seguridad del taco

Fuente: Solidworks 2017

Elaboración propia

Como se observa en la figura 126, en la sección media de la superficie del taco, se muestra el factor de seguridad más bajo, indicado de color rojo, equivalente a 2,960. Esto quiere decir que el equipo puede soportar un aproximado de 2,96 veces la carga puesta al soporte.

Acorde a [8], tras realizar el análisis estático con respecto al valor del factor de seguridad establecieron un rango entre  $<1,4 \text{ a } 1,7>$  para las piezas indicando que son seguras al momento de aguantar la carga que se ponga sobre estas.

Con respecto al factor de seguridad para el taco se obtuvo como resultado un factor de seguridad de 2,96 superando al rango establecido en el antecedente por lo que es conforme a este.

## 3.5.3. Proceso plegado mejorado

Diagrama hombre - máquina											
Operación: Plegado							Operarios			Técnico Soldador	
Máquina: Acople de plegadora										Ayudante de soldador	
Área: Producción											
Tiempo (s)	Uso	Operario	Tiempo (s)	Uso	Plegadora	Tiempo (s)	Uso	Operario	Tiempo (s)	Uso	Segundo acople
30	X	Preparación de máquina				30	X	Preparación de máquina			
11,5	X	Colocación de disco				11,5	X	Colocación de disco			
			12,5	X	Plegado				12,5	X	Plegado
11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora				11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora			
			12,5	X	Plegado				12,5	X	Plegado
11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora				11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora			
			12,5	X	Plegado				12,5	X	Plegado
11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora				11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora			
			12,5	X	Plegado				12,5	X	Plegado
11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora				11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora			
			12,5	X	Plegado				12,5	X	Plegado
20	X	Medición del paso y diámetros externo e interno de la hélice				20	X	Medición del paso y diámetros externo e interno de la hélice			
11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora				11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora			
			12,5	X	Plegado				12,5	X	Plegado
11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora				11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora			
			12,5	X	Plegado				12,5	X	Plegado
11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora				11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora			
			12,5	X	Plegado				12,5	X	Plegado
11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora				11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora			
			12,5	X	Plegado				12,5	X	Plegado
11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora				11,5	X	Medición de paso y Accionamiento de plegadora			
			12,5	X	Plegado				12,5	X	Plegado
			4	X	Hoja de plegadora a su posición inicial				4	X	Hoja de plegadora a su posición inicial
20	X	Medición del paso y diámetros externo e interno de la hélice y rectificación				20	X	Medición del paso y diámetros externo e interno de la hélice y rectificación			

Fig. 127 Diagrama hombre máquina para el proceso de plegado mejorado

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Tras aplicar el rediseño de la plegadora que consta en colocar otro par de acoples para plegado de hélices, tras esto se tuvo como resultado que el tiempo de proceso se redujo en 101,65 minutos lo que es equivalente al 50%.



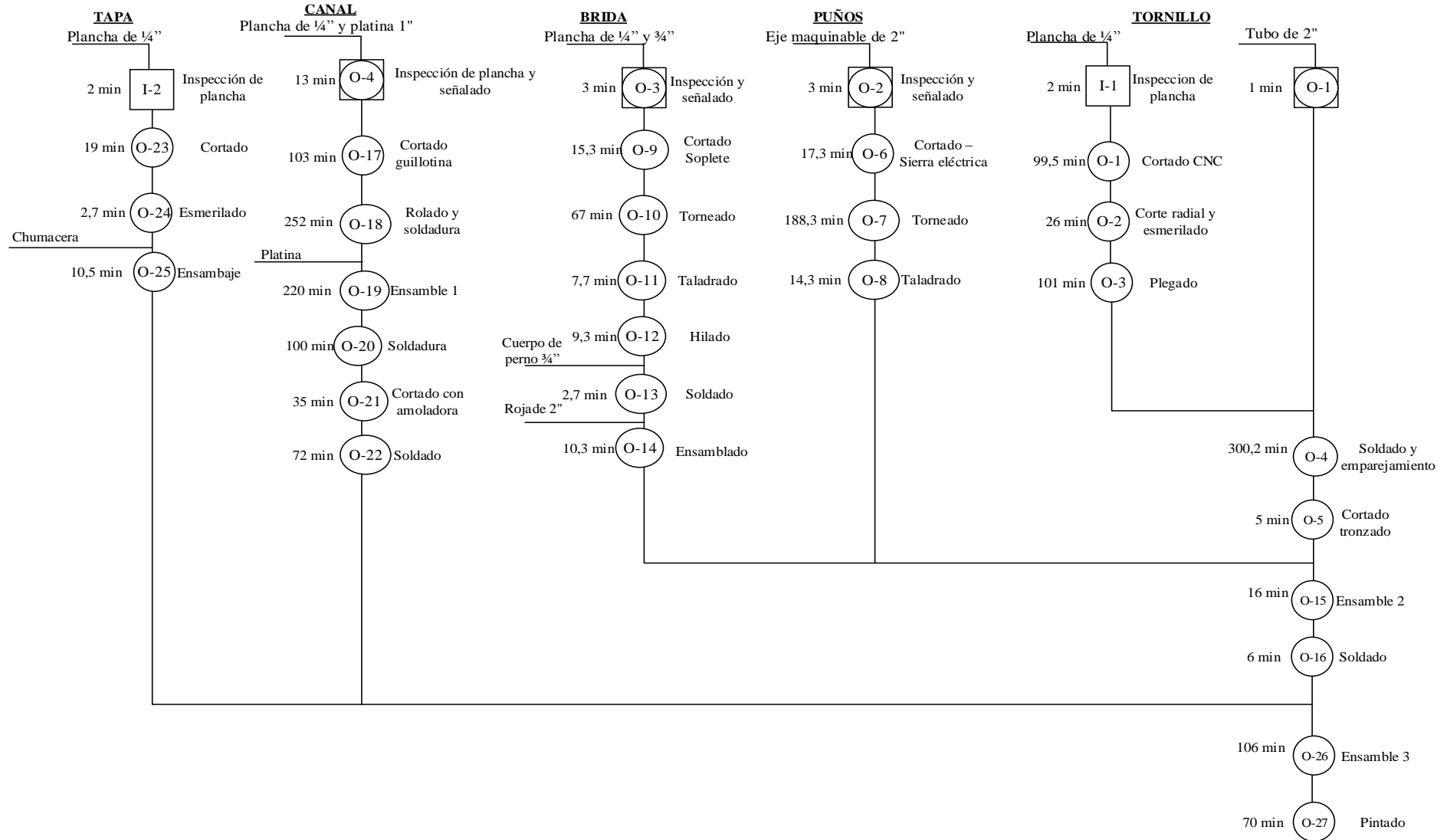
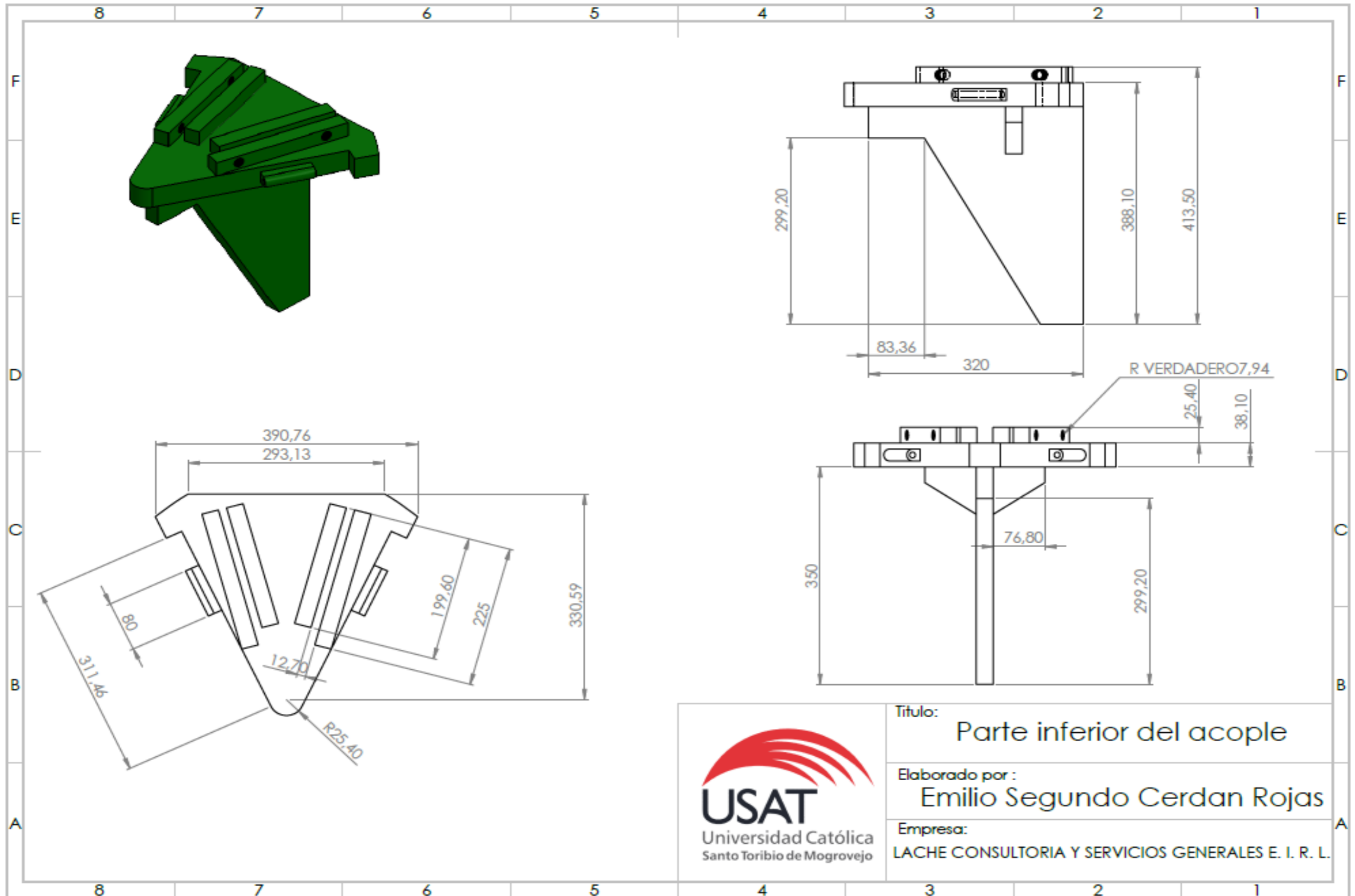


Fig. 128 Nuevo diagrama de operaciones

Fuente: Datos de la empresa

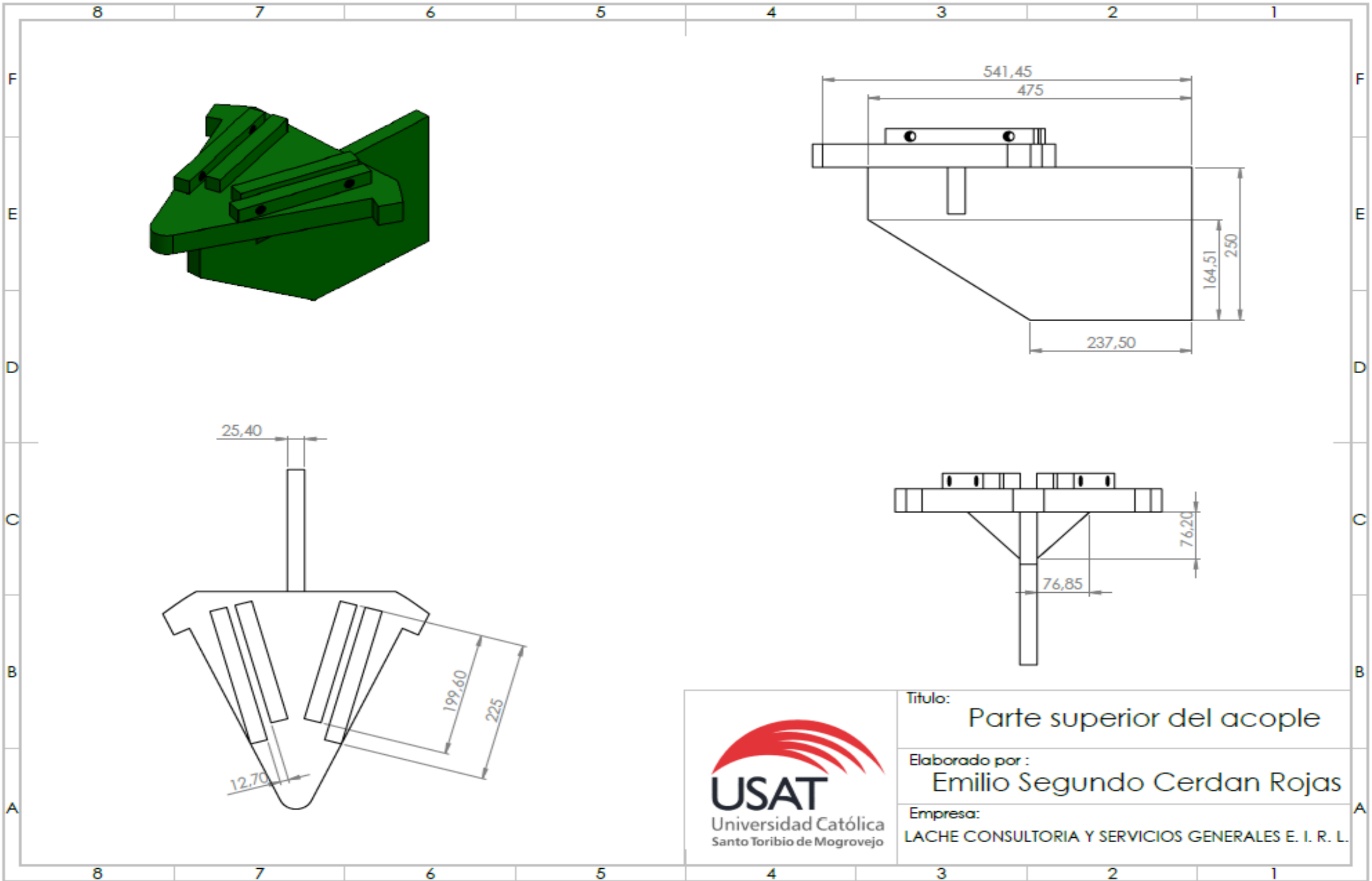
Elaboración propia



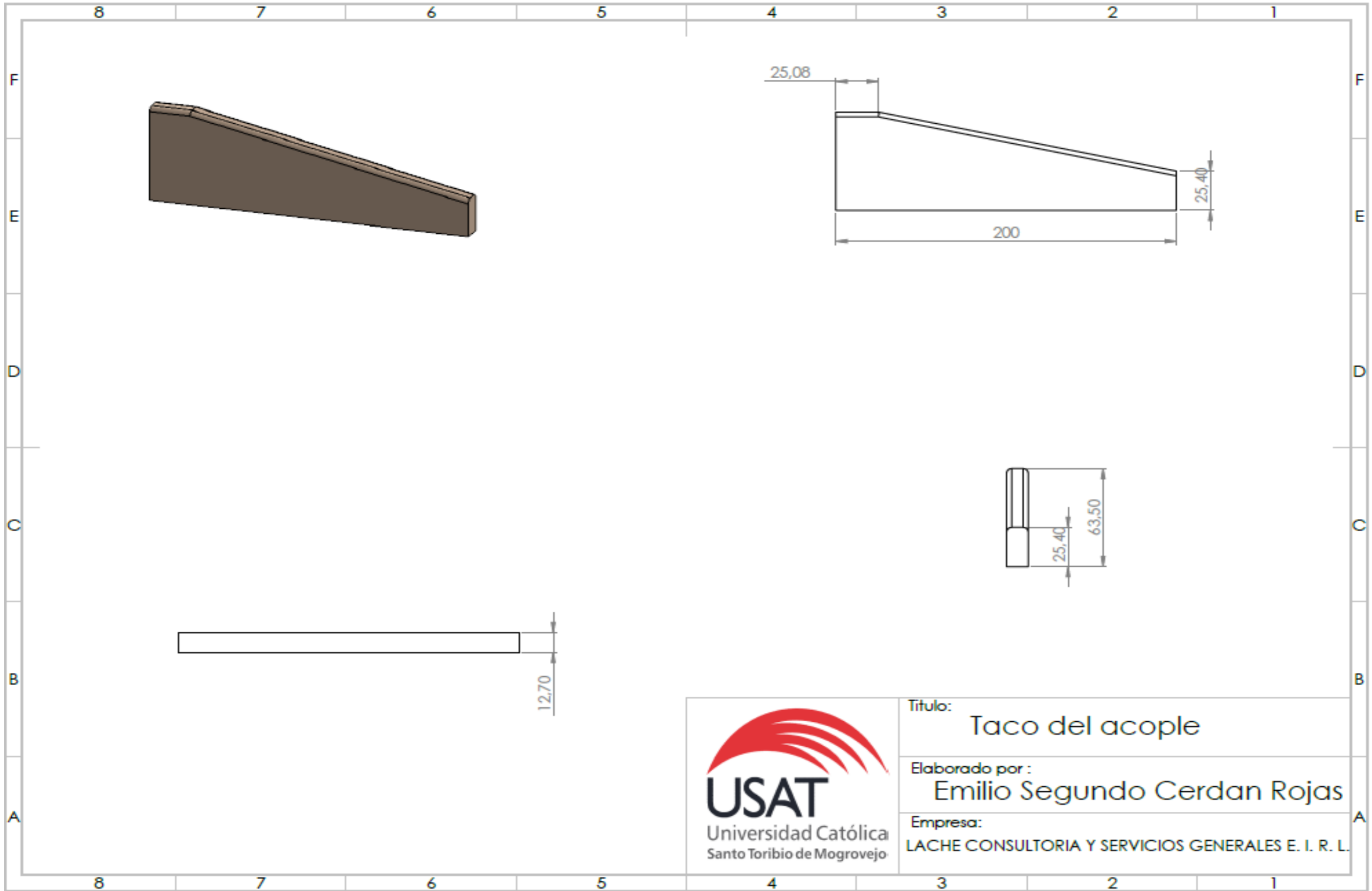
Título: **Parte inferior del acople**

Elaborado por : **Emilio Segundo Cerdan Rojas**

Empresa: **LACHE CONSULTORIA Y SERVICIOS GENERALES E. I. R. L.**



Titulo: **Parte superior del acople**  
 Elaborado por : **Emilio Segundo Cerdan Rojas**  
 Empresa: **LACHE CONSULTORIA Y SERVICIOS GENERALES E. I. R. L.**



#### **3.5.4. Reordenamiento de procesos**

Tras los resultados obtenidos en el diagnóstico, se determinó que la manera de reducir el tiempo ciclo del proceso productivo es cambiar el orden de las etapas de cortado y soldadura y emparejamiento. A partir de este nuevo orden se obtiene dos tubos o ejes en la que trabajarán dos operarios compartan el mismo proceso, logrando reducir el tiempo de ciclo de la etapa a 150,1 minutos.

Diagrama hombre - máquina											
Operación: Soldadura y emparejamiento Máquina: Soldadora Solandinas 440v - arco eléctrico Área: Producción			Operario: Técnico Soldador			Operación: Soldadura y emparejamiento Máquina: Soldadora Solandinas 440v - arco eléctrico Área: Producción			Operario: Técnico Soldador		
Tiempo (s)	Uso	Operario	Tiempo (s)	Uso	Máquina de soldar	Tiempo (s)	Uso	Operario	Tiempo (s)	Uso	Máquina de soldar
10	X	Preparación de máquina				10	X	Preparación de máquina			
20	X	Apuntalado de hélice al eje				20	X	Apuntalado de hélice al eje			
80	X	Acordonado de la mitad diámetro interno del hélice al tubo y desbastado o picado	100	X	Actividad	80	X	Acordonado de la mitad diámetro interno del hélice al tubo y desbastado o picado	100	X	Actividad
40	X	Emparejamiento de hélice				40	X	Emparejamiento de hélice			
110	X	Rellenado de vacíos y debastado o picado	110	X	Actividad	110	X	Rellenado de vacíos y debastado o picado	110	X	Actividad
40		Enfriamiento de zona soldada				40		Enfriamiento de zona soldada			
20	X	Giro de tubo				20	X	Giro de tubo			
80	X	Acordonado de la mitad diámetro interno del hélice al tubo y desbastado o picado	80	X	Actividad	80	X	Acordonado de la mitad diámetro interno del hélice al tubo y desbastado o picado	80	X	Actividad
30		Enfriamiento de zona soldada				30		Enfriamiento de zona soldada			

Fig. 129 Nuevo diagrama hombre máquina del proceso soldadura y emparejamiento

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

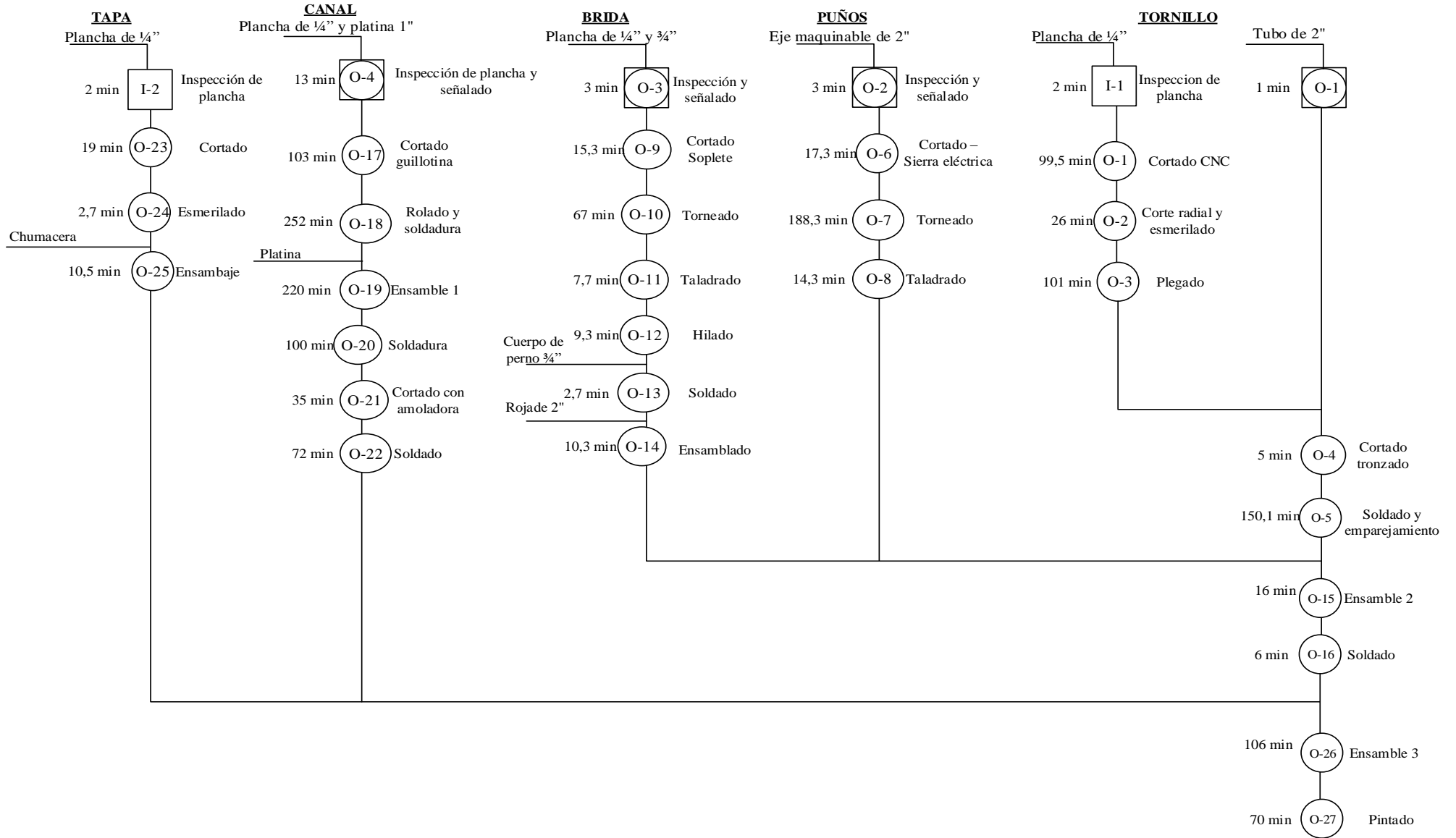


Fig. 130 Diagrama de operaciones mejorado  
Fuente: Datos de la empresa  
Elaboración propia

### 3.5.5. Diseño de flujo de línea de producción

#### 3.5.5.1. Desarrollo de propuestas de mejora.

Para el desarrollo del nuevo flujo de línea de producción se realizó dos análisis el primero que es la situación actual del proceso en sí que se denota en el diagrama de análisis de operaciones, además se tomó en cuenta la siguiente tabla 62.

**Tabla 62. Datos de las operaciones del proceso**

Parte	Operaciones	Tiempo (min)	Lote de transferencia	Nº de Op	
Canal	OP 1	Cortado - guillotina	103	1	1
	OP 2	Rolado	252	1	2
	OP 3	Ensamble 1	220	2	2
	OP 4	Soldado 1	100	2	1
	OP 5	Cortado - amoladora	35	2	1
	OP 6	Soldado 2	72	1	2
Tornillo	OP 1	Cortado CNC	99,5	1	1
	OP 2	Corte radial - esmerilado	26	1	1
	OP 3	Plegado	101,65	1	1
	OP 4	Cortado - Tronzado	5	1	1
	OP 5	Soldado y emparejamiento	150,1	1	2
	OP 6	Ensamble 2	16	1	2 a 3
	OP 7	Soldado	6	1	1
	OP 8	Ensamble 3	106	1	4
	OP 9	Pintado	70	1	1
Puño	OP 1	Cortado - Sierra mecánica	17,3	1	1
	OP 2	Torneado	188,3	1	1
	OP 3	Taladrado	14,3	1	1
Brida	OP 1	Cortado - Soplete	15,3	1	1
	OP 2	Torneado	67	1	1
	OP 3	Taladrado	7,7	1	1
	OP 4	Hilado	9,3	1	1
	OP 5	Soldado	2,7	1	1
	OP 6	Ensamble	10,3	1	1
Tapa	OP 1	Cortado CNC	19	1	1
	OP 2	Esmerilado	2,7	1	1
	OP 3	Ensamble	10,5	1	1
<b>Total</b>			<b>1726,65</b>		

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia



En la tabla 62, se muestra en primera instancia las partes del transportador de tipo tornillo sinfín, las operaciones, el tiempo, el lote de transferencia y el número de operarios requeridos para realizar estas operaciones.

Dando como resultado el total de días de no valor agregado que es de 10 días (Ver tabla 20) y de tiempo de trabajo un total de 1726,65 minutos (Ver figura 33) donde se aprecia el grafico de la situación actual de la empresa en el Diagrama de mapeo de flujo de valor.

**Tabla 63. Tiempo de no valor agregado detallado**

Parte	Operación	Indicador	Tiempo (Días)
Área de producción	Cortado de guillotina	NVA	0,86
	Torneado para los puños	NVA	1,57
	Taladrado	NVA	0,9
	Soldadura 1	NVA	0,97
	Soldadura y emparejamiento	NVA	0,52
	Soldado 2	NVA	0,77
	Soldado	NVA	0,11
	Ensamblado 3	NVA	1,93
	Pintado	NVA	1,87
<b>Total</b>			<b>9,5 días</b>

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Se tomaron esos resultados se obtuvieron tras aplicar la fórmula del no valor agregado.

$$NVA = \frac{INV \times T. ciclo}{T. disponible}$$

Los resultados obtenidos fueron a escala mensual, por ello se multiplicó por 24 para obtener los resultados en días, asimismo se eligieron los “NVA” de mayor valor que son las operaciones que se muestran, debido a que el proceso se realiza de manera paralela.

Para la obtención del WIP o stock en proceso se aplicó la siguiente fórmula.

$$WIP = Q \times \left\{ 1 - \frac{1}{C_{max}} \times \left[ C_1 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n (op1 + \dots + opn) \right) \right] \right\}$$

Tras obtener los resultados se obtiene la tabla 64.

**Tabla 64. Stock en proceso en la fabricación del Transportador de Tipo Tornillo sinfín**

Parte	Operación	Indicador	Cantidad
Canal	Cortado	WIP 1	2,77
	Rolado	WIP 2	0,75
	Ensamble 1	WIP 3	4,64
	Soldado	WIP 4	5
	Cortado	WIP 5	5,18
	Soldado	WIP 6	8,57
	Cortado CNC	WIP 1	2,67
	Corte radial	WIP 2	1,43
	Plegado	WIP 3	1,5
	Cortado	WIP 4	15,5
Tornillo	Soldado y emparejamiento	WIP 5	0,32
	Ensamble 2	WIP 6	8,6
	Soldado	WIP 7	8,73
	Ensamble 3	WIP 8	18,9
	Cortado	WIP 1	4
	Torneado	WIP 2	2,88
	Taladrado	WIP 3	5,78
Puño	Cortado	WIP 1	3,54
	Torneado	WIP 2	1,24
	Taladrado	WIP 3	5,17
	Hilado	WIP 4	4,56
Brida	Soldado	WIP 5	9,18
	Ensamble	WIP 6	9,79
	Cortado CNC	WIP 1	1,77
Tapa	Esmerilado	WIP 2	2,28
	Ensamble	WIP 3	2,94

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en el Anexo 8, las partes producidas del transportador de tipo tornillo sinfín son colocadas a lo largo del espacio que se utiliza para la producción siendo las que más espacio ocupan son las partes del canal y del tornillo, no obstante no siempre ocurre las unidades en stock debido a que la producción es paralela y no hay un orden determinada para la producción, lo que quiere decir a que para evitar este tipo de inconveniente se produce un cierto número y se empieza con otra parte del transportador de tipo tornillo sinfín, esto se aplica cuando no se tiene un lote de producción alto.

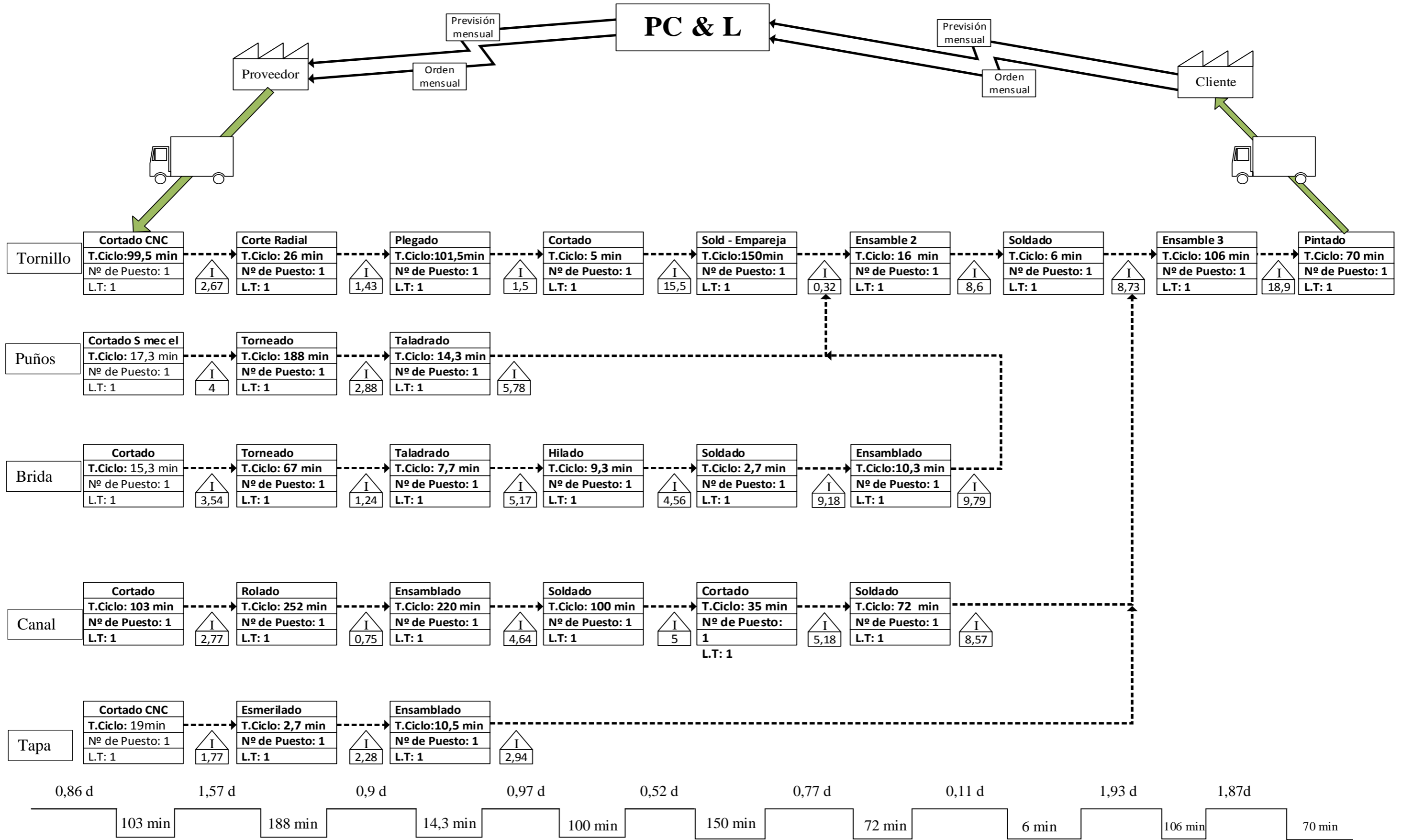


Fig. 131. Mapeo de flujo de valor nuevo  
 Fuente: Datos de la empresa  
 Elaboración propia

Para optimización del flujo de producción actual, se debió obtener los indicadores de:

- A. Tiempo equilibrado.
- B. Producción mensual futura.
- C. Número de estaciones.
- D. Takt Time.
- E. Ciclo real.
- F. Ciclo máximo.
- G. Número de trabajadores.

La obtención de estos indicadores permitirá hacer la comparación entre la situación actual y la futura del flujo de producción para la obtención del transportador de tipo tornillo sinfín. Asimismo, se realizó este análisis en las diferentes líneas de producción del transportador con la finalidad de saber cuál de estas es la que marca el ritmo de producción.

Para la obtención de los resultados mostrados en las tablas de la 56 a 60, se tomaron 8 horas por día y 24 días al mes.

**Tabla 65. Indicadores de producción del canal**

Parte	Indicador	Resultados
Canal	Tiempo Equilibrado o flujo	130min/ unid
	Producción mensual futura	88,6 unid/mes
	Estaciones de trabajo	0,407=1
	Takt Time	1920 min/unid
	Ciclo Real	782min/unid
	Ciclo Maximo	1920 min/unid
	Nº de Operario	6 op

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

El tiempo equilibrado de la línea de producción del canal es de 130 min por unidad, lo que es equivalente a 3,69 unidades al día y 88,61 unidades al mes, además se obtiene un takt time de 1920 min por unidad y un ciclo real de 782 min la unidad, la comparación de estos 2 indicadores da a conocer que existe un margen de mejora en esta línea de producción.

Para la siguiente línea de producción se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 66. Indicadores de producción del Tornillo**

Parte	Indicador	Resultados
Tornillo	Tiempo Equilibrado o flujo	92,4 min/unid
	Producción mensual futura	125 unid/mes
	Estaciones de trabajo	0,4=1
	Takt Time	1920 min/unid
	Ciclo Real	832 min/unid
	Ciclo Maximo	1920 min/unid
	N° de Operario	9 op

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

El tiempo equilibrado de la línea de producción del tornillo es de 92,4 min por unidad, lo que es equivalente a 5,19 unidades al día y 125 unidades al mes, además se obtiene un takt time de 1920 min por unidad y un ciclo real de 832 min la unidad, la comparación de estos 2 indicadores da a conocer que existe un margen de mejora en esta línea de producción.

Para la siguiente línea de producción se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 67. Indicadores de producción del Puño**

Parte	Indicador	Resultados
Puños	Tiempo Equilibrado o flujo	73 min/unid
	Producción mensual futura	157 unid/mes
	Estaciones de trabajo	0,11=1
	Takt Time	1920 min/unid
	Ciclo Real	219 min/unid
	Ciclo Máximo	1920 min/unid
	N° de Operario	3 op

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

El tiempo equilibrado de la línea de producción del puño es de 73 min por unidad, lo que es equivalente a 6,57 unidades al día y 157 unidades al mes, además se obtiene un takt time de

1920 min por unidad y un ciclo real de 219 min la unidad, la comparación de estos 2 indicadores da a conocer que existe un margen de mejora en esta línea de producción.

Para la siguiente línea de producción se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 68. Indicadores de producción de la Brida**

Parte	Indicador	Resultados
	Tiempo Equilibrado o flujo	18,71 min/unid
	Producción mensual futura	615 unid/mes
	Estaciones de trabajo	0,06=1
Brida	Takt Time	1920 min/unid
	Ciclo Real	112,3 min/unid
	Ciclo Máximo	1920 min/unid
	Nº de Operario	6 op

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

El tiempo equilibrado de la línea de producción de la brida es de 18,71 min por unidad, lo que es equivalente a 25,66 unidades al día y 615 unidades al mes, además se obtiene un takt time de 1920 min por unidad y un ciclo real de 112,3 min la unidad, la comparación de estos 2 indicadores da a conocer que existe un margen de mejora en esta línea de producción.

Para la siguiente línea de producción se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 69. Indicadores de producción de la Tapa**

Parte	Indicador	Resultados
	Tiempo Equilibrado o flujo	10,73 min/unid
	Producción mensual futura	1152 unid/mes
	Estaciones de trabajo	0,016=1
Tapa	Takt Time	1920 min/unid
	Ciclo Real	32,2 min/unid
	Ciclo Máximo	1920 min/unid
	Nº de Operario	3 op

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

El tiempo equilibrado de la línea de producción de la brida es de 10,73 min por unidad, lo que es equivalente a 44,73 unidades al día y 1152 unidades al mes, además se obtiene un takt time de 1920 min por unidad y un ciclo real de 32.2 min la unidad, la comparación de estos 2 indicadores da a conocer que existe un margen de mejora en esta línea de producción.

Tras el análisis y comparación realizado a los indicadores se toma como tiempo equilibrado los 130 minutos por unidad, debido a que es el tiempo con mayor duración a comparación de los demás. Este tiempo marca el ritmo de producción para las células de manufactura.

Para la formación de células en las líneas de producción se tuvo en cuenta las siguientes pautas:

- Tiempo de equilibrio o flujo seleccionado.
- Procesos de fabricación y Tareas de los operarios (acorde a su función).
- Dimensiones de las máquinas.
- Número de operarios acorde al funcionamiento de máquina.
- Limitaciones de proceso

Para la agrupación de células se tomó en cuenta el tiempo equilibrado que es de 130 minutos, además en las tablas 65 a 69 se muestra la cantidad de estaciones de trabajo para cada componente del transportador, además, el proceso de fabricación posee un ensamble general en el que se realiza la unión de todos los componentes.

Agrupación de procesos para la línea encargada de la producción del canal.

**Tabla 70. Tiempo de operaciones en la línea del canal**

<b>Operación</b>	<b>Tiempo de proceso (min)</b>
Corte con guillotina	103
Rolado	252
Ensamble	220
Soldado	100
Cortado con amoladora	35
Soldado	72
<b>Total</b>	<b>782 min</b>

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como indica la tabla, el proceso para realizar la producción de un canal de 8 metros es de 782 minutos, además, en la tabla 65 (ver página 213), se muestra que esta línea de producción del canal requiere de una estación de trabajo con 6 operarios para poder cumplir con el tiempo equilibrado de 130 minutos por unidad.

Como se muestra en la siguiente figura, la estación de trabajo.

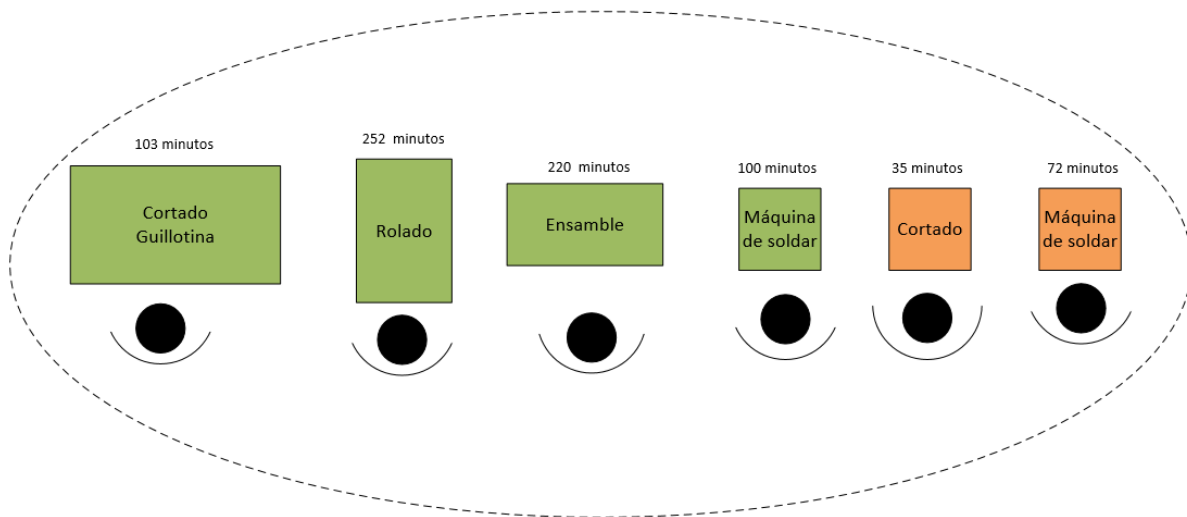


Fig. 132. Célula para la producción del canal

Fuente: Datos de la empresa  
Elaboración propia

Como se muestra en la figura, posteriormente se calculó la capacidad de células y se contrastó con las características del proceso de fabricación, número de operarios para operar la máquina y limitación del proceso. Para ello se procedió a dividir la célula en dos subcélulas de manufactura obteniendo el siguiente resultado.



Como se muestra en la siguiente figura la primera subcélula y posteriormente el cálculo de capacidad.

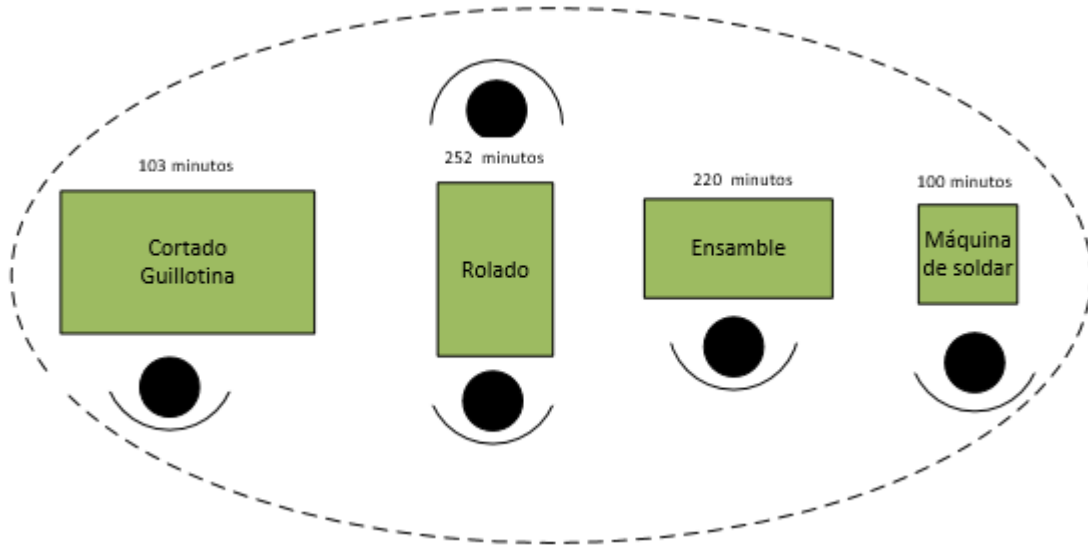


Fig. 133 Subcélula 1  
Fuente: Datos de la empresa  
Elaboración propia

Como indica la figura anterior, se optó por colocar 5 operarios, debido a que el proceso de rolado se requiere de 2 operarios para el manejo de la máquina. Posteriormente se calculó la capacidad de célula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = \frac{\text{Sumatoria de tiempos}}{n^{\circ} \text{ de operarios}}$$

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = \frac{675 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad} - \text{operario}}}{5 \text{ operarios}}$$

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = 135 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}$$

Tras el cálculo de tiempo ciclo actual de la subcélula se obtuvo que necesita 135 minutos para realizar una unidad, posteriormente, se aplicó la siguiente ecuación.

$$\text{Capacidad de célula} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{Tca}$$

$$\text{Capacidad de célula} = \frac{8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 60 \frac{\text{minutos}}{\text{hora}}}{135 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}}$$

$$\text{Capacidad de célula} = 3,56 \text{ unid/día}$$

Tras el cálculo de capacidad de la subcélula se obtuvo que es capaz de realizar 3,56 unidades al día, posteriormente se procedió a calcular la capacidad de la siguiente subcélula.

Como se muestra en la siguiente figura la segunda subcélula y posteriormente el cálculo de capacidad.

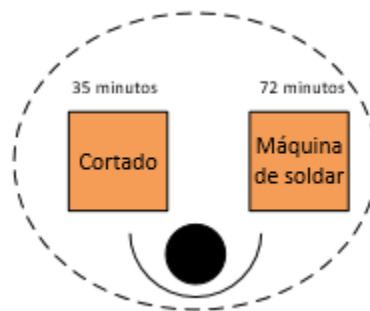


Fig. 134 Subcélula 2

Fuente: Datos de la empresa  
Elaboración propia

Como indica la figura anterior, se optó por colocar un operario, debido a que el proceso de cortado con amoladora no requiere de mucho tiempo de igual manera que el tiempo de soldadura. Posteriormente se calculó la capacidad de célula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = \frac{\text{Sumatoria de tiempos}}{n^{\circ} \text{ de operarios}}$$

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = \frac{107 \frac{\text{minutos}}{\text{unid} - \text{operario}}}{1 \text{ operarios}}$$

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = 107 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}$$

Tras el cálculo de tiempo ciclo actual de la subcélula se obtuvo que necesita 107 minutos para realizar una unidad, posteriormente, se aplicó la siguiente ecuación.

$$\text{Capacidad de célula} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{Tca}$$

$$\text{Capacidad de célula} = \frac{8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 60 \frac{\text{minutos}}{\text{hora}}}{107 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}}$$

$$\text{Capacidad de célula} = 4,48 \text{ unid/día}$$

Tras el cálculo de capacidad de la subcélula se obtuvo que es capaz de realizar 4,48 unidades al día. Asimismo, tras el cálculo de ambas capacidades de las subcélulas la que marca el paso es la primera debido a que posee un tiempo de 135 minutos por unidad, una producción diaria de 3,56 y mensual de 85,44 unidades. Además, se obtuvo la siguiente tabla resumen.

**Tabla 71. Agrupación de estaciones en la línea del canal.**

Parte	Nº de Op	Op1-Op2-Op3-Op4 (min)	Op5-Op6 (min)
Canal	1	675	107
	2	337,5	53,5
	3	225	69
	4	168,75	51,75
	5	135	41,4
	6	95,83	34,5

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 71, se obtuvieron dos agrupaciones con un total de 6 operarios, la primera subcélula conformada por las 4 primeras operaciones con 5 operarios y un tiempo aproximado de 135 minutos por unidad y la otra por un operario y un tiempo de 107 minutos por unidad.

Agrupación de procesos para la línea encargada de la producción de la tapa.

**Tabla 72. Tiempo de operaciones en la línea de la tapa**

Operación	Tiempo de proceso (min)
Cortado CNC	19
Esmerilado	2,7
Ensamblado	10,5
<b>Total</b>	<b>32,2min</b>

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como indica la tabla, el proceso para realizar la producción de ambas tapas del transportador es de 32,2 minutos, además, en la tabla 69 (ver página 215), se muestra que esta línea de producción de tapas requiere de una estación de trabajo con 3 operarios para poder cumplir con el tiempo equilibrado de 10,73 minutos por unidad, no obstante, el tiempo que marca el paso de producción es el que posee la subcélula 1 del canal que es de 135 minutos la unidad y un tiempo equilibrado de 130 minutos la unidad.

Como se muestra en la siguiente figura, la estación de trabajo.

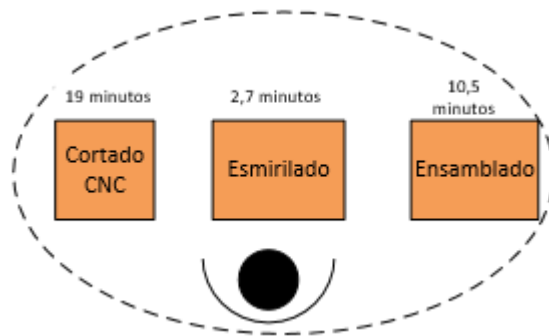


Fig. 135. Célula para la producción de las tapas

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la figura, posteriormente se calculó la capacidad de células y se contrastó con las características del proceso de fabricación, número de operarios para operar la máquina y limitación del proceso.

Como indica la figura anterior, se optó por colocar 1 operarios, debido a que los procesos de cortado, esmerilado y ensamblado son cortos; y deben estar en función del tiempo equilibrado del proceso total. Posteriormente se calculó la capacidad de célula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = \frac{\text{Sumatoria de tiempos}}{n^{\circ} \text{ de operarios}}$$

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = \frac{32,2 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad - operario}}}{1 \text{ operario}}$$

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = 32,2 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}$$

Tras el cálculo de tiempo ciclo actual de la subcélula se obtuvo que necesita 32,2 minutos para realizar una unidad, posteriormente, se aplicó la siguiente ecuación.

$$\text{Capacidad de célula} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{Tca}$$

$$\text{Capacidad de célula} = \frac{8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 60 \frac{\text{minutos}}{\text{hora}}}{32,2 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}}$$

$$\text{Capacidad de célula} = 14,9 \text{ pares de tapas/día}$$

Tras el cálculo de capacidad de la célula se obtuvo que es capaz de realizar 14,9 pares de tapas al día. Asimismo, tras el cálculo capacidad de la célula la que marca el paso es la primera subcélula del canal debido a que posee un tiempo de 135 minutos por unidad, una producción diaria de 3,56 y mensual de 85,44 unidades. Además, se obtuvo la siguiente tabla resumen.

Tabla 73. Agrupación de estaciones en la línea de tapas

Parte	Nº de Op	Op1-Op2-Op3 (min)
	1	32,2
Tapa	2	16,1
	3	10,73

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla, se obtuvo una célula con un operario y un tiempo aproximado de 32,2 minutos.

Agrupación de procesos para la línea encargada de la producción de los puños

Tabla 74. Tiempo de operaciones en la línea de los puños

Operación	Tiempo de proceso (min)
Cortado	17,3
Torneado	188
Taladrado	14,3
<b>Total</b>	<b>219,6 min</b>

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como indica la tabla, el proceso para realizar la producción de los puños del transportador es de 219,6 minutos, además, en la tabla 67 (ver página 214), se muestra que esta línea de producción de los puños requiere de una estación de trabajo con 3 operarios para poder cumplir con el tiempo equilibrado de 73 minutos por unidad, no obstante, el tiempo que marca el paso de producción es el que posee la subcélula 1 del canal que es de 135 minutos la unidad y un tiempo equilibrado de 130 minutos la unidad.

Como se muestra en la siguiente figura, la estación de trabajo.

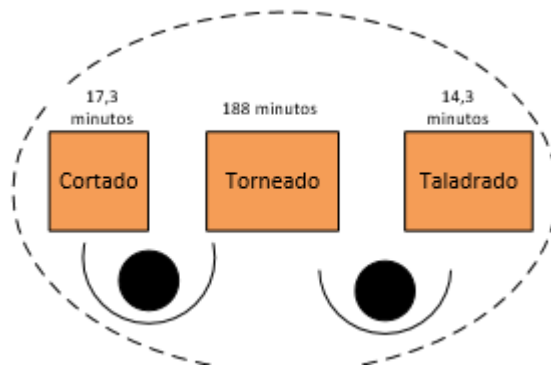


Fig. 136. Célula para la producción de los puños

Fuente: Datos de la empresa  
Elaboración propia

Como se muestra en la figura, posteriormente se calculó la capacidad de células y se contrastó con las características del proceso de fabricación, número de operarios para operar la máquina y limitación del proceso.

Como indica la figura anterior, se optó por colocar 2 operarios, debido a que los procesos de cortado, torneado y taladrado son un poco extensos; y deben estar en función del tiempo equilibrado del proceso total, por ello los procesos agrupados será realizado por 2 operarios. Posteriormente se calculó la capacidad de célula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = \frac{\text{Sumatoria de tiempos}}{n^{\circ} \text{ de operarios}}$$

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = \frac{219,6 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad - operario}}}{2 \text{ operarios}}$$

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = 109,8 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}$$

Tras el cálculo de tiempo ciclo actual de la subcélula se obtuvo que necesita 109,8 minutos para realizar una unidad, posteriormente, se aplicó la siguiente ecuación.

$$\text{Capacidad de célula} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{Tca}$$

$$\text{Capacidad de célula} = \frac{8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 60 \frac{\text{minutos}}{\text{hora}}}{109,8 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}}$$

$$\text{Capacidad de célula} = 4,37 \text{ puños/día}$$

Tras el cálculo de capacidad de la célula se obtuvo que es capaz de realizar 4,37 puños al día. Asimismo, tras el cálculo capacidad de la célula la que marca el paso es la primera subcélula del canal debido a que posee un tiempo de 135 minutos por unidad, una producción diaria de 3,56 y mensual de 85,44 unidades. Además, se obtuvo la siguiente tabla resumen.

**Tabla 75. Agrupación de estaciones en la línea de puños**

Parte	Nº de Op	Op1-Op2 (min)	Op1-Op2-Op3 (min)
Puño	1	205,8	220,1
	2	102,8	109,8

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla, se obtuvo una célula con un operario y un tiempo aproximado de 109,8 minutos.

Agrupación de procesos para la línea encargada de la producción de la brida

**Tabla 76. Tiempo de operación en la línea de la brida**

Operación	Tiempo de proceso (min)
Cortado	15,3
Torneado	67
Taladrado	7,7
Hilado	9,3
Soldado	2,7
Ensamblado	10,3
<b>Total</b>	<b>112,3 min</b>

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia



Como indica la tabla, el proceso para realizar la producción de la brida del transportador es de 112,3 minutos, además, en la tabla 68 (ver página 215), se muestra que esta línea de producción de tapas requiere de una estación de trabajo con 6 operarios para poder cumplir con el tiempo equilibrado de 18,71 minutos por unidad, no obstante, el tiempo que marca el paso de producción es el que posee la subcélula 1 del canal que es de 135 minutos la unidad y un tiempo equilibrado de 130 minutos la unidad.

Como se muestra en la siguiente figura, la estación de trabajo.

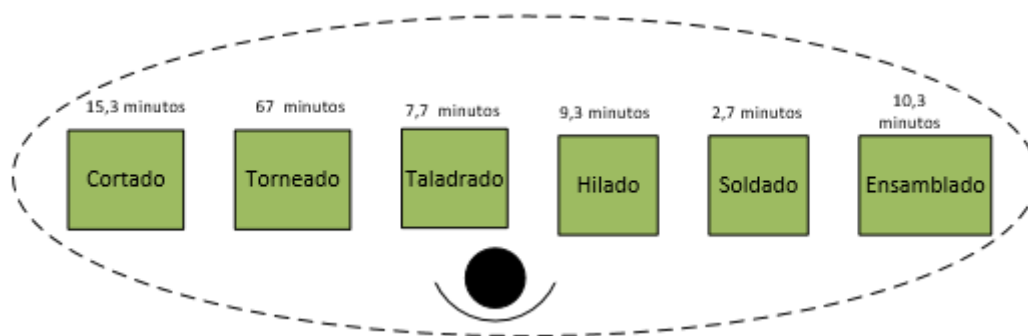


Fig. 137. Célula para la producción de la brida

Fuente: Datos de la empresa  
Elaboración propia

Como se muestra en la figura, posteriormente se calculó la capacidad de células y se contrastó con las características del proceso de fabricación, número de operarios para operar la máquina y limitación del proceso.

Como indica la figura anterior, se optó por colocar 1 operarios, debido a que los procesos de cortado, torneado, taladrado, hilado soldado y ensamblado son cortos y entre ellos llegan a 112,3 minutos; y deben estar en función del tiempo equilibrado del proceso total. Posteriormente se calculó la capacidad de célula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = \frac{\text{Sumatoria de tiempos}}{n^{\circ} \text{ de operarios}}$$

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = \frac{112,3 \frac{\text{minutos}}{\text{unid} - \text{operario}}}{1 \text{ operario}}$$

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = 112,3 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}$$

Tras el cálculo de tiempo ciclo actual de la subcélula se obtuvo que necesita 112,3 minutos para realizar una unidad, posteriormente, se aplicó la siguiente ecuación.

$$\text{Capacidad de célula} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{Tca}$$

$$\text{Capacidad de célula} = \frac{8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 60 \frac{\text{minutos}}{\text{hora}}}{112,3 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}}$$

$$\text{Capacidad de célula} = 4,27 \text{ brida/día}$$

Tras el cálculo de capacidad de la célula se obtuvo que es capaz de realizar 4,27 bridas al día. Asimismo, tras el cálculo capacidad de la célula la que marca el paso es la primera subcélula del canal debido a que posee un tiempo de 135 minutos por unidad, una producción diaria de 3,56 y mensual de 85,44 unidades. Además, se obtuvo la siguiente tabla resumen.

**Tabla 77 . Agrupación de estaciones en la línea de brida**

Parte	Nº de Op	Op1-Op2-Op3 (min)	Op4-Op5-Op6 (min)	Op1-Op2-Op3-Op4-Op5- Op6 (min)
	1	89,7	21,3	112,3
	2	44,85	10,65	56,15
Brida	3	29,9	7,1	37,43333333
	4	22,452	5,325	28,075
	5	17,95	4,23	22,46
	6	14,95	3,55	18,71666667

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla, se obtuvo una célula con un operario y un tiempo aproximado de 112,3 minutos.

Agrupación de procesos para la línea encargada de la producción del tornillo.

**Tabla 78. Tiempo de operaciones en la línea del tornillo**

Operación	Tiempo de proceso (min)
Cortado CNC	99,5
Corte radial	26
Plegado	101,5
Cortado	5
Soldadura y emparejamiento	150
Ensamble 2	16
Soldado	6
Ensamble 3	106
Pintado	70
<b>Total</b>	<b>580 min</b>

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como indica la tabla, el proceso para realizar la producción de un canal de 8 metros es de 782 minutos, además, en la tabla 66 (ver página 214), se muestra que esta línea de producción del canal requiere de una estación de trabajo con 9 operarios para poder cumplir con el tiempo equilibrado de 92,4 minutos por unidad.

Como se muestra en la siguiente figura, la estación de trabajo.

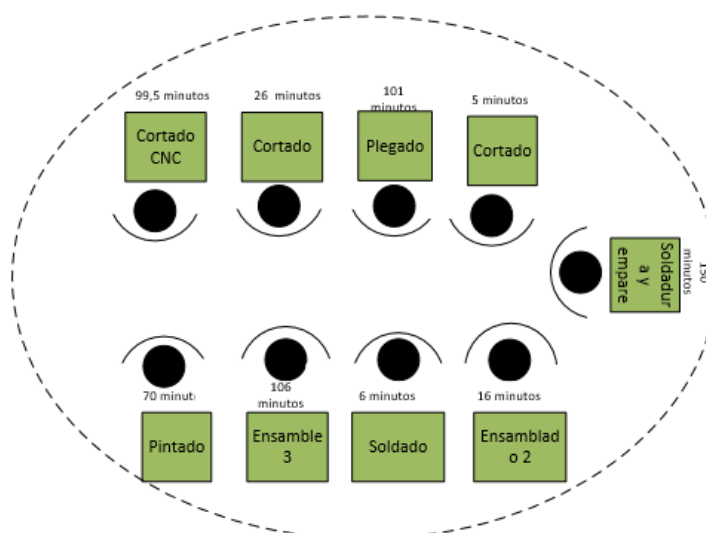


Fig. 138. Célula para la producción del tornillo

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la figura, posteriormente se calculó la capacidad de células y se contrastó con las características del proceso de fabricación, número de operarios para operar la máquina y limitación del proceso. La línea de producción del tornillo o gusano posee 2 ensambles, siendo el primero el ensamble 2 que consta en la unión de la brida y los puños al tornillo y el ensamble 3 que es la unión el canal y las tapas al tornillo, por lo cual no puede existir solo una estación de trabajo por lo que se procedió a dividir la célula, en una, célula que abarca las operaciones de cortado mediante CNC, corte radial, plegado, soldadura y emparejamiento y cortado con tronzadora, luego agrupar las operaciones de ensamble 2 y la operación de soldado, después el ensamble 3 y el pintado del transportador de tipo tornillo sinfín, obteniendo el siguiente resultado.

Como se muestra en la siguiente figura la primera subcélula y posteriormente el cálculo de capacidad.

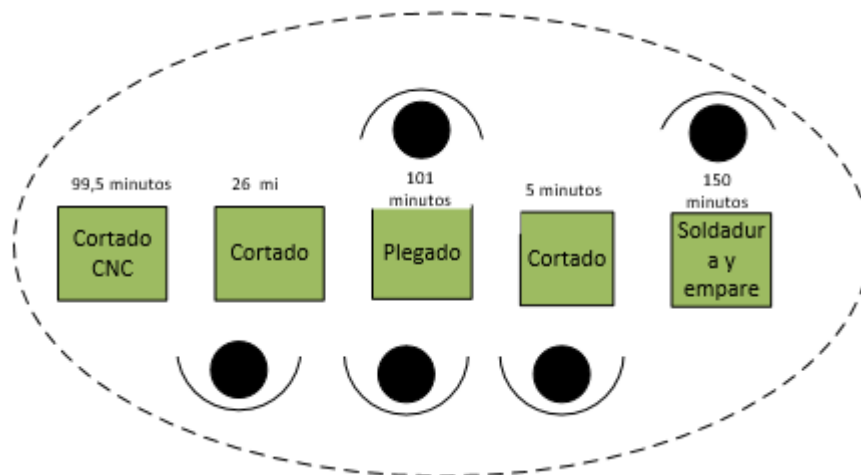


Fig. 139 Subcélula 1

Fuente: Datos de la empresa  
Elaboración propia

Como indica la figura anterior, se optó por colocar 5 operarios, debido a que los procesos de plegado y soldadura y emparejamiento se requiere de 2 operarios más por el rediseño de la plegadora y el nuevo puesto de trabajo en la etapa de soldadura y emparejamiento. Posteriormente se calculó la capacidad de célula mediante la siguiente ecuación:

$$Tiempo\ ciclo\ actual(Tca) = \frac{Sumatoria\ de\ tiempos}{n^{\circ}\ de\ operarios}$$

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = \frac{382,25 \frac{\text{minutos}}{\text{unid} - \text{operario}}}{3 \text{ operarios}}$$

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = 127 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}$$

Tras el cálculo de tiempo ciclo actual de la subcélula se obtuvo que necesita 127 minutos para realizar una unidad, posteriormente, se aplicó la siguiente ecuación.

$$\text{Capacidad de célula} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{Tca}$$

$$\text{Capacidad de célula} = \frac{8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 60 \frac{\text{minutos}}{\text{hora}}}{127 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}}$$

$$\text{Capacidad de célula} = 3,77 \text{ unid/día}$$

Tras el cálculo de capacidad de la subcélula se obtuvo que es capaz de realizar 3,77 unidades al día. Asimismo, cabe resaltar que la célula es la que marca el paso del proceso de fabricación en la línea de tornillo o gusano, luego sigue la agrupación de las etapas de ensamble 2 y soldado para luego realizar el ensamble 3 y final mente el pintado del transportador.

Como se muestra en la siguiente figura la segunda célula y posteriormente el cálculo de capacidad.

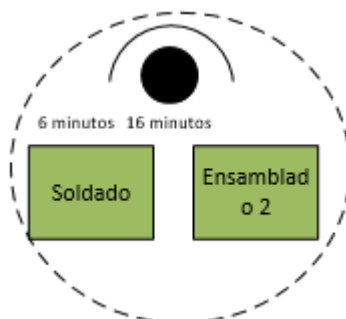


Fig. 140 Subcélula 2

Fuente: Datos de la empresa  
Elaboración propia

Como indica la figura anterior, se optó por colocar 1 operarios, debido a que los procesos de ensamblado 2 y soldado son cortos. Posteriormente se calculó la capacidad de célula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = \frac{\text{Sumatoria de tiempos}}{n^{\circ} \text{ de operarios}}$$

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = \frac{22 \frac{\text{minutos}}{\text{unid} - \text{operario}}}{1 \text{ operarios}}$$

$$\text{Tiempo ciclo actual}(Tca) = 22 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}$$

Tras el cálculo de tiempo ciclo actual de la subcélula se obtuvo que necesita 22 minutos para realizar una unidad, posteriormente, se aplicó la siguiente ecuación.

$$\text{Capacidad de célula} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{Tca}$$

$$\text{Capacidad de célula} = \frac{8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 60 \frac{\text{minutos}}{\text{hora}}}{22 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}}$$

$$\text{Capacidad de célula} = 21,81 \text{ unid/día}$$

Tras el cálculo de capacidad de la célula se obtuvo que es capaz de realizar 21,81 unidades al día. Asimismo, cabe resaltar que la célula 1 es la que marca el paso del proceso de fabricación en la línea de tornillo o gusano, luego el ensamble 3 y final mente el pintado del transportador. Además, se obtuvo la siguiente tabla resumen.

**Tabla 79 .Agrupación de estaciones en la línea del tornillo**

Parte	Nº de Op	Op1-Op2-Op3-Op4-Op5 (min)	Op6-Op7	Op8	Op9
Tornillo	1	381,5	22	106	70
	2	190,75	11	53	35
	3	127,16	-	35,3	23,3
	4	95,37	-	26,5	17,5

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla, se obtuvo una célula con un operario y un tiempo aproximado de 127,16 minutos. tras el cálculo capacidad de la célula la que marca el paso es la primera subcélula del canal debido a que posee un tiempo de 135 minutos por unidad, una producción diaria de 3,56 y mensual de 85,44 unidades.

Tras la asignación de células de manufactura en las líneas de producción, se pasó a calcular el nuevo lote de transferencia, mediante el número de tarjetas kanban en cada una de las líneas y se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 80. N° de tarjetas Kanban en la línea de producción del canal para la célula 1**

Parte	Indicadores	Resultados
Canal (Célula 1)	Kanban	0,0625 kanban
	Producción demandada	6 unid/mes
	Tiempo de flujo	135 min/uni
	Tiempo disponible	12960 min/ mes

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 80, el número de tarjetas kanban requeridas en la línea de producción del canal es de 0,0625; esto se debe a que el cálculo realizado esta en meses acorde a la demanda del producto y al obtener un valor tan bajo se redondea a 1, por lo tanto, la cantidad de tarjetas kanban en la línea de producción del canal es de 1 unidad

**Tabla 81. N° de tarjetas Kanban en la línea de producción del tornillo para la célula 1**

Parte	Indicadores	Resultados
Tornillo (Célula 1)	Kanban	0,058 Kanban
	Producción demandada	6 unid/mes
	Tiempo de flujo	127,16 min/uni
	Tiempo disponible	12960 min/ mes

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 81, el número de tarjetas kanban requeridas en la línea de producción del tornillo es de 0,058; esto se debe a que el cálculo realizado está en meses acorde a la demanda del producto y al obtener un valor tan bajo se redondea a 1, por lo tanto, la cantidad de tarjetas kanban en la línea de producción del tornillo es de 1 unidad. Asimismo, para el caso de la segunda célula como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 82. N° de tarjetas Kanban en la línea de producción del tornillo para la célula 2**

Parte	Indicadores	Resultados
Tornillo (Célula 2)	Kanban	0,011 Kanban
	Producción demandada	6 unid/mes
	Tiempo de flujo	22 min/uni
	Tiempo disponible	12960 min/ mes

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Entonces se obtiene como resultado que en la línea de producción del tornillo se tiene dos tarjetas kanban que serán asignadas en el proceso.

En la siguiente tabla se muestra el número de tarjetas kanban requeridas para el proceso de fabricación de los puños.



**Tabla 83. N° de tarjetas Kanban en la línea de producción de los puños**

Parte	Indicadores	Resultados
Puños	Kanban	0,051 Kanban
	Producción demandada	6 unid/mes
	Tiempo de flujo	109,95 min/uni
	Tiempo disponible	12960 min/ mes

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como muestra la tabla 83, la tarjeta requerida para la producción de los puños es de 0,051 unidades, esto se debe a que el cálculo realizado esta en meses acorde a la demanda del producto y al obtener un valor tan bajo se redondea a 1, entonces, se obtiene que en la línea de producción de los puños se tiene una tarjeta kanban.

En la siguiente tabla se muestra el número de tarjetas kanban requeridas para el proceso de fabricación de la brida.

**Tabla 84. N° de Tarjetas Kanban en la línea de producción de la brida**

Parte	Indicadores	Resultados
Brida	Kanban	0,052 Kanban
	Producción demandada	6 unid/mes
	Tiempo de flujo	112,3 min/uni
	Tiempo disponible	12960 min/ mes

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como muestra la tabla 81, la tarjeta requerida para la producción de la brida es de 0,052 unidades, esto se debe a que el cálculo realizado esta en meses acorde a la demanda del producto y al obtener un valor tan bajo se redondea a 1, entonces, se obtiene que en la línea de producción de la brida se tiene una tarjeta kanban

En la siguiente tabla se muestra el número de tarjetas kanban requeridas para el proceso de fabricación de los puños.

**Tabla 85. N° de Tarjetas Kanban en la línea de producción de la tapa**

Parte	Indicadores	Resultados
Tapa	Kanban	0,015 Kanban
	Producción demandada	6 unid/mes
	Tiempo de flujo	32 min/uni
	Tiempo disponible	12960 min/ mes

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como muestra la tabla 82, la tarjeta requerida para la producción de la tapa es de 0,015 unidades, esto se debe a que el cálculo realizado esta en meses acorde a la demanda del producto y al obtener un valor tan bajo se redondea a 1, entonces, se obtiene que en la línea de producción de la tapa se tiene una tarjeta kanban.

Mediante la división de la nueva producción mensual entre el número de tarjetas obtenidos en las anteriores tablas respectivas, da como cociente el nuevo lote de transferencia, esta operación se realizó en las líneas de producción dando como resultado.

**Tabla 86. Nuevo lote de transferencia del canal**

Parte	Indicadores	Resultados
Canal	Nuevo lote de transferencia	85 uni/cont.
	demanda mensual	85,33 uni
	N° de Kanban	1

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 83, la demanda mensual para el canal es de 85,33 unidades y el número de tarjetas kanban obtenidos en la línea de producción es de 1, de tal manera que el nuevo lote de transferencia es de 85 unidades por contenedor.

Para la línea de producción del tornillo se obtuvo la siguiente tabla.

**Tabla 87. Nuevo lote de transferencia del tornillo**

Parte	Indicadores	Resultados
Tornillo	Nuevo lote de transferencia	45,35 uni/cont.
	demanda mensual	90,7 uni
	N° de Kanban	2 uni

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 84, la demanda mensual para el tornillo es de 90,7 unidades y el número de tarjetas kanban obtenidos en la línea de producción es de 2, de tal manera que el nuevo lote de transferencia es de 45 unidades por contenedor.

Para la línea de producción de los puños se obtuvo la siguiente tabla.

**Tabla 88. Nuevo lote de transferencia de los puños**

Parte	Indicadores	Resultados
Puño	Nuevo lote de transferencia	157 uni/cont.
	demanda mensual	157 uni
	N° de Kanban	1 uni

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 85, la demanda mensual para los puños es de 157 unidades y el número de tarjetas kanban obtenidos en la línea de producción es de 1, de tal manera que el nuevo lote de transferencia es de 157 unidades por contenedor.

Para la línea de producción de la brida se obtuvo la siguiente tabla.

**Tabla 89. Nuevo lote de transferencia de la brida**

Parte	Indicadores	Resultados
Brida	Nuevo lote de transferencia	102 uni/cont.
	demanda mensual	102 uni
	N° de Kanban	1 uni

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 86, la demanda mensual para los puños es de 102 unidades y el número de tarjetas kanban obtenidos en la línea de producción es de 1, de tal manera que el nuevo lote de transferencia es de 102 unidades por contenedor.

Para la línea de producción de las tapas se obtuvo la siguiente tabla.

**Tabla 90. Nuevo lote de transferencia de las tapas**

Parte	Indicadores	Resultados
Tapa	Nuevo lote de transferencia	360 uni/cont.
	demanda mensual	360 uni
	Nº de Kanban	1 uni

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 87, la demanda mensual para los puños es de 360 unidades y el número de tarjetas kanban obtenidos en la línea de producción es de 1, de tal manera que el nuevo lote de transferencia es de 360 unidades por contenedor.

Tras la obtención de las células de manufactura, el número de tarjetas Kanban y el nuevo lote de transferencia se obtiene la siguiente tabla.

**Tabla 91. Tabla resumen**

Partes	Células	Nº de Kanban	Lote de transferencia
Canal	Célula 4	1	85 unid/cont.
Tornillo	Célula 1	1	45 unid/cont.
	Célula 6	1	
Puños	Célula 2	1	157 unid/cont.
Brida	Célula 3	1	102 unid/cont.
Tapas	Célula 5	1	360 unid/cont.
<b>Total</b>		<b>6</b>	

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se observa en la tabla 88, se tiene un total de 6 células de manufactura y 6 tarjetas kanban, con respecto al lote de transferencia se tomó el lote de 45 unidades por contenedor, debido a que al ser el lote de transferencia de menor capacidad es el que marcará la producción, no obstante, la demanda actual del transportador tipo tornillo sinfín son de como máximo lotes de 6 unidades, debido a que se encuentra en expansión una de las empresas del consorcio.

Ya obtenido los resultados de la nueva producción, las células de manufactura, la cantidad de operarios necesarios, el número de tarjetas kanban y el lote de transferencia establecido, se pasó a realizar el mapa de flujo de valor mejorado para el transportador de tipo tornillo sinfín.

En la figura 142, se muestra el mapa de flujo de valor mejorado el cual está compuesto por 2 paneles para tarjetas Kanban, un almacén de producto terminado, 6 tarjetas kanban de las cuales 1 de retiro y 5 de pedido, además, el VSM cuenta con 6 las células.

Además, se muestra un cambio del proceso productivo el cual se define.

- El proceso inicia con el pedido del cliente a la empresa, el cual indica las especificaciones para el transportador de tipo tornillo sinfín.
- Se envía una tarjeta kanban de retiro al almacen de producto terminado, para que el cliente retire su pedidlo para posteriormente se envié una tarjeta de producción de un nuevo lote.
- El ensamble 3, envía 2 tarjetas kanban de producción a las células 5 y 6 encargadas de la producción del canal y las tapas respectivamente.
- De la misma manera la célula 4, envía 2 tarjetas kanban a las células 2 y 3 encargadas de la producción de puños y bridas respectivamente.

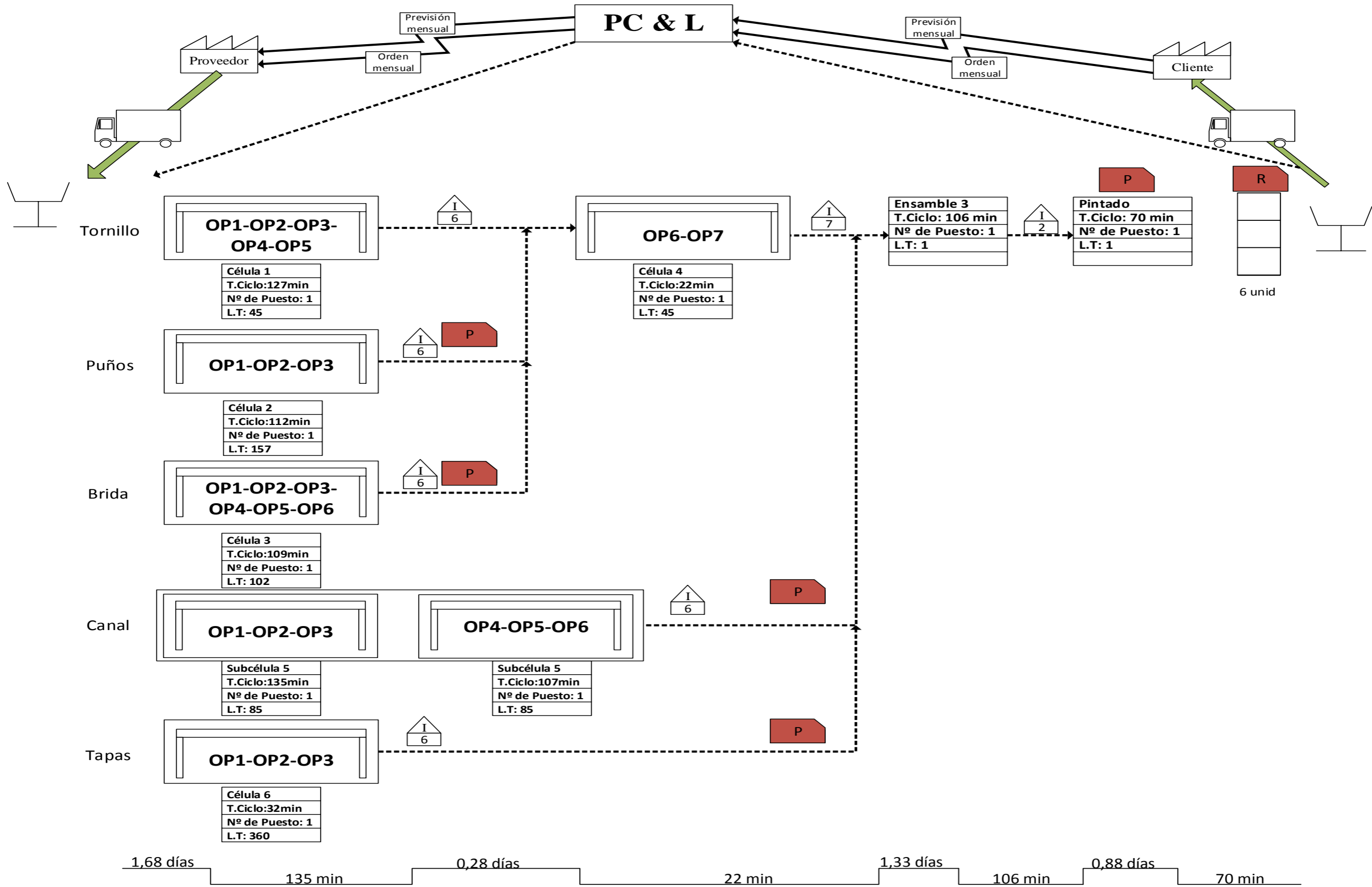


Fig. 141 Diagrama de mapeo de flujo de valor mejorado

Fuente: Empresa metalmeccánica

Tabla 92. Nuevos indicadores de no valor agregado

<b>NVA</b>	<b>Tiempo (días)</b>
NVA 1	1,68
NVA 2	0,28
NVA 3	1,33
NVA 4	0,88
<b>Total</b>	<b>4,17</b>

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

En la investigación de “Reduction of work in process inventory and production lead time in brearing industry usin value stream mapping tool” realizada por Sarawast, Kumar y Kumar, mediante el mapeo de flujo de valor identificaron el cuello de botella de su proceso y lograron reducir su tiempo de no valor agregado en un 48% y la reducción de su operación en 16%.

Tras aplicar la misma herramienta se logró reducir de 10 días a 4,17 días, lo que equivale a una reducción del 58,3%, lo que se está acorde en esta investigación ya se logró reducir en un porcentaje similar en reducción del NVA.

### 3.5.5.2. **Rediseño del sistema producción**

Tras la mejora del mapeo de flujo de valor, además de contar con la secuencia de las células para el proceso de producción, además se optó por realizar el rediseño del sistema productivo mediante el factor de las maquinarias para ello se recurrió al método guerchet utilizando las siguientes variables dimensiones de las máquinas, superficie estática, gravitacional, de evolución, el número de caras por el cual se puede operar la máquina y la constante k.

#### **A. Dimensiones de las máquinas.**

Se obtuvo mediante la medición del largo y ancho de las maquinarias utilizadas para la producción del transportador teniendo como resultado las siguientes tablas.

- **Cortadora CNC XF-300 Torch**

Tabla 93. Dimensiones de la cortadora CNC

Maquina	Dimensiones (m)	
Cortadora CNC XF-300 Torch	Altura	1,6
	Ancho	2
	Largo	3,3
	Nº	1
	Cantidad	1

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 93, las dimensiones de la cortadora CNC XF-300 torch, así también se muestra la cantidad de lados operables de la máquina que es uno esto se demuestra en la siguiente imagen.

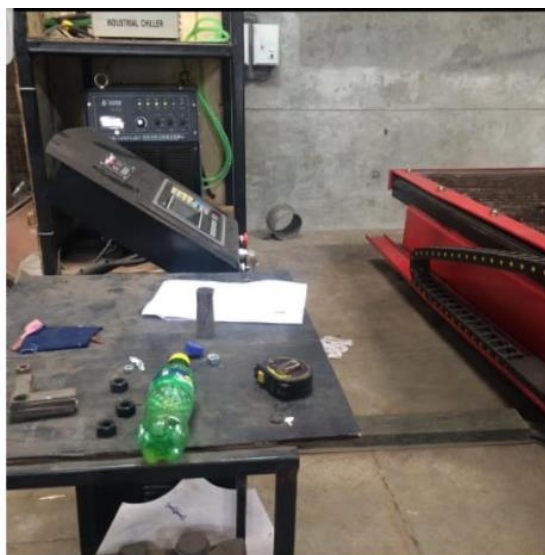


Fig. 142. Lados operables de la cortadora CNC

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia



- **Roladora**

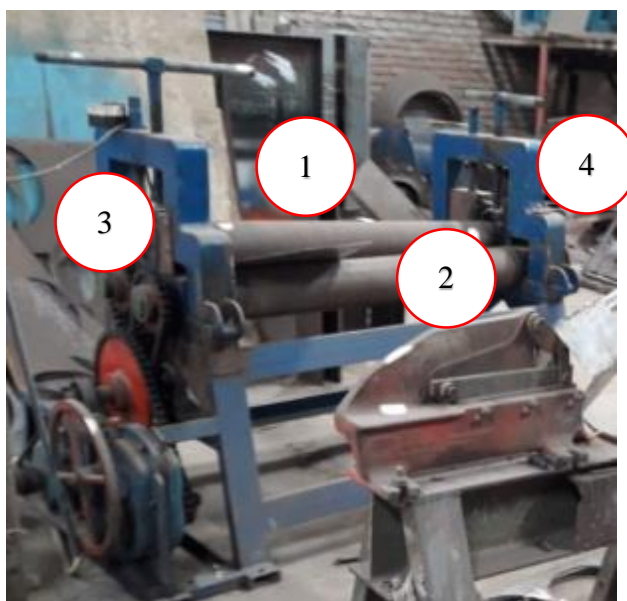


Fig. 143 . Lados operables de la roladora

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Tabla 94. Dimensiones de la roladora

<b>Maquina</b>	<b>Dimensiones (m)</b>	
Roladora	Altura	1,66
	Ancho	0,61
	Largo	1,78
	Nº	4
	Cantidad	1

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 94, las dimensiones de la Roladora de 3 rodillos, así también se muestra la cantidad de lados operables de la máquina teniendo 4 esto se demuestra en la siguiente imagen.

- **Guillotina o cizalla**

Tabla 95. Dimensiones de la plegadora

Maquina	Dimensiones (m)	
Guillotina QC12Y-6X3200	Altura	1,7
	Ancho	3,88
	Largo	1,6
	N°	1
	Cantidad	1

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 95, las dimensiones de la Guillotina QC12Y-6X3200, así también se muestra la cantidad de lados operables que es de uno esto se demuestra en la siguiente imagen.



Fig. 144. Lado operable de la Guillotina

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

- **Plegadora**

Tabla 96. Dimensiones de la plegadora

Maquina	Dimensiones (m)	
Plegadora Cincinnati	Altura	3,1
	Ancho	3,7
	Largo	1,3
	N°	1
	Cantidad	1

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 96, las dimensiones de la plegadora, así también se muestra la cantidad de lados operables que posee siendo 2, esto se demuestra en la siguiente imagen.



Fig. 145. Lados operables de la plegadora

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

- **Soplete**

Tabla 97. Dimensiones del soplete

Maquina	Dimensiones (m)	
Soplete	Altura	1,7
	Ancho	1,2
	Largo	0,4
	Nº	1
	Cantidad	1

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 97, las dimensiones del soplete, así también se muestra la cantidad de lados operables que posee siendo 1, esto se demuestra en la siguiente imagen.



Fig. 146 Lados operables del soplete

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

- **Torno**

Tabla 98. Dimensiones del torno

Maquina	Dimensiones (m)	
Torno	Altura	1,4
	Ancho	2,5
	Largo	0,94
	Nº	1
	Cantidad	2

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 98, las dimensiones del torno, así también se muestra la cantidad de lados operables que posee siendo 1, esto se demuestra en la siguiente imagen.

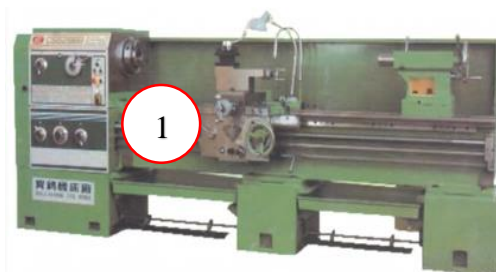


Fig. 147 Lados operables del torno

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

- **Taladro de banca**

Tabla 99. Dimensiones del taladro de banca

<b>Maquina</b>	<b>Dimensiones (m)</b>	
Taladro de banca	Altura	2
	Ancho	0,7
	Largo	0,7
	Nº	3
	Cantidad	2

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 99, las dimensiones del taladro de banca, así también se muestra la cantidad de lados operables que posee siendo 3, esto se demuestra en la siguiente imagen.



Fig. 148. Lados operables del taladro de banca

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

- **Tronzadora**

Tabla 100. Dimensiones de la tronzadora

<b>Maquina</b>	<b>Dimensiones (m)</b>	
Tronzadora	Altura	0,56
	Ancho	0,5
	Largo	0,2
	N°	2
	Cantidad	1

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 100, las dimensiones de la tronzadora, así también se muestra la cantidad de lados operables que posee siendo 2, esto se demuestra en la siguiente imagen.

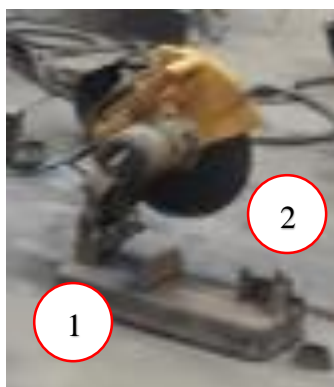


Fig. 149 Lados operables de la tronzadora

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

- **Sierra mecánica-eléctrica**

Tabla 101. Dimensiones de la sierra mecánico eléctrica

<b>Maquina</b>	<b>Dimensiones (m)</b>	
Sierra mecánica eléctrica de 18"	Altura	1,05
	Ancho	1,2
	Largo	0,5
	N°	2
	Cantidad	1

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 101, las dimensiones de la sierra mecánico eléctrica, así también se muestra la cantidad de lados operables que posee siendo 2, esto se demuestra en la siguiente imagen.

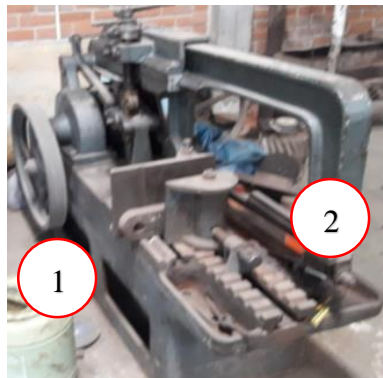


Fig. 150. Lados operables de la sierra mecánica eléctrica

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

- **Soldadora solandinas**

Tabla 102. Dimensiones de soldadora

Maquina	Dimensiones (m)	
Soldadora solandinas 440v	Altura	0,85
	Ancho	0,52
	Largo	0,8
	Nº	1
	Cantidad	3

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 102, las dimensiones de la máquina de soldar Solandinas de 440v, así también se muestra la cantidad de lados operables que posee siendo 1, esto se demuestra en la siguiente imagen.



Fig. 151. Lados operables de la soldadora

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Tras la obtención de las dimensiones, lados operables y cantidad de las máquinas que posee la empresa se presenta la siguiente tabla.

Tabla 103. Resumen de las dimensiones de la maquinaria.

<b>Maquinas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>	<b>N</b>
Cortadora CNC XF-300 TORCH	1	3,3	2	1,6	1
Roladora	1	0,61	1,78	1,66	4
Guillotina QC12Y- 6X3200	1	1,6	3,88	1,7	1
Plegadora Cincinnati	1	1,3	3,7	3,1	2
Torno	2	0,94	2,5	1,4	1
Taladro de banca	2	0,7	0,7	2	3
Tronzadora	1	0,2	0,5	0,56	2
Sierra mecánica eléctrica de 18"	1	0,5	1,2	1,05	2
Soplete	1	0,4	1,2	1,7	1
Soldadora Solandinas de 440v	3	0,8	0,52	0,85	1

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia



## B. Superficie estática

Con los datos obtenidos en la tabla 104, mediante la multiplicación de las dimensiones de largo y ancho se obtiene la superficie estática.

Tabla 104. Superficie estática de la maquinaria

Maquinas	N de lados operables	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Ss por máquina(m <sup>2</sup> )
Cortadora CNC XF-300 TORCH	1	1	3,3	2	1,6	6,6
Roladora	4	1	0,61	1,78	1,66	1,0858
Guillotina QC12Y-6X3200	1	1	1,6	3,88	1,7	6,208
Plegadora Cincinnati	2	1	1,3	3,7	3,1	4,81
Torno	2	2	0,94	2,5	1,4	2,35
Taladro de banca	3	2	0,7	0,7	2	0,49
Tronzadora	2	1	0,2	0,5	0,56	0,1
Sierra mecánica eléctrica de 18"	2	1	0,5	1,2	1,05	0,6
Soplete	1	1	0,4	1,2	1,7	0,48
Soldadora Solandinas de 440v	1	3	0,8	0,52	0,85	0,416
<b>Total</b>		14	10,35	16,78	15,62	23,14

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

En la tabla 104, se muestra la cantidad de máquinas que se utilizan en el proceso y los resultados de la superficie estática de cada máquina, siendo la de mayor área la cortadora CNC y la guillotina, además las máquinas que menos espacio ocupan son el taladro de banca y la tronzadora, asimismo el área total que ocupan es de 23,14 m<sup>2</sup>.

### C. Superficie gravitatoria

Con los datos obtenidos en la tabla 105, mediante la multiplicación de la superficie estática y el número de lados operables de las máquinas se obtiene la superficie gravitación.

Tabla 105. Superficie de gravitación de la maquinaria

Maquinas	N de lados operables	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Ss por máquina(m <sup>2</sup> )	Sg por máquina (m <sup>2</sup> )
Cortadora CNC XF-300 TORCH	1	1	3,3	2	1,6	6,6	6,6
Roladora	4	1	0,61	1,78	1,66	1,0858	4,343
Guillotina QC12Y-6X3200	1	1	1,6	3,88	1,7	6,208	6,208
Plegadora Cincinnati	2	1	1,3	3,7	3,1	4,81	9,62
Torno	1	2	0,94	2,5	1,4	2,35	2,35
Taladro de banca	3	2	0,7	0,7	2	0,49	1,47
Tronzadora	2	1	0,2	0,5	0,56	0,1	0,2
Sierra mecánica eléctrica de 18"	2	1	0,5	1,2	1,05	0,6	1,2
Soplete	1	1	0,4	1,2	1,7	0,48	0,48
Soldadora Solandinas de 440v	1	3	0,8	0,52	0,85	0,416	0,416
Total		14	10,35	16,78	15,62	23,14	32,89

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

En la tabla 105 se muestra la superficie de gravitación, esta se obtuvo mediante el producto de la superficie estática que se presentó en la tabla 101 y el número lados operables de la máquina, además las máquinas que posee mayor área son la plegadora debido a que posee 2 lados y la cortadora CNC, asimismo se obtuvo como superficie de gravitación total 32,89 m<sup>2</sup>.

#### D. Superficie de evolución

Para obtener la superficie de evolución de se recurrió a la tabla 106, en la que se muestra los valores de la constante más utilizados.

Tabla 106. Coeficiente K

Sector/Industria	Coeficiente K
Gran Industria, Alimentos y evacuación con grúa y puentes	0,05 a 0,15
Trabajo en cadena con transportadores mecánicos	0,1 a 0,25
Textil - Hilado	0,05 a 0,25
Textil - Tejido	0,5 a 1
Relojería, Joyería	0,75 a 1
Pequeña industria mecánica	1,5 a 2
Industria mecánica en general	2 a 3

Fuente: Universidad de Antioquia

Elaboración propia

Mediante la tabla 106, se optó por elegir el coeficiente K equivalente en 1,75 debido a que al tener menos de 10 trabajadores se considera pequeña industria.

En la siguiente tabla se muestra la superficie de evolución, esta se obtuvo mediante la sumatoria de las superficies estáticas y de gravitación de cada máquina, posteriormente el resultado se multiplicó con el coeficiente K dando como resultado la superficie de evolución de cada máquina.

Tabla 107. Superficie estática de cada maquinaria

Maquinas	Ss por máquina(m <sup>2</sup> )	Sg por máquina (m <sup>2</sup> )	K	Ss+Sg por máquina (m <sup>2</sup> )	Se por máquina (m <sup>2</sup> )
Cortadora CNC XF-300 TORCH	6,6	6,6	1,75	13,2	23,1
Roladora	1,08	4,34	1,75	5,42	9,48
Guillotina QC12Y-6X3200	6,2	6,2	1,75	12,4	21,7
Plegadora Cincinnati	4,8	9,6	1,75	14,4	25,3
Torno	2,4	2,4	1,75	4,7	8,2
Taladro de banca	0,5	1,5	1,75	2,0	3,4
Tronzadora	0,1	0,2	1,75	0,3	0,5
Sierra mecánica eléctrica de 18"	0,6	1,2	1,75	1,8	3,2
Soplete	0,5	0,5	1,75	1,0	1,7
Soldadora Solandinas de 440v	0,4	0,4	1,75	0,8	1,5
<b>Total</b>	23,1	30,7		56,02	98,1

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 107, se da conocer las diferentes áreas de evolución que posee las máquinas, esto brindará el espacio suficiente para que los operarios al momento que se plasmen las células de manufactura tengan el espacio suficiente y sea seguro para el desplazamiento durante sus labores.

### E. Superficie total

La superficie total se obtuvo mediante la suma de la superficie estática, de gravitación y de evolución, después se multiplicó el total con la cantidad de máquinas que se utilizan en el proceso productivo, esto se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 108. Superficie total de la maquinaria

Maquinas	Cantidad	Ss	Sg	K	Ss+Sg	Se	St
Cortadora CNC XF-300 TORCH	1	6,6	6,6	1,75	13,2	23,1	36,3
Roladora	1	1,08	4,34	1,75	5,42	9,48	14
Guillotina QC12Y- 6X3200	1	6,2	6,2	1,75	12,4	21,7	34,1
Plegadora Cincinnati	1	4,8	9,6	1,75	14,4	25,3	39,7
Torno	2	2,4	2,4	1,75	4,7	8,2	25,9
Taladro de banca	2	0,5	1,5	1,75	2,0	3,4	10,8
Tronzadora	1	0,1	0,2	1,75	0,3	0,5	0,8
Sierra mecánica eléctrica de 18"	1	0,6	1,2	1,75	1,8	3,2	5,0
Soplete	1	0,5	0,5	1,7	1,0	1,7	2,6
Soldadora Solandinas de 440v	3	0,4	0,4	1,75	0,8	1,5	6,9
<b>Total</b>	14	23,1	30,7		56,02	98,08	176,1

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 108, las áreas totales para cada máquina siendo la de mayor área la plegadora, cortadora y de menor área la tronzadora y el soplete, dando un total combinado de 176 metros aproximadamente para las 7 células establecidas en el mapeo de flujo de valor.

## F. Diagrama de recorrido mejorado

Para la obtención del nuevo diagrama de recorrido se utilizó los resultados de la tabla 108, en donde se indica la superficie de evolución y total de las máquinas, asimismo se utilizó la figura 142 en donde se indica el diagrama de mapeo de flujo de valor mejorado.

### a. Célula 1

Esta célula es la encargada de producir el canal, además está conformada por las operaciones de cortado, rolado, ensamble 1, soldado, cortado y soldado además las máquinas que participan en esta célula son la guillotina, la roladora, amoladora y la máquina para soldar.

#### Subcélula 1

- **Guillotina**

Como se muestra en la siguiente figura 153.

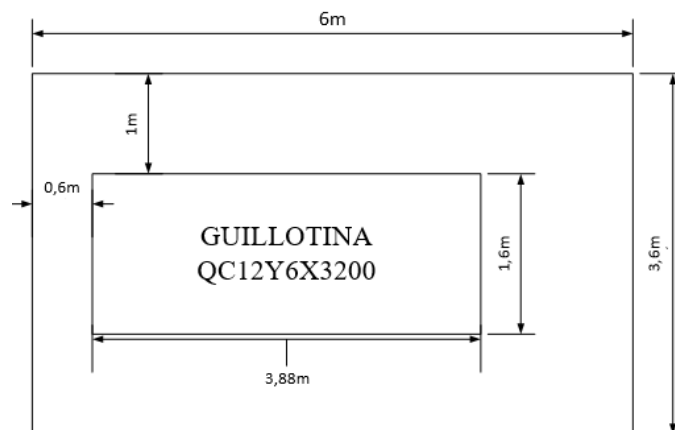


Fig. 152. Superficie de evolución de la guillotina

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Para la guillotina se le dio un espacio de trabajo de 1 m a cada operario para que pueda colocar y recoger la plancha tras terminar la operación, además que al costado derecho se le dio un espacio de 1,52m debido a que ahí se ubica el sistema eléctrico de la guillotina. Cabe resaltar que a los espacios de 1m se les adicionará 50cm al momento de ubicar las células en el plano.

- **Roladora**

Como se muestra en la figura 154.

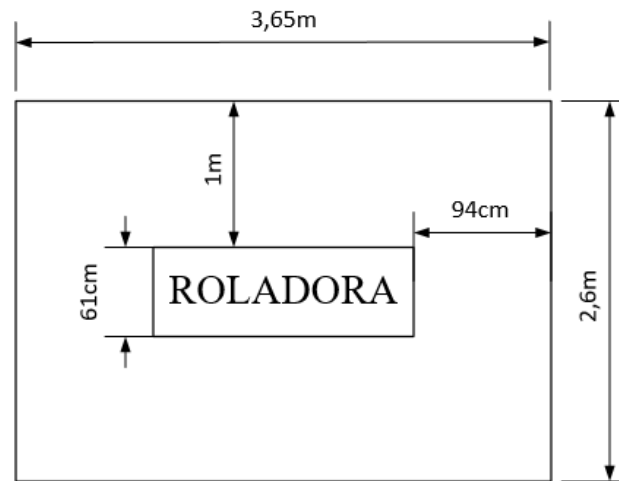


Fig. 153. Superficie de evolución de roladora

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Para la roladora se le dio un espacio de trabajo de 1 m a cada operario para que pueda colocar y sostener la plancha a lo largo de la operación, además que a los costados se les dio un espacio de 94 cm, en la que los operarios realizan el ajuste de la altura del rodillo para el rolado.

- **Máquina para soldar**

Como se muestra en la figura 155.

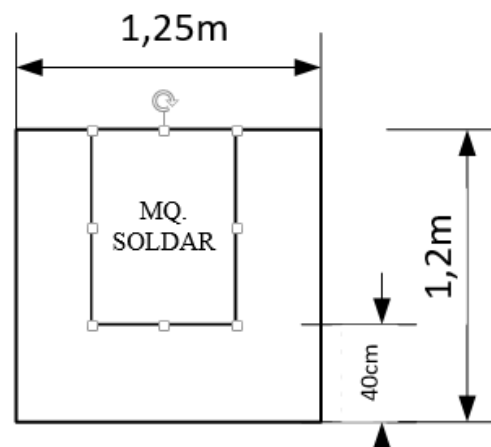


Fig. 154. Superficie de evolución de la máquina de soldar

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se observa en la figura 155, se asignó un área de 1,25m x 1,2m a la máquina de soldar en donde el operario posee un espacio de 40cm en los que regulará el arco eléctrico, amperaje y voltaje de la máquina.

En la siguiente figura 156, se muestra la subcélula 1.

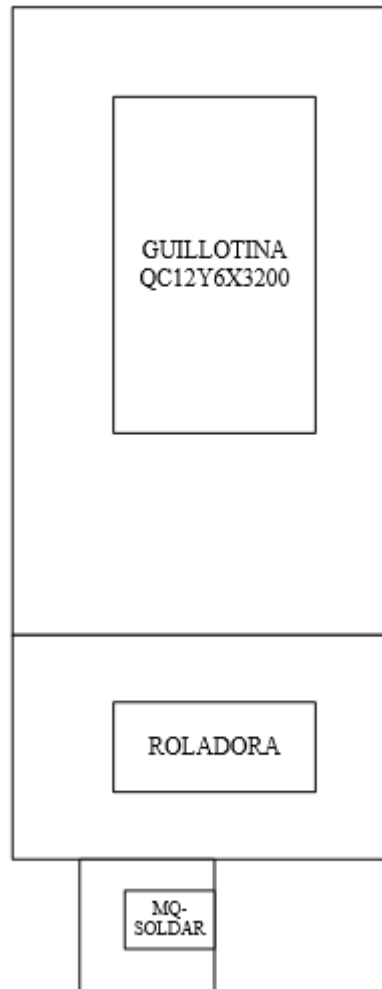


Fig. 155 Subcélula 1

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Se optó por una redistribución celular lineal, debido a que las planchas cortada pasan a la roladora, posteriormente a ser ensambladas y soldadas. Además, la asignación de operarios será 1 operario en la cortadora, 2 en la roladora y 1 encargado de soldar.



Esta célula es la encargada de unir y soldar los ángulos con el canal, además está conformada por las operaciones de cortado que este es realizado mediante una amoladora y soldado, así también la máquina que participa en esta célula es la máquina para soldar. (Ver figura 157)

En la siguiente figura se muestra la Subcélula 2.

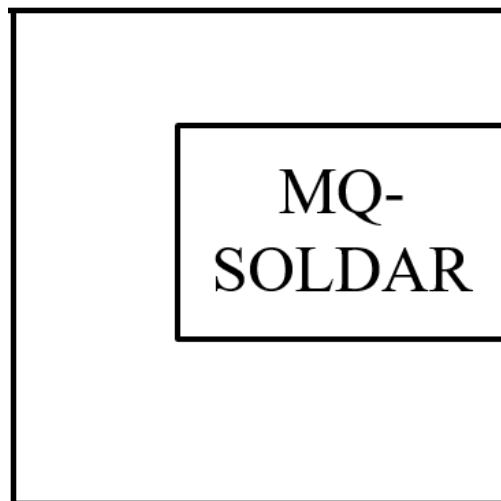


Fig. 156 Subcélula 2

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

En este caso como la célula 2 se encarga de cortar pequeñas secciones de las platinas ya ensambladas en el canal completo, posteriormente estas se son acordonadas con el canal para evitar deformaciones. En esta célula solo se encuentra un operario.

#### **b. Célula 2**

Esta célula es la encargada de producir el tornillo o gusano, está conformada por las operaciones de cortado, corte radial, plegado, cortado, soldado y emparejamiento y ensamble 2, además las máquinas que participan en esta célula son la cortadora CNC, amoladora, plegadora, tronzadora y la máquina para soldar.

- **Cortadora CNC XF-300TORCH**

Como se muestra en la figura 158.

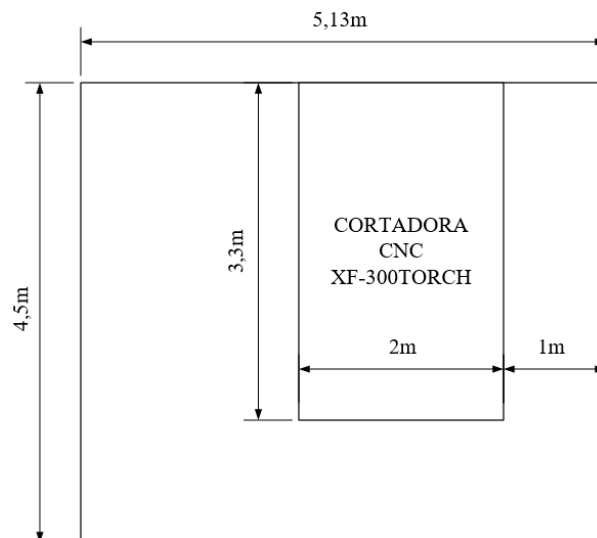


Fig. 157 Superficie de evolución de cortadora de cnc

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Para la cortadora CNC, se le dio un espacio de trabajo de 2,13 m x 4,5 m al operario encargado del manejo de esta máquina, además se da un espacio de 1,20m para poder acomodar la plancha en la máquina para realizar la operación de manera segura, además que al costado derecho se le dio un espacio de 1 m, con la finalidad de dar mayor movilidad en caso un operario pase por el costado.

- **Plegadora**

Como se muestra en la figura 159.

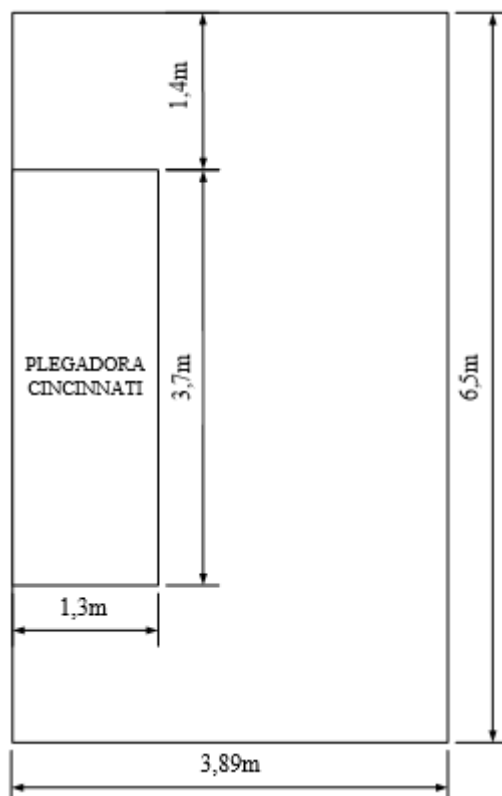


Fig. 158. Superficie de evolución de la plegadora

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Para la plegadora, se le dio un espacio de trabajo de 3,89 m x 6,5 m al operario encargado del manejo de esta máquina, además el operario tiene un espacio de 2,59 m x 6,5 m en los que realiza su trabajo.

- **Tronzadora**

Como se muestra la figura 160.

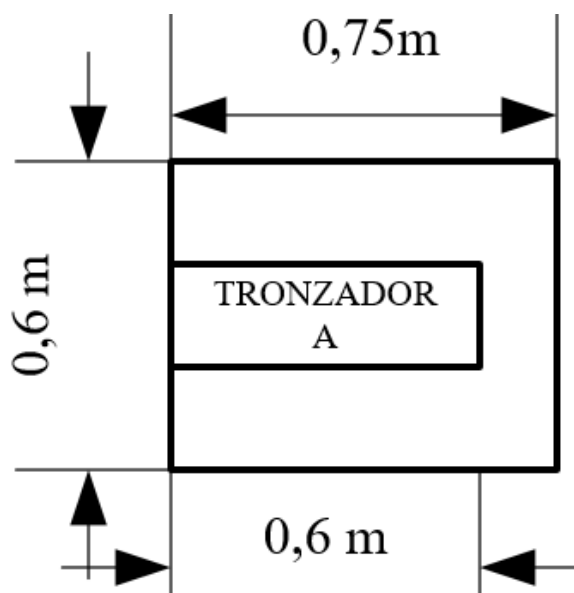


Fig. 159. Superficie de evolución de la tronzadora

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

- **Máquina para soldar**

Ver figura 161.

En la siguiente figura se muestra la célula 3.

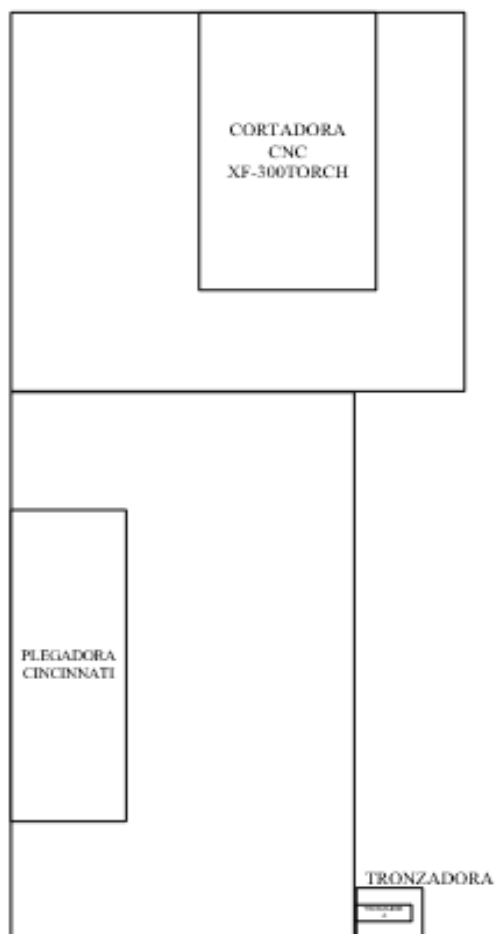


Fig. 160. Célula 3

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la figura 3, se optó por una formación celular en “L”, en donde se empieza el proceso por la cortadora, posteriormente se realizará el corte radial, luego se pasará al plegado de las hélices, posteriormente se cortará el tubo y el proceso de la célula concluye con la operación de soldadura y emparejamiento. Esta célula posee 3 operarios de los cuales 1 se ocupa de la cortadora y la tronzadora, y 2 se ocuparán del plegado de hélices.

**c. Célula 3.**

Esta célula es la encargada de producir los puños, está conformada por las operaciones de cortado de eje, tornado y taladrado, además las máquinas que se utilizan en esta célula son sierra mecánico eléctrica, torno y taladro.

- **Sierra mecánica eléctrica**

Como se muestra en la figura 162.

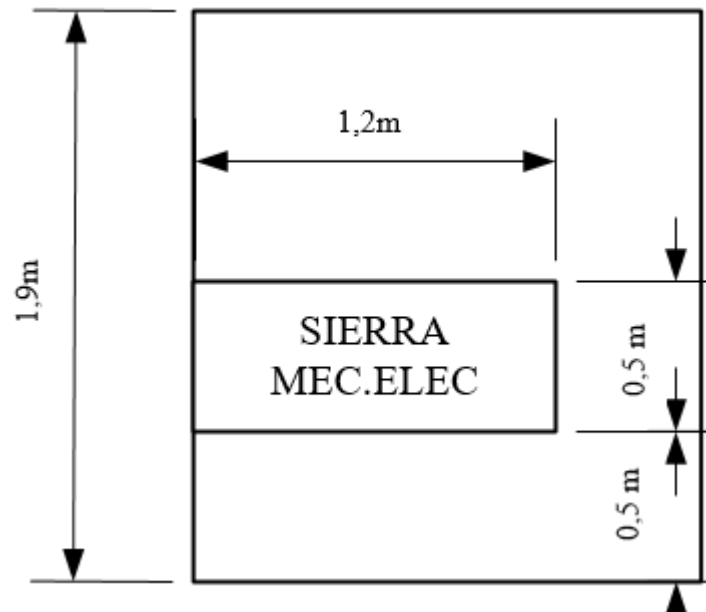


Fig. 161 Superficie de evolución de la sierra mecánica eléctrica

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la figura 150, la sierra mecánica eléctrica posee un área 1,9 m x 1,68 m, en la que el lado de mayor espacio es donde estará el operario controlando la máquina y el otro lado es donde irá el eje a cortar.

- **Torno**

Como se muestra figura 163.

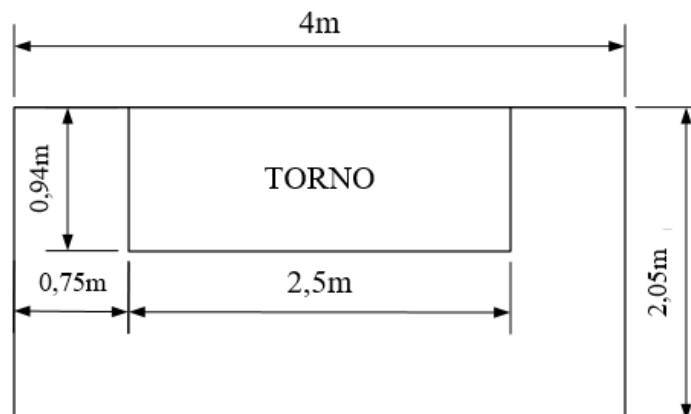


Fig. 162. Superficie de evolución del torno

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la figura 154, el torno posee un área de evolución de 2,05 m x 2,5 m, en donde el operario tiene un área de trabajo 1,11 m x 4m en lo que el trabajador podrá desplazarse.

- **Taladro de banca**

Como se muestra en la figura 164.

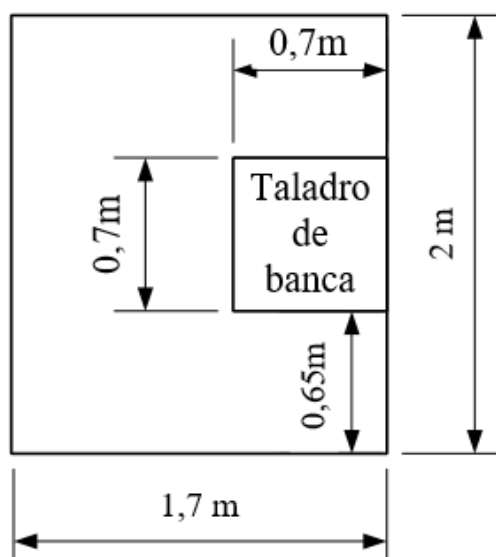


Fig. 163. Superficie de evolución del taladro de banca

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se observa en la figura 164, el taladro de banca posee una superficie de evolución de 3,4 m<sup>2</sup>, estando dividido en un área de 2 m x 1,7 m, además se dio un espacio de 1 m para que el operario pueda realizar la operación cómodamente.

En la siguiente figura se muestra la célula 4.



Fig. 164. Célula 3

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

La célula 3, es de forma lineal, además en esta célula tiene 2 operarios de los cuales uno se encuentra encargado del torno y 1 está en la tronzadora y el taladro de banca.

#### d. Célula 4

Esta célula es la encargada de producir la brida, además está conformada por las operaciones de cortado, torneado, taladrado, hilado, soldado y ensamblado, así también las máquinas que se utilizan en esta célula son el soplete o equipo de oxicorte, torno, taladro de banca y la máquina de soldar.



- **Soplete o equipo de oxicorte**

Como se muestra en la figura 166.

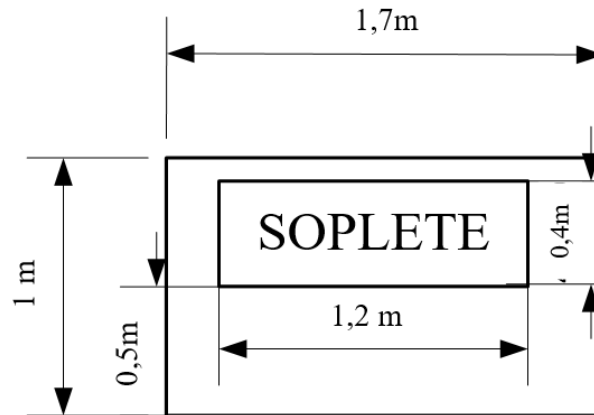


Fig. 165. Superficie de evolución del soplete

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

El soplete o equipo de oxicorte, se le asignó un área de 1,7m x 1m, en donde el operario tiene un espacio de 50cm x 1,7m en donde puede regular las cantidades de oxígeno y gas.

- **Torno**

(Ver figura 163).

- **Taladro de banca**

(Ver figura 164).

- **Máquina de soldar**

(Ver figura 157).

En la siguiente figura 167.



Fig. 166 Célula 6

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Para la célula 6, de igual manera se le dio una redistribución de manera lineal en donde se encuentra un operario que encarga de las 3 máquinas por el bajo tiempo.

**e. Célula 5**

Esta célula es la encargada de realizar el ensamble del tornillo, puños y brida del transportador de tipo tornillo sinfín, así también las máquinas que se utilizan para estos procesos son la máquina de soldar.

**f. Célula 6**

Esta célula es la encargada de producir las tapas del transportador, además está conformada por las operaciones cortado, esmerilado y ensamblaje, así también las máquinas utilizadas para la producción de estas son la cortadora CNC y esmeril.

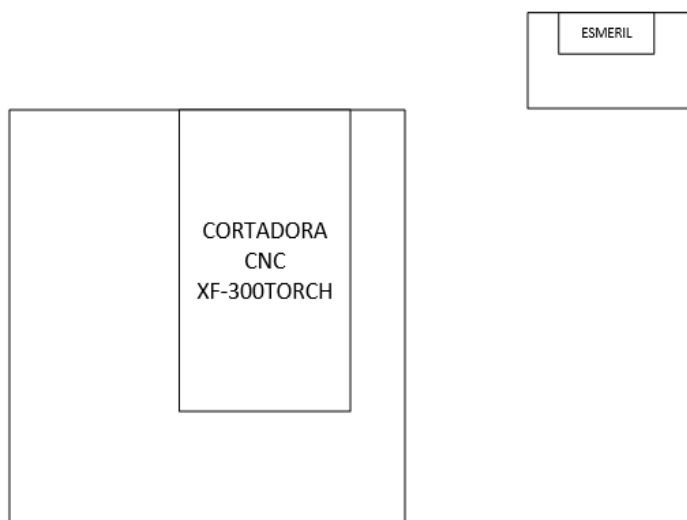


Fig. 167 Célula 5

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Para la célula 5 se optó por una célula lineal en donde se encargará un operario de realizar el corte de las tapas y posteriormente llevarlo al esmeril.

### G. Diagrama de recorrido

El nuevo diagrama de recorrido de la empresa, está subdividido por las células de manufacturas que se obtuvieron como resultado del mapeo de flujo de valor. En la siguiente tabla se muestra los transportes.

**Tabla 109. Distancia del nuevo diagrama de recorrido**

<b>N° de célula</b>	<b>Transporte</b>	<b>distancia (m)</b>
Célula 1	1	21,5
Célula 2	2	4,19
Célula 3	3	21,41
	4	1,89
Célula 4	5	14,33
	6	8,16
Célula 5	7	23,66
	8	14,98
Célula 6	9	16,81
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>126,93</b>

Fuente: Datos de la empresa  
Elaboración propia

Como se observa en la tabla 109, se redujo a solo 9 transportes en las 6 células teniendo un desplazamiento total de 127 m aproximadamente, cabe resaltar que para la célula 6 ya no existe transporte debido a que en la redistribución esta queda con el espacio aproximado de 170 m<sup>2</sup>, además las mayores distancias provienen del transporte son el número 7 y 1 con 23,66 m y 21,5 m respectivamente.

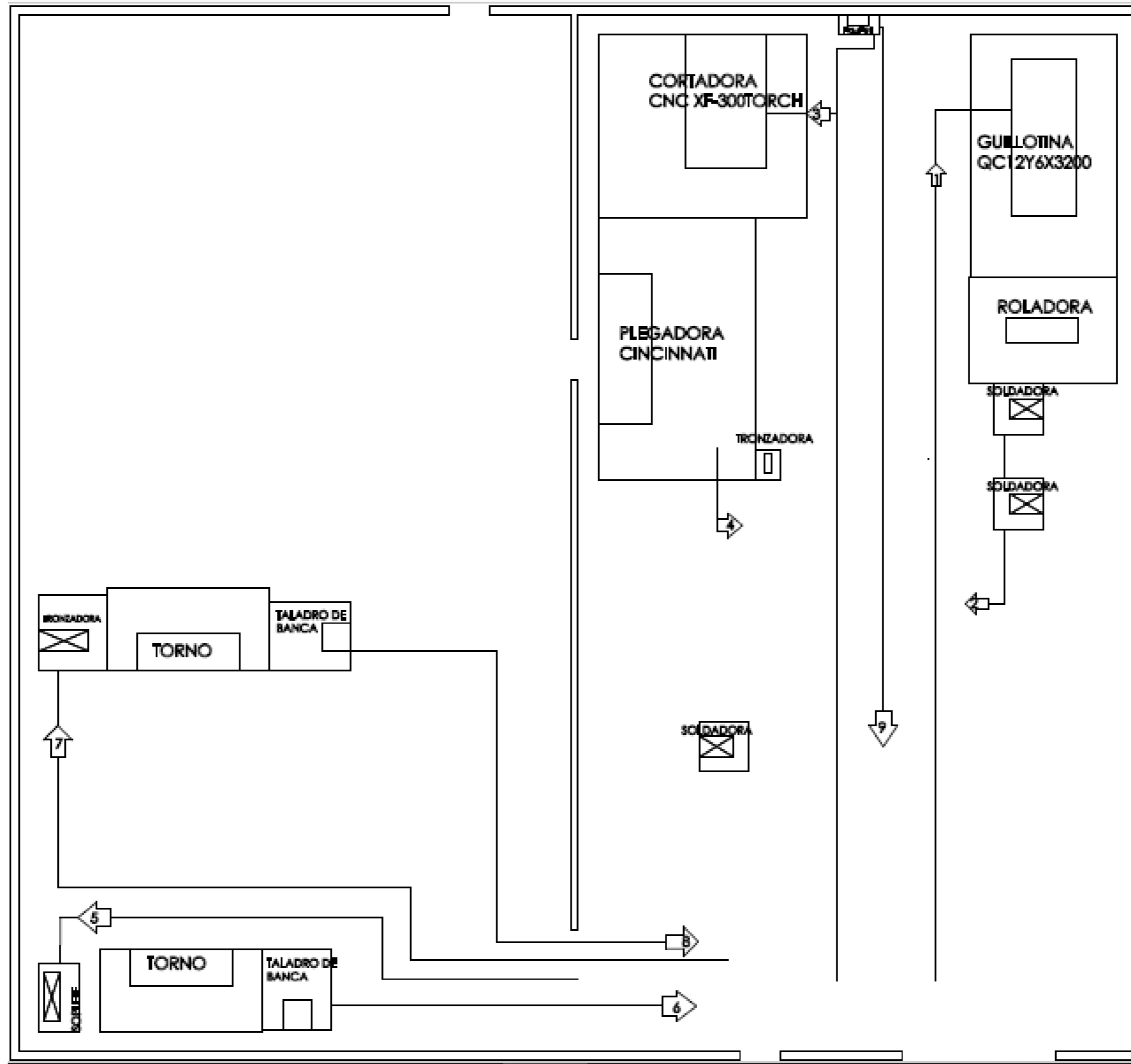


Fig. 168. Redistribución de planta

Fuente: Datos de la empresa

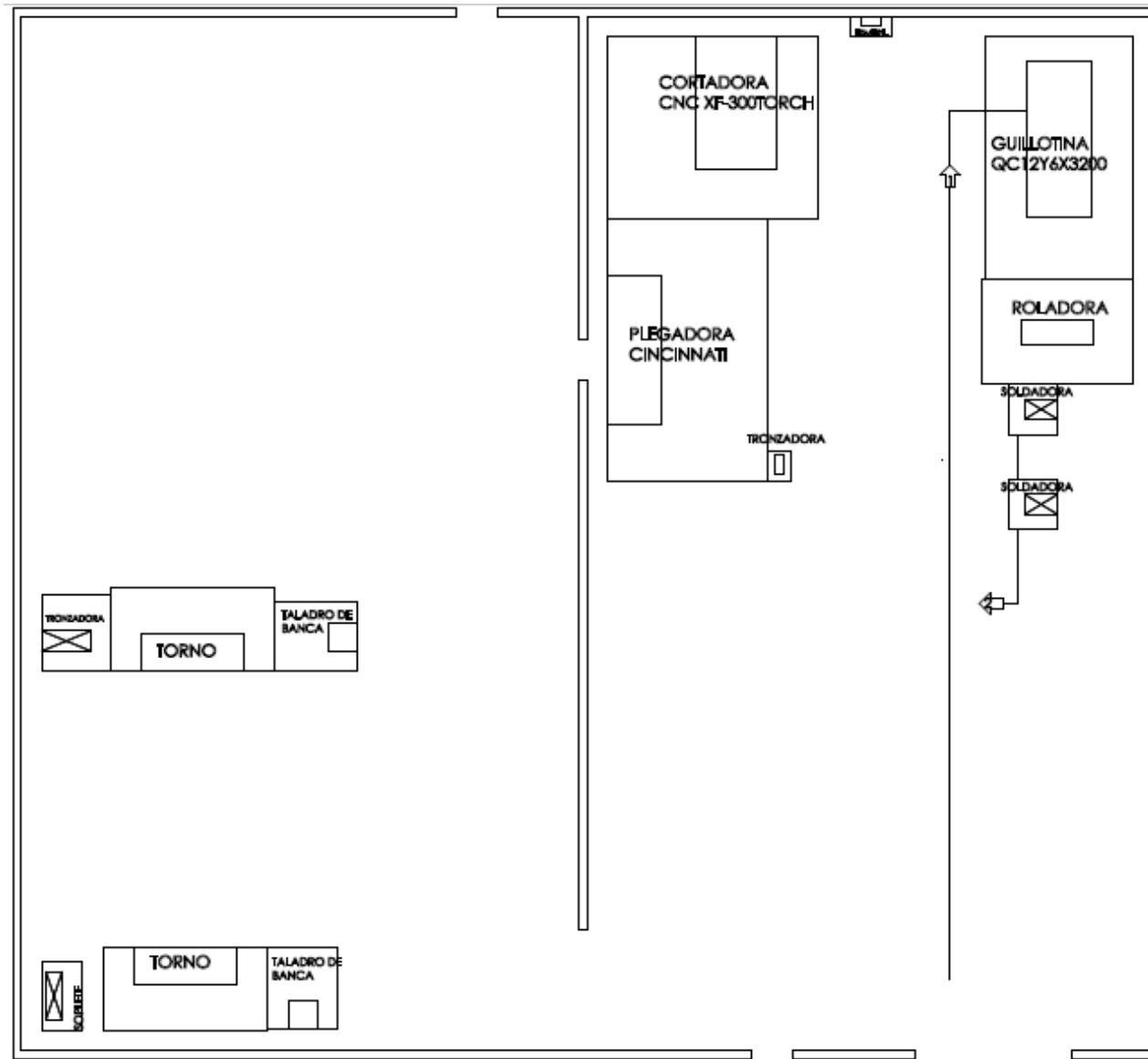


Fig. 169 Diagrama de recorrido para las células 1 y 2

Fuente: Datos de la empresa  
Elaboración propia

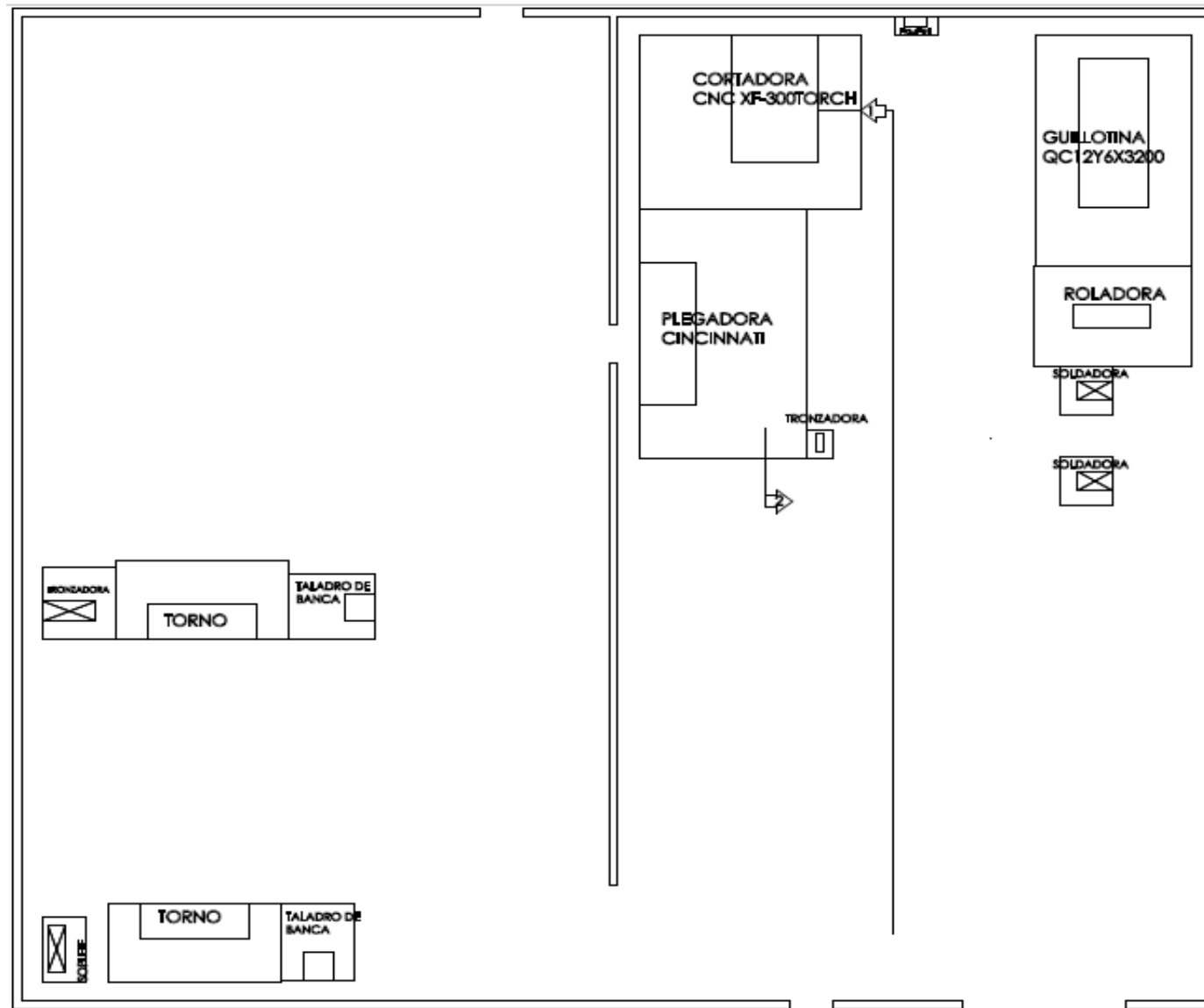


Fig. 170. Diagrama de recorrido para la célula 3

Fuente: Datos de la empresa

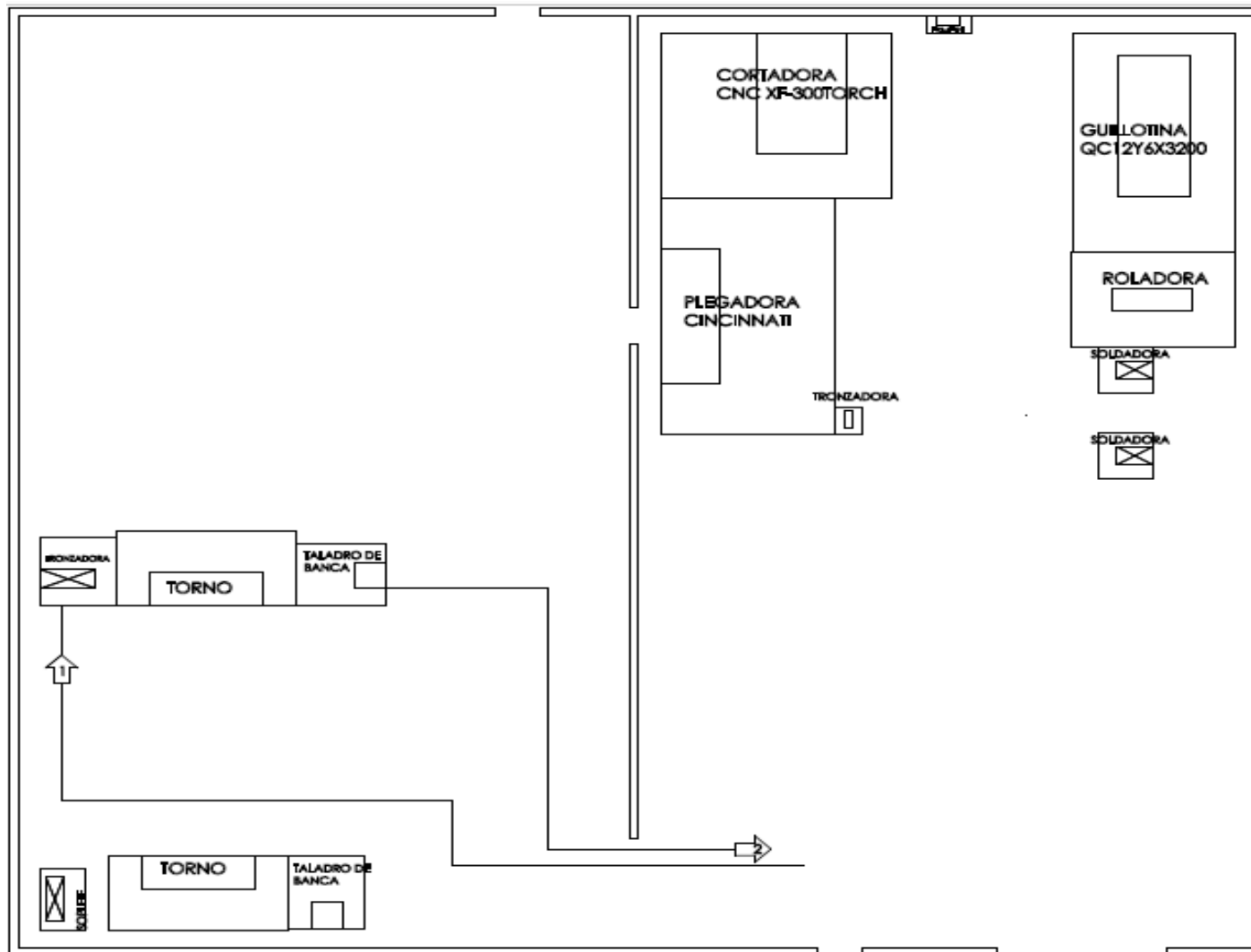


Fig. 171. Diagrama de recorrido de la célula 4

Fuente: Datos de la empresa



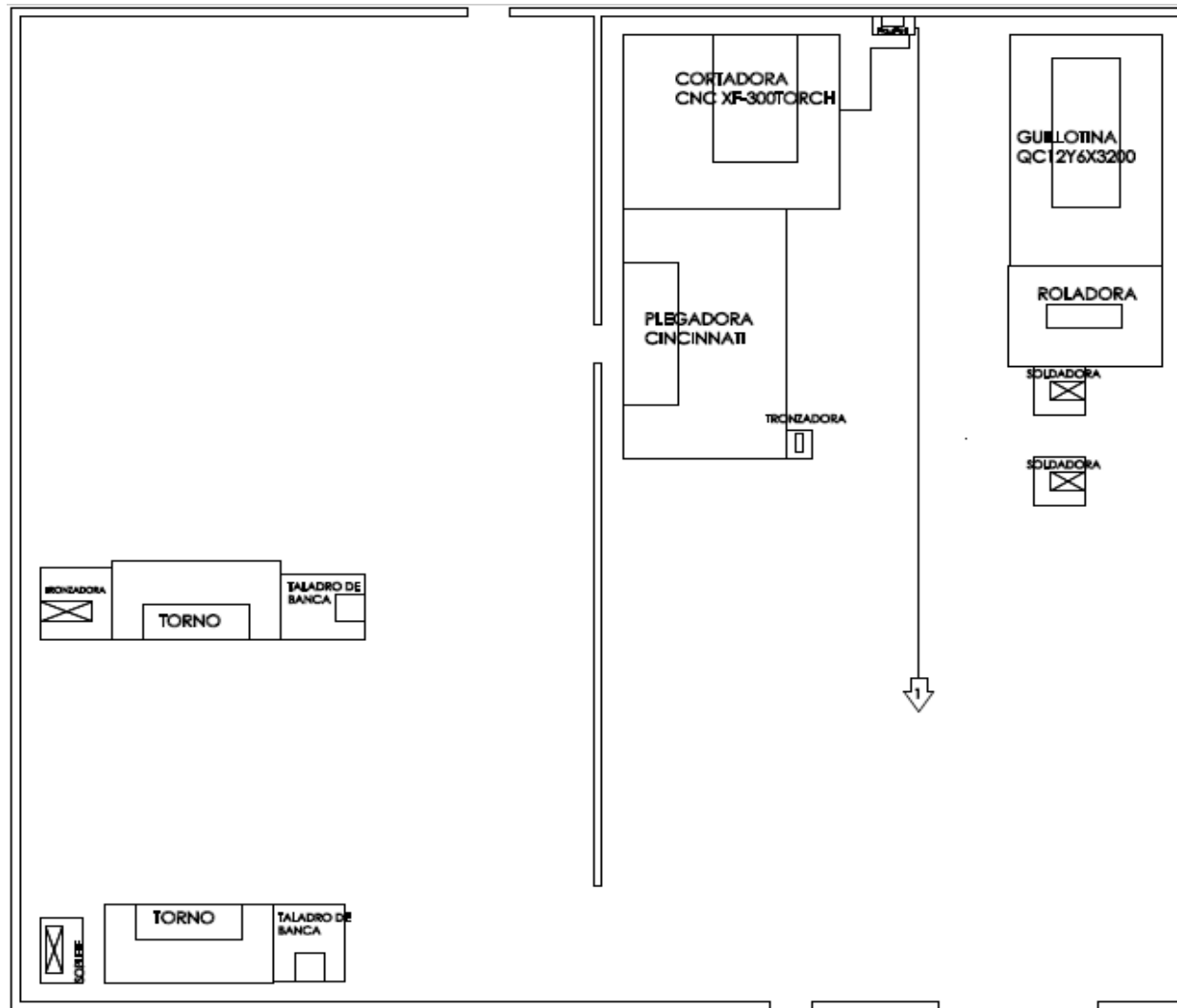


Fig. 172. Diagrama de recorrido para la célula 5  
Fuente: Datos de la empresa

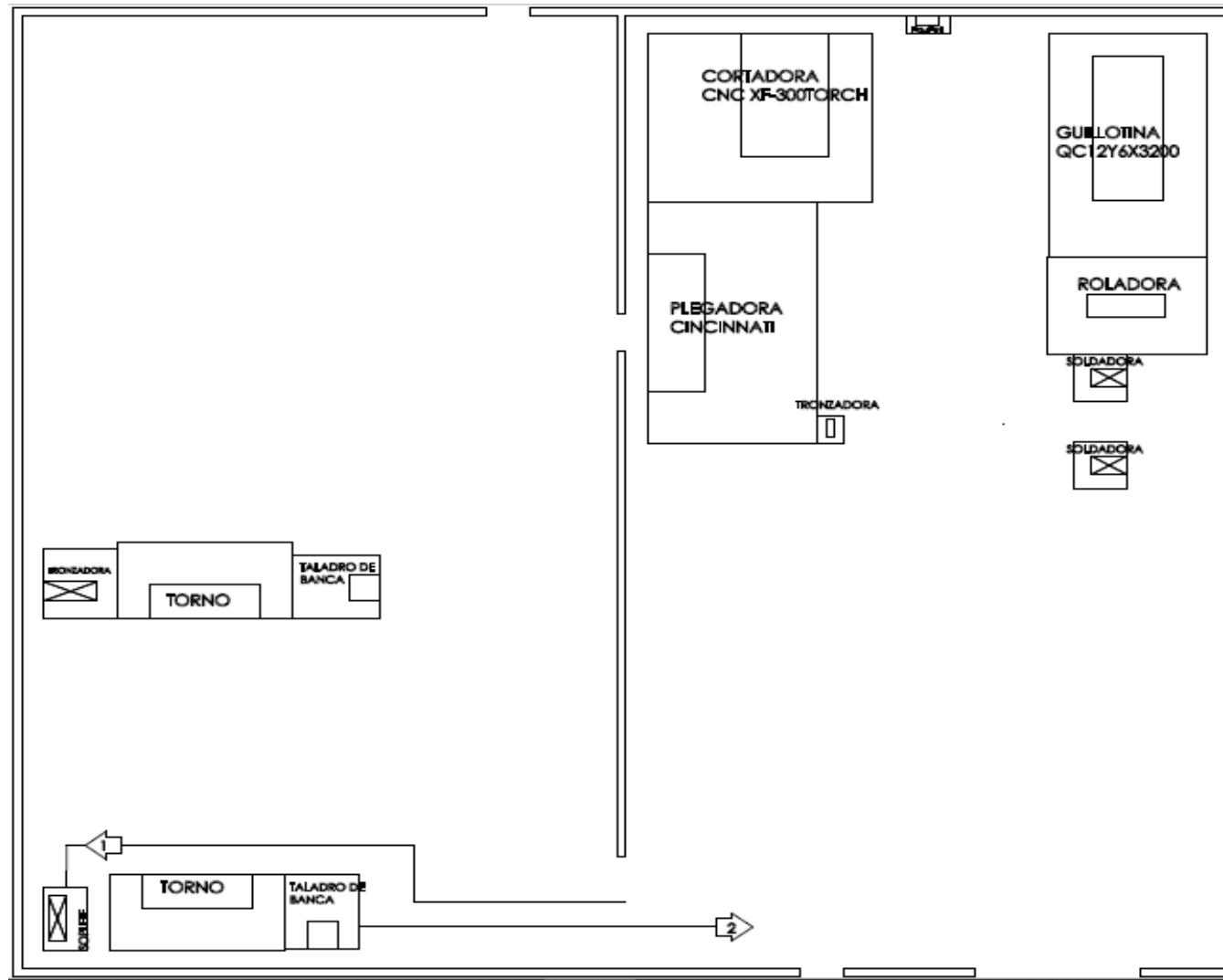


Fig. 173. Diagrama de recorrido para la célula 6

Fuente: Datos de la empresa

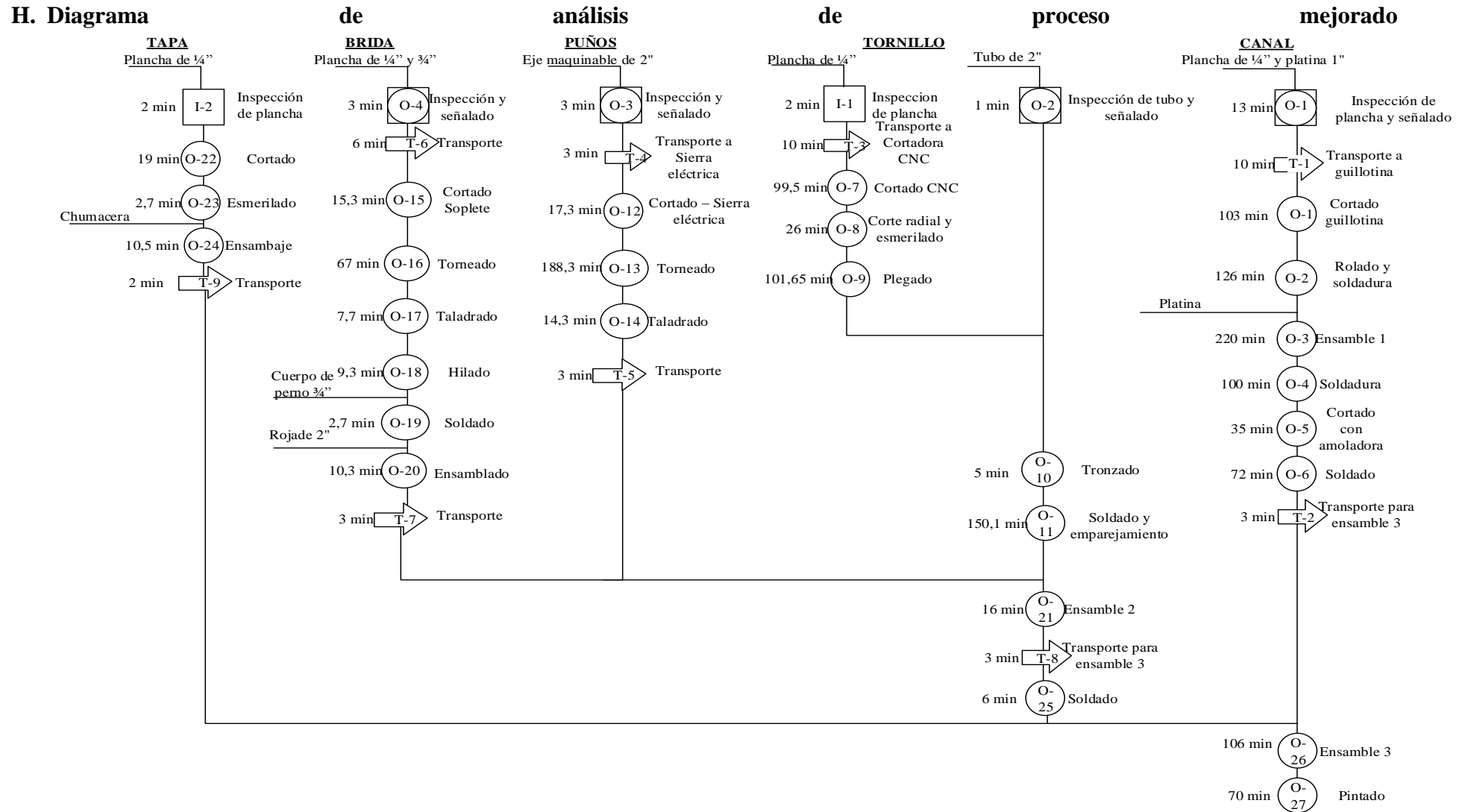


Fig. 174 Diagrama de análisis de procesos mejorado

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Tras la mejora del proceso de producción del transportador de tipo tornillo sinfín, se obtuvo la siguiente tabla.

**Tabla 110. Resumen del diagrama de análisis de proceso mejorado**

<b>Resumen</b>	
<b>Actividad</b>	<b>Cantidad</b>
Operación	27
Inspección	2
Transporte	9
Combinada	4
<b>Total</b>	<b>42</b>

Fuente: Datos de la empresa  
Elaboración propia

Como se observa la tabla 110, el diagrama de análisis de proceso mejorado posee un total de 42 operaciones.

### 3.5.5.3. Nuevos indicadores

Tras obtener el resultado de las mejoras, se procedió a calcular los indicadores de la situación actual de la empresa.

- **Tiempo ciclo**

Tras la agrupación de las células se obtuvo el tiempo ciclo real siendo este de 135 min / unid, lo que es equivalente a 2,25 horas por unidad.

$$T.Ciclo = 135 \frac{min}{unid}$$

- **Producción**

Para la obtención de la nueva producción se requirió del nuevo tiempo ciclo y el tiempo base de 2 880 min a la semana, dando como resultado semanalmente se obtiene una producción de 21 unidades.

$$Producción = \frac{2\ 880\ min/semana}{135\ min/unidad}$$

$$Producción = 21,3 \frac{\text{unidad}}{\text{semana}}$$

- **Producción anual**

Para la obtención de la producción anual, se realizó el siguiente cálculo en donde se utilizó la razón de venta multiplicado por la producción mensual y los 10 meses de producción al año.

$$Producción\ anual = 0,625 \times 10\text{meses} \times \frac{84\text{uni}}{\text{mes}}$$

$$Producción\ anual = 525\ \text{unid/año}$$

La razón de venta se obtuvo mediante el anexo 1, en donde se muestra la producción total de todos los productos y el número total del transportador de tipo tornillo sinfín.

$$\text{Razón de venta} = \frac{20\ \text{transportadores de tipo tornillo sinfin}}{32\ \text{unidades producidas}}$$

$$\text{Razón de venta} = 0,625$$

- **Productividad de mano de obra**

Para el cálculo de la productividad de mano de obra, se requirió la nueva producción y el nuevo número de operarios que es de 14, tras el cálculo realizado se obtuvo que la nueva productividad de MO es de 6 unidades por operario al mes.

$$\text{Productividad de mano de obra} = \frac{84\ \text{unid/mes}}{14\ \text{operarios}}$$

$$T.\text{Ciclo} = 6 \frac{\text{unid}}{\text{mes} - \text{op}}$$

- **Capacidad real**

Para la capacidad real se realizó un pronóstico de la demanda por medio suavizamiento exponencial, se optó por este método debido a que la demanda del transportador de tipo tornillo sinfín tiende un aumento y posteriormente se mantiene en esa tendencia.

Tabla 111. Pronóstico de la demanda de los meses de octubre 2019 a enero 2020

Meses	Cantidad (Unid)
Octubre	5
Noviembre	5
Diciembre	5
Enero	6

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se observa en la tabla 111, da que el pedido del mes de enero es el más alto con 6 unidades, de tal manera que la capacidad real es de 6 unidades al mes.

- **Capacidad de diseño**

Para la obtención de la nueva capacidad de diseño se realizó la siguiente fórmula.

$$\text{Capacidad de diseño} = \frac{25 \text{ dias/mes} \times 8 \text{ h/dia} \times 60 \text{ min/hora}}{135 \text{ min/unid}}$$

$$\text{Capacidad de diseño} = 88,9 \text{ unid/mes}$$

- **Eficiencia de planta**

La eficiencia se obtiene de la siguiente fórmula.

$$\text{Eficiencia de planta} = \frac{\text{Capacidad real}}{\text{Capacidad teórica}}$$

$$\text{Eficiencia de planta} = \frac{6 \text{ unid/mes}}{88,9 \text{ unid/mes}} \times 100\%$$

$$\text{Capacidad de diseño} = 6,75\%$$

Este resultado es bajo debido a que la demanda más alta es de 6 unidades al mes, además este taller tiene la capacidad de producir 88,9 unidades al mes.

- **Actividades improductivas (%)**

Para la obtención del porcentaje de las actividades improductivas se realizó el siguiente cálculo.

$$\% \text{ Actividades Improductivas} = \frac{\text{Actividades que no dan valor agregado al producto}}{\text{Total de actividades productivas}}$$

Del nuevo diagrama de análisis de procesos se obtuvo los tiempos de no valor agregado siendo un total de 43 min y el tiempo total del proceso que es equivalente a 1 681,6 min.

$$\% \text{ Actividades Improductivas} = \frac{43 \text{ min}}{1681,6 \text{ min}}$$

$$\% \text{ Actividades Improductivas} = 2,56\%$$

- **Nivel de servicio.**

Tras obtener los pedidos mediante el pronóstico de suavizamiento exponencial que es de 6 unidades y la capacidad de producción es de 84 unid/mes, acorde a esto el nivel de servicio es el 100%.

- **Resumen de indicadores**

En la siguiente tabla se muestra los indicadores después de la mejora para realizar su comparación.

Tabla 112. Cuadro de resumen de indicadores

Indicadores	Antes de la propuesta	Después de la propuesta
Nivel de servicio	46%	100%
Tiempo de ciclo	300,2 min/unid	135 min/unid
Tiempo de soldadura y emparejamiento	300,2 min/unid	150,1 min/unid
Tiempo de plegado	203,3 min/unid	101,65 min/ unid
Producción mensual	2 unid/mes	6 unid/mes
Producción anual (10 meses)	20 unid/año	60 unid/año
Productividad de mano de obra	0,57 unid/mes - op	6 uni/mes-op
Capacidad de planta	40 unid/mes	88,9 unid/mes
Capacidad efectiva mensual	4 unid/mes	84 unid/mes
Capacidad real	2 unid/mes	6 uni/mes
Nº de transportes	19	9
Metros desplazados	231m/ unid	126, 93m/unid
Actividades productivas	81,05%	97,46%
Actividades improductivas	18,95%	2,56%
Tiempo total del proceso	2470,4 min	1747,6 min

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

### 3.6. Análisis costo beneficio

#### 3.6.1. Costo

Para realizar el análisis costo beneficio se calculó la cantidad de materiales requeridos para la realización de las mejoras, además en la siguiente tabla se muestra la cantidad de materiales.



**Tabla 113. Cantidad de materiales para el carro transportador**

<b>Cantidad de material requerido para el carro transportador</b>			
<b>Materia prima</b>			
<b>Materiales</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cant (m)</b>	<b>Cant (unid)</b>
Viga U	Acero negro de 2"	6,72	2
Viga H	Acero negro de 2"	3,4	1
Plancha	1/4"x2400mmx1200mm	1	1
Tubo Cuadrado	1"x1"x2mm	19,244	4
Tubo circular	1/2"x1mm	6,16	2
Perno de 5/8"	Hexagonal NC-5/8"	6	6
<b>Insumos</b>			
<b>Materiales</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cant (m)</b>	<b>Cant (unid)</b>
Electrodo	Punto azul	6,913	2
Disco de corte	Disco de corte cutix de 180x1,4mm	6	6
Disco de desbaste	Cutfix Metálico 115x22mm 40 granos	6	6
	Thinner	0,5	1
	Pintura	0,5	1
	Esponja	3	3

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 113, se muestra la cantidad de materiales requeridos para la fabricación del carro transportador y en las cantidades en las que se vende, asimismo se calculó el costo de mano de obra requerida para su producción.

**Tabla 114. Costo de mano de obra**

<b>Mano de obra</b>			
<b>Operarios</b>	<b>Función</b>	<b>Horas requeridas (h)</b>	<b>Costo por hora (S/.)</b>
Soldador	Soldado	12	S/7,21
Ayudante de soldadora 1	Cortado de materiales y desbaste	8	S/5,77
Ayudante de soldador 2	Cortado de materiales y desbaste	8	S/4,81

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

En la tabla 114, se muestra los operarios requeridos para la producción del carro transportador, además se muestra la cantidad de horas que se trabajaran para su producción. Estos datos se obtuvieron por medio de una entrevista vía telefónica al soldador. En la siguiente tabla se muestra el costo del diseño.

Tabla 115. Costo por diseño del carro transportador

<b>Diseño de transportador</b>		
<b>Encargado</b>	<b>Función</b>	<b>Costo por diseño</b>
Diseñador mecánico	Diseñar y realizar análisis estático a las partes del carro transportador	S/. 930

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Tras obtener los resultados de las tablas 113-114-115, se procedió a obtener el costo total del carro transportador.

Tabla 116. Costo total del carro transportador

<b>Carro transportador</b>				
<b>Materia Prima</b>				
<b>Materiales</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cant (unid)</b>	<b>Costo unit (S/.)</b>	<b>Costo Total (S/.)</b>
Viga U	Acero negro de 2"	1	S/35,60	S/35,60
Viga H	Acero negro de 2"	1	S/40,00	S/40,00
Plancha	1/4"x2400mmx1200mm	1	S/360,00	S/360,00
Tubo Cuadrado	1"x1"x2mm	4	S/55,00	S/220,00
Tubo circular	1/2"x1mm	2	S/25,50	S/51,00
Perno de 5/8"	Hexagonal NC-5/8"	6	S/2,30	S/13,80
<b>Sub-total</b>				<b>S/720,40</b>
<b>Insumos</b>				
<b>Materiales</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cant (unid)</b>	<b>Costo unit (S/.)</b>	<b>Costo Total (S/.)</b>
Electrodo	Punto azul	2	S/13,47	S/26,94
Disco de corte	Disco de corte cutix de 180x1,4mm	6	S/4,80	S/28,80
Disco de desbaste	Cutfix Metálico 115x22mm 40 granos	6	S/7,80	S/46,80
	Thinner	1	S/16,10	S/16,10
	Pintura	1	S/20,00	S/20,00
	Esponja	3	S/0,50	S/1,50
<b>Sub-total</b>				<b>S/140,14</b>
<b>Mano de obra</b>				
<b>Operarios</b>	<b>Función</b>	<b>Horas requeridas (h)</b>	<b>Costo por hora (S/.)</b>	<b>Costo Total (S/.)</b>
Soldador	Soldado	12	S/7,21	86,52
Ayudante de soldadora 1	Cortado de materiales y desbaste	8	S/5,77	46,16
Ayudante de soldador 2	Cortado de materiales y desbaste	8	S/4,81	38,48
<b>Sub-total</b>				<b>S/171,16</b>
<b>Costo por diseño</b>				<b>S/930,00</b>
<b>Total</b>				<b>S/1.961,70</b>

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se observa en la tabla 116, se muestran los costos totales de la materia prima, insumos, mano de obra y diseño dando un total de S/. 1 961,70, posteriormente se procedió a calcular de la misma manera los costos de los acoples para el plegado de las hélices.

Tabla 117. Cantidad de materiales requeridos para los acoples

<b>Cantidad de material requerido para los acoples</b>			
<b>Materia prima</b>			
<b>Materiales</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cant (m)</b>	<b>Cant (unid)</b>
Plancha de acero	1,1/2" x1200mmx2400mm	1	1
Plancha de acero	1"x1200mmx2400mm	1	1
Fierro cuadrado	1"x1"	1,8	1
<b>Insumos</b>			
<b>Materiales</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cant (m)</b>	<b>Cant (unid)</b>
Electrodo	Supercito	4,965	1
Disco de desbaste	Cutfix Metálico 115x22mm 40 granos	8	1
	Thinner	0,5	1
	Pintura	0,5	1
	Esponja	3	3

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 117, se muestra la cantidad de materiales requeridos para la fabricación de los acoples y en las cantidades en las que se vende, asimismo se calculó el costo de mano de obra requerida para su producción.

Tabla 118. Mano de obra requerida

<b>Mano de obra</b>			
<b>Operarios</b>	<b>Función</b>	<b>Horas requeridas (h)</b>	<b>Costo por hora (S/.)</b>
Tornero	Soldado y desbaste	7	S/7,93
Ayudante de tornero 1	Corte de materiales y desbaste	5	S/6,01
Ayudante de soldador 2	Corte de materiales y desbaste	5	S/5,77

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

En la tabla 118, se muestra los operarios requeridos para la producción de los acoples, además se muestra la cantidad de horas que se trabajaran para su producción. Estos datos se obtuvieron

por medio de una entrevista vía telefónica al soldador. En la siguiente tabla se muestra el costo del diseño.

Tabla 119. Costo por diseño de los acoples

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

<b>Diseño de transportador</b>				Tras
<b>Encargado</b>	<b>Función</b>	<b>Horas requeridas (h)</b>	<b>Costo por hora (S/.)</b>	
Diseñador mecánico	Diseñar y realizar análisis estático a las partes de los acoples	30	S/31,00	

obtener los resultados de las tablas 116-117-118, se procedió a obtener el costo total de los acoples.

Tabla 120. Costo total de los acoples

<b>ACOPLES</b>				
<b>Materia Prima</b>				
<b>Materiales</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cant (m)</b>	<b>Cant (unid)</b>	<b>Costo Total (S/.)</b>
Plancha de acero	1,1/2" x1200mmx2400mm	1	S/169,00	S/169,00
Plancha de acero	1"x1200mmx2400mm	1	S/1.156,60	S/1.156,60
Fierro cuadrado	1"x1"	1	S/1.156,60	S/1.156,60
<b>Sub-total</b>				<b>S/2 482,20</b>
<b>Insumos</b>				
<b>Materiales</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cant (m)</b>	<b>Cant (unid)</b>	<b>Costo Total (S/.)</b>
Electrodo	Supercito	1	S/13,90	S/13,90
Disco de desbaste	Cutfix Metálico 115x22mm 40 granos	8	S/7,80	S/62,40
	Thinner	0,5	S/16,10	S/8,05
	Pintura	0,5	S/20,00	S/10,00
	Espanja	3	S/0,50	S/1,50
<b>Sub-total</b>				<b>S/95,85</b>
<b>Mano de obra</b>				
<b>Operarios</b>	<b>Función</b>	<b>Horas requeridas (h)</b>	<b>Costo por hora (S/.)</b>	<b>Costo Total (S/.)</b>
Tornero	Soldado y desbaste	7	S/7,93	55,5
Ayudante de tornero 1	Corte de materiales y desbaste	5	S/6,01	30,0
Ayudante de soldador 2	Corte de materiales y desbaste	5	S/5,77	28,8
<b>Sub-total</b>				<b>S/114,42</b>
<b>Costo por diseño</b>				<b>S/930,00</b>
<b>Total</b>				<b>S/3 622,47</b>

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se observa en la tabla 120, se muestran los costos totales de la materia prima, insumos, mano de obra y diseño dando un total de S/. 3 622,47, posteriormente se procedió a calcular los costos del estudio y redistribución de planta.

Tabla 121. Costo por el estudio

<b>Costo del estudio</b>		
<b>Estudio realizado</b>		
<b>Encargado</b>	<b>Función</b>	<b>Costo Total (S/.)</b>
Emilio Segundo Cerdan Rojas	Realizar el estudio el estudio de Reingeniería del proceso productivo de una empresa metalmecánica para aumentar el nivel de servicio	S/9 630
<b>Subtotal</b>		S/9 630
<b>Total</b>		S/9 6300

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Tabla 122. Costos de redistribución de planta

<b>Redistribución de planta</b>				
<b>Operarios</b>	<b>Función</b>	<b>Horas requeridas (h)</b>	<b>Costo por hora (S/.)</b>	<b>Costo Total (S/.)</b>
Tornero			S/63,46	S/1.586,54
Soldador			S/57,69	S/1.442,31
Ayudante del tornero	Redistribución de planta de la empresa	1 mes (25 días)	S/48,08	S/1.201,92
Ayudante de soldador 1			S/46,15	S/1.153,85
Ayudante de soldador 2			S/38,46	S/961,54
Practicante de Senati 1			S/29,42	S/735,58
Practicante de Senati 2			S/29,42	S/735,58
<b>Subtotal</b>				<b>S/7.817,31</b>

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se indica en la tabla 122, los encargados de la redistribución serán los operarios y practicantes, esto se debe a que la empresa tiene activos como montacargas y una grúa estática

que son manipuladas por estos mismos, así que el costo referente para la redistribución de planta son los salarios de estos. En la siguiente tabla se muestra un resumen de los costos totales.

Tabla 123. Costo de Inversión de la Propuesta

<b>Mejoras</b>	<b>Costo</b>
Diseño de carro transportador	S/1 961,70
Rediseño de acoples	S/3 622,47
Costo de estudio	S/9 630
Costo de redistribución de planta	S/7 817,31
<b>Total</b>	<b>S/23 031</b>

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se observa en la tabla 123, se muestra el resumen total de costos por las mejoras planteadas en el presente estudio dando un total de S/. 23 031

### 3.6.2. Beneficio

Para obtener el beneficio de la tesis, se utilizó el método de suavizamiento exponencial (Ver tabla 124), se optó por este método debido a que la demanda del transportador de tipo tornillo sinfín tiende un aumento y posteriormente se mantiene en esa tendencia como se observa en la siguiente figura.

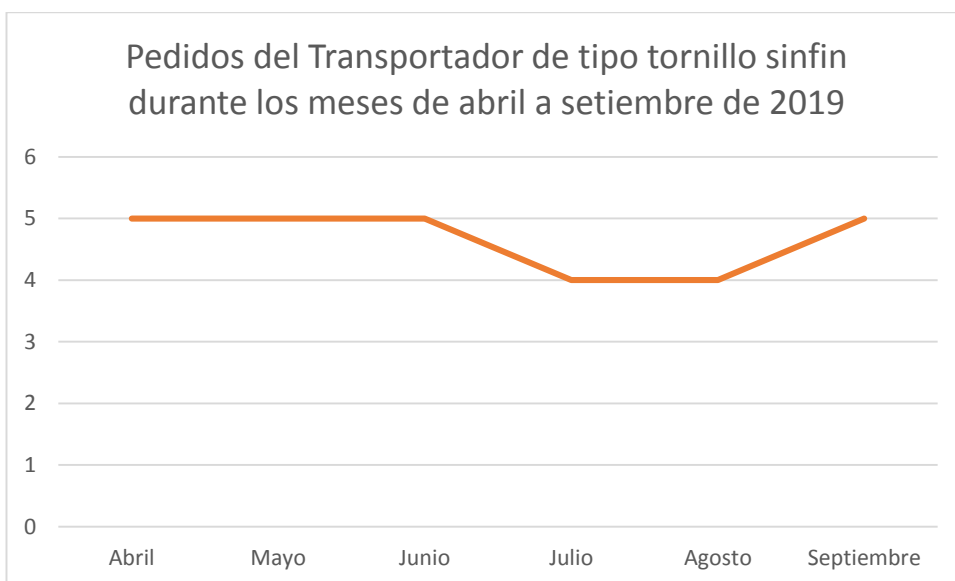
Para ello se tomaron los pedidos de los meses de abril a setiembre de 2019, para posteriormente realizar el pronóstico de octubre a enero 2020.

Tabla 124. Demanda de los meses de abril a setiembre de 2019

<b>Meses</b>	<b>Cantidad (Unid)</b>
Abril	5
Mayo	5
Junio	5
Julio	4
Agosto	4
Septiembre	5

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia



Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Tras el análisis de la tabla 124. Se obtuvo que por mes se pide un total de 6 transportadores de tipo tornillo sinfín por lo que es equivalente a 60 unidades por año. Ver tabla 125

Tabla 125. Demanda anual pronosticada

<b>Años</b>	<b>Cantidad (unid)</b>
2020	60,0
2021	60,0
2022	60,0
2023	58,8
2024	57,7
2025	57,9

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia



Tabla 126. Costos beneficio de la propuesta

FLUJO DE CAJA							
Inversión	Unidad	Costo de Inversión					
Carro transportador	Soles	S/ 1,962					
Acoples	Soles	S/ 3,622					
Estudio de reingenierida	Soles	S/ 9,630					
Redistribucion de planta	Soles	S/ 7,817					
<b>Total de la Inversión</b>		<b>S/ 23,031</b>					
INGRESOS							
	Unidad	2020	2021	2022	2023	2024	
Demanda	Unid	60	60	60	59	58	
Nivel de servicio	%	100%	100%	100%	100%	100%	
Precio unitario	Soles	S/9500					
ventas proyectadas	Soles	S/ 570 000	S/570 000	S/ 570.000	S/ 560 500	S/551000	
<b>Total de Ingresos</b>		<b>S/570 000</b>	<b>S/. 570000</b>	<b>S/ 570.000</b>	<b>S/ 560.500</b>	<b>S/551000</b>	
EGRESOS							
Costo de producción	Soles	S/ 4000	S/. 240 000	S/240 000	S/ 240 000	S/. 236 000	S/232 000
Gastos administrativos	Soles	S/ 2500	S/. 25 000	S/ 25 000	S/ 25 000	S/. 25 000	S/25 000
<b>Total de Egresos</b>			<b>S/. 265 000</b>	<b>S/265000</b>	<b>S/ 265 000</b>	<b>S/ 260 000</b>	<b>S/257000</b>
<b>Saldo bruto</b>			<b>S/. 305 000</b>	<b>S/305 000</b>	<b>S/ 305 000</b>	<b>S/ 299 500</b>	<b>S/294000</b>
<b>Impuesto a la renta (30%)</b>			S/ 91 500	S/ 91 500	S/ 91 500	S/ 89 850	S/ 88 200
<b>Saldo despues del impuesto</b>			<b>S/. 213 500</b>	<b>S/213 500</b>	<b>S/ 213 500</b>	<b>S/ 209 650</b>	<b>S/205 800</b>
<b>Saldo Final</b>			S/. 213 500	S/213 500	S/ 213 500	S/ 209 650	S/205 800
<b>Utilidad Acumulada</b>			<b>S/ 190.469</b>	<b>S/403 969</b>	<b>S/ 617 469</b>	<b>S/ 827 119</b>	<b>S/ 1032919</b>

Fuente: Datos de la empresa

Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 126, se procedió a obtener el costo beneficio del proyecto, esto se calculó mediante los ingresos totales entre el total de egresos.

$$\text{Costo beneficio} = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}}$$

$$\text{Costo beneficio} = \frac{S/.2\ 821\ 500}{S/.1\ 313\ 000}$$

$$\text{Costo beneficio} = 2,15$$

Tras la obtención del costo beneficio, indica que por cada sol que se invierta se obtendrá 115 céntimos de retribución.

### 3.7. Justificación

- **Económico:** Tras el planteamiento del proyecto se logró llegar al nivel de servicio requerido por el consorcio, causando un incremento de 139% las utilidades de la empresa, permitiendo que la empresa pueda realizar inversión en tecnología, equipos e incrementar el ingreso de sus trabajadores. Asimismo, poder otorgar un seguro a sus trabajadores y pensiones dando una mejor calidad laboral y de vida para ellos y sus familias.
- **Investigaciones futuras:** Se podrá indagar sobre inversión de nuevas tecnologías para la empresa, además de poder realizar investigaciones sobre los puestos de trabajo para ayudar y fomentar la seguridad industrial en la empresa.
- **Tecnológico:** Se podrá invertir en nuevas máquinas que se utilizan en el proceso de fabricación, así como la implementación de una nueva línea de producción o mantenimiento.
- **Social empresarial:** Con la demanda del consorcio satisfecha, la empresa podrá enfocar en buscar otros mercados y así tener nuevos clientes o agregar otra empresa al consorcio como socio estratégico.

#### IV. CONCLUSIONES

1. Mediante la reingeniería del proceso productivo presentado se logró incrementar el nivel de servicio en 54% logrando satisfacer la demanda, esto da a la empresa una capacidad máxima de producir de 52 transportadores de tipo tornillo sinfín al mes y una eficiencia económica de 2,18
2. Tras realizar el diagnóstico de la empresa metalmecánica se obtuvo que el nivel de servicio es de 46%, además se identificó que el tiempo ciclo se encuentra en la etapa de soldadura y emparejamiento que equivale al 12,15% del tiempo del proceso de fabricación la cual es la primera razón por la cual no se cumple la demanda. Asimismo, se obtuvo la capacidad real de la empresa que es de 2 transportadores de tipo tornillo sinfín por mes, además a partir del análisis del diagrama de recorrido se encontró que transporte de los materiales ocupan el 8,8% del tiempo del proceso. Con el mapeo de flujo de valor se diagnosticó que el proceso de fabricación posee 10 días de retraso lo cual es la segunda razón por la que no se cumple con la demanda. Además, se realizó diagramas hombre máquina para las etapas de soldadura, emparejamiento y plegado en la que se obtuvieron como resultados que la eficiencia en estas etapas es de 83,7% y 98,6% respectivamente, además se obtuvo una utilización de 100% y 41% respectivamente. Mediante el método REBA se logró evidencia que los operarios desarrollan un trabajo que afecta su postura y se requiere un nivel de acción inmediata eso es a causa de las planchas de acero.
3. Mediante el rediseño de la plegadora se logró reducir 50% del tiempo de la etapa de plegado de hélices. Con respecto a los valores referentes a la tensión, desplazamiento, deformación unitaria y factor de seguridad de los componentes de los acoples, son óptimos para su funcionamiento.
4. Mediante el diseño del carro transportador de planchas se logró reducir a 0 el esfuerzo aplicado por los operarios, además tras realizar el cambio de orden de las etapas de soldadura y emparejamiento por la de tronzado se logró reducir un 50% del tiempo de la etapa, asimismo, se realizó la mejora de mapeo de flujo logrando reducir el tiempo de no valor agregado a 42% y de la misma manera se redujo el cuello de botella a un 45% y se redujo un el traslado de materiales a 47,4%

5. Tras la propuesta de costo-beneficio se obtuvo un resultado de 2,18, es decir un incremento de 139% de las utilidades. Con respecto a la inversión total de la propuesta es de S/. 23 031 soles que pueden ser asumidos en el primer año, logrando tener una utilidad acumulada de S/. 190 469 y en total de S/. 1 271 969.

## V. RECOMENDACIONES

- Para investigaciones futuras se recomienda realizar un estudio de posturas mediante el método RULA, además complementar mediante NIOSH o el Manual del Trabajador.
- Para investigaciones futuras, enfocarse a la reducción de transportes por otros métodos para la distribución de planta.
- Se puede complementar el estudio de diseño del carro transportador y de los acoples mediante análisis de fatiga y pandeo.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Andina: Agencia Peruana de Noticias , «Andina,» Agencia Peruana de Noticias, 15 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://andina.pe/agencia/noticia-peru-economia-crecio-4-2018-y-acumulo-20-anos-expansion-742545.aspx>. [Último acceso: 30 Mayo 2019].
- [2] Ministerio de Economía y Finanzas , «Ministerio de Economía y Finanzas del Perú,» 28 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://www.mef.gob.pe/es/noticias/notas-de-prensa-y-comunicados?id=6043>. [Último acceso: 1 Junio 2019].
- [3] Instituto Nacional de Estadística e Informatica, «Producción Nacional,» INEI, Lima, 2018.
- [4] Agencia Peruana de Noticias , «América: Economía,» América , 6 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/industria-metalmechanica-peruana-crecio-102-entre-enero-y-octubre-2018>. [Último acceso: 30 Mayo 2019].
- [5] J.O.Strandhagen y Skarlo, «A Manufacturing Business Process Reengineering Method: Design and Redesign of a Production Control Model», SINTEF Production Engineering, N-7034, Trondheim, Norway, N-7034.
- [6] P. Saraswast, D. Kumar, M. Kumar, « Reduction of Work in Process Inventory and Production Lead Time in a Bearing Industry Usin Value Stream Mapping Tool», International Journal of Managing Value and Supply Chains (IJMVSC), vol 6, No. 2, 2015.
- [7] René, García y Parra « Metodología para la reingeniería de procesos. Validación en la empresa cereales “Santiago”», Ingeniería Industrial/ISSN , Vol XXXVIII, No. 2, 2017.
- [8] Y. E. González, M.A. Violet y H. D. Agudelo « Aplicación del método de diseño para manufactura y ensamblaje al chasis de un vehículo de tracción humana de tres ruedas

tipo recumbent como alternativa de transporte en la ciudad de Montería», Entre Ciencia e Ingeniería. Vol 13. No 25, 35-44, 2019.

- [9] A. Kalra, S. Marwah y R. Bhatia « Productivity Improvement in Assembly Line of Automobile Industry by Reducing Cycli Time of Operations»n International Journal of Engineering Research & Technology, Vol 5. No 1. Pp. 28-31,2016
- [10] Saéz, García, Palao y Rojo, INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LAS EMPRESAS, Universidad Politécnica de Madrid.
- [11] Cuatrecasas, Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible, España, 2013.
- [12] C. Rojas, Diseño y control de producción I, Perú: La Libertad E. I. R. L., 1996.
- [13] Prokopenko, LA GESTION DE LA PRODUCTIVIDAD Manual práctico, Ginebra: Oficina interncional del trabajo,1989.
- [14] Maynard, Manual de ingeniería y organización Industrial, Pennsylvania: REVERTÉ, 1987.
- [15] Meyers, Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil, Mexico: Pearson Educación, 2000.
- [16] Niebel y Freivalds, Ingeniería industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo, duodécima edición, México, 2009
- [17] Díaz, Ingeniería de método (Texto Universitario), Huancayo, 2012.
- [18] Díaz, INGENIERÍA DE MÉTODOS Manual autoformativo, Lima, 2014.
- [19] Dassault Systèmes, 2020, Tensión y deformación unitaria (2018) [Online], Available: [http://help.solidworks.com/2018/spanish/Solidworks/cworks/c\\_stress\\_strain.htm](http://help.solidworks.com/2018/spanish/Solidworks/cworks/c_stress_strain.htm)



- [20] Diego-Mas, Jose Antonio, Evaluación postural mediante el método REBA. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015 [Online], Available: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>
- [21] M. P. Rodriguez, « Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping a una empresa embaladora de productos de vidrio» Ingeniería y tecnología, vol.13, No. 1, pp.262-277,2017.
- [22] T. E. E. B. G. M. y V. E. J. Tapia « Marco de referencia de la aplicación de manufactura esbelta en la industria» Ciencia y Trabajo, pp.171-178,2017

## VII. ANEXOS

### Anexo 1. Unidades entregadas en los meses de junio 2018 – marzo 2019

Producto	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Total
Transportador de tipo Sinfín	2	4	3	4	2	1	2	0	0	2	20
Ablandadores de agua	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	4
Rompedora y cortadora de jabón	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Faja Transportadora	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Escalera	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Ploder	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>32</b>

Fuente: Empresa metalmecánica

## Anexo 2. Toma de tiempos durante el periodo de estudio

Partes	Actividades	Muestra y Tiempos (min)			Tiempo promedio
		M1	M2	M3	
Canal y platina	Inspección de plancha y señalado	12	14	11,5	13
	Transporte 1 a guillotina	8	11	11,5	10
	Cortado con guillotina	99	110	99	103
	Transporte 2 Rolado	10	12	9	10
	Rolado y Soldadura	248	257	251	252
	Transporte 3 Espera	50,5	51	48,5	50
	Espera	240	240	240	240
	Transporte 4 Área de producción	12,5	13	11	12
	Ensamblado 1	219	222	220	220
	Soldado	97	98	105	100
	Cortado con amoladora	36	37	33	35
	Soldado	72	69	74	72
	Transporte 5 para ensamble 3	31	32,5	35,5	33
Tornillo	Inspección de plancha y señalado	1	1	1	1
	Inspección de plancha	2	2	1,5	2
	Transporte 6 a CNC	30	28	31	30
	Cortado CNC	99	100	100	99,5
	Corte Radial y esmerilado	27	25	25	26
	Transporte 7 a plegadora	10	10	10	10
	Plegado	205	201	204	203,3
	Soldado y emparejamiento	301	300	300	300,3
	Espera	10	11	10	10
	Cortado amoladora o tronzadora	4	4	6	5
	Ensamble 2	15	17	16	16
	Soldado	6	6	7	6
	Ensamble 3	110	101	106	106
Pintado	75	68	68	70	
Puños	Inspección y señalado	3	2	3	3
	Transporte 8 sierra eléctrica	3	3	3	3
	Cortado de sierra eléctrica	19	16	13	17
	Transporte 9 a torno	3	4	3	3
	Torneado	190	185	190	188,3
	Taladrado	14	16	13	14,3
	Transporte 10 ensamble 2	3	3	4	3

Fuente: Empresa metalmecánica

**Anexo 3. Toma de tiempos durante el tiempo de estudio**

Partes	Actividades	Muestra y Tiempos (min)			Tiempo promedio
		M1	M2	M3	
Brida	Inspección y señalado	3	2,5	4	3
	Transporte 11 a Cortado soplete	6	8	5	6
	Cortado por soplete Transporte 12 a Torno	15,2	16	15	15,4
	Torneado	3	3	3	3,0
	Transporte 13 a taladro	70	65	66	67,0
	Taladrado	3	3	3	3,0
	Transporte 14 a mesa Hilado	7,5	9	6,5	7,7
	Hilado	2	2	2	2,0
	Transporte 15 para soldado Soldado	10	8,5	9,5	9,3
	Ensamblado Op-21	3	3	3	3,0
	Transporte a ensamble 2	3,5	2	2,5	2,7
	Inspección de plancha	10	10,5	10,5	10,3
	Transporte 17 a CNC	3	3	3	3,0
	Tapa	Cortado CNC	2	2	2
Transporte 18		29	31	30	30,0
Esmerilado		19	20	19	19,33
Ensamblado Op-26		2	3	1	2,0
Transporte 19 a Ensamble 3		2,5	3	2,5	2,7
Transporte 19 a Ensamble 3		12	8,5	11	10,5
<b>Total</b>	3	1	2	2,0	
	2471	2460,5	2456	2470	

Fuente: Empresa metalmecánica

**Anexo 4. Causas de horas perdidas en el periodo Julio 2018 – diciembre 2018**

Mes	Fecha por semana	Nº Semana	Horas laborales por semana	Horas laboradas	Tiempo Perdido	%	Causas
Julio	Semana del 2 a 7	1	54	50	4	3%	avería
	semana del 9 a 14	2	54	46	8	5%	Proceso no estandarizado
	semana del 16 al 21	3	54	44	10	6%	Proceso no estandarizado
	semana del 23 al 28	4	48	46	5	9%	otros
Agosto	Semana del 30 al 4	5	54	51	3	2%	avería
	semana del 6 al 11	6	54	50	4	3%	planificación
	Semana del 13 al 18	7	54	49	5	3%	avería
	Semana del 20 al 25	8	54	48	6	4%	Proceso no estandarizado
	Semana del 27 al 1	9	45	40	5	3%	planificación
Sept	Semana del 3 al 8	10	54	47	7	4%	Mp no correcta
	Semana del 10 al 15	11	54	47	7	4%	Proceso no estandarizado
	Semana del 17 al 22	12	54	52	2	1%	avería
	Semana del 25 al 29	13	54	46	8	5%	Proceso no estandarizado

Fuete: empresa metalmecánica

**Anexo 5. Causas de horas perdidas en el periodo Julio 2018 – diciembre 2018**

Mes	Fecha semana	por	Nº Semana	Horas laborales por semana	Horas laboradas	Tiempo Perdido	%	Causas
Oct	Semana del 1 al 6		14	54	48	6	4%	otros
	Semana del 8 al 13		15	45	42	3	2%	planificación
	Semana del 15 al 20		16	54	46	8	5%	Mp no correcta
	Semana del 22 al 27		17	54	49	5	3%	otros
	Semana del 29 al 3		18	45	41	4	3%	planificación
Nov	Semana del 5 al 10		19	54	44	10	6%	Proceso no estandarizado
	Semana del 12 al 17		20	54	49	5	3%	avería
	Semana del 19 al 24		21	54	52	2	1%	avería
	Semana del 26 al 1		22	54	44	10	6%	Proceso no estandarizado
Dic	Semana del 3 al 8		23	45	42	3	2%	avería
	Semana del 10 al 15		24	54	46	8	5%	Proceso no estandarizado
	Semana del 17 al 22		25	54	49	5	3%	Mp no correcta
	Semana del 24 al 29		26	45	38	7	4%	otros

---

	Semana del 27	45	38	7	4%	Mp no correcta
	31 al 5					
<b>TOTAL</b>			1244	157	100%	

---

Fuete: empresa metalmecánica

### Anexo 6. Pagos a los operarios

<b>Operario</b>	<b>Mes(S/.)</b>	<b>Quincena (S/.)</b>	<b>Dia(S/.)</b>
Tornero	S/1.650,00	S/825,00	S/63,46
Soldador	S/1.500,00	S/750,00	S/57,69
Ayudante del tornero	S/1.250,00	S/625,00	S/48,08
Ayudante de soldador 1	S/1.200,00	S/600,00	S/46,15
Ayudante de soldador 2	S/1.000,00	S/500,00	S/38,46
Practicante de Senati 1	S/765,00	S/382,50	S/29,42
Practicante de Senati 2	S/765,00	S/382,50	S/29,42
<b>Total</b>	<b>S/8.130,00</b>	<b>S/4.065,00</b>	<b>S/312,69</b>

Fuete: empresa metalmeccánica



### Anexo 7. Cantidad de materiales para la producción de un TTTSF

<b>CANAL</b>		
<b>Materiales</b>	<b>TIPO</b>	<b>CANT</b>
Plancha	LAC (1/4") 1,2X2,4	4
Platina	1/2"X2"X6m	1
Angulo	1/4X2"X6m	3
Perno	Hexagonal NC-1/4"	56
<b>TAPA</b>		
<b>Materiales</b>	<b>TIPO</b>	<b>CANT</b>
Plancha	LAC (1/4") 1,2X2,4	0
Pernos	Hexagonal NC-1/4"	14
Pernos	Hexagonal NC-5/8"	8
Chumacera	Pared de 2"	2
<b>TORNILLO</b>		
<b>Materiales</b>	<b>TIPO</b>	<b>CANT</b>
Tubo	De acero SCH 40 de 2"x6m	2
Plancha	LAC (3/8") 1,2X2,4	2
Eje	acero maquinable de 2"x 1m	1
Rodaje	2"	1
Plancha	LAC (1") 1,2X2,4	1
Pernos	Hexagonal NC-1/4"	4
Cuerpo de perno	Perno de 3/4"	1
Platina	1/2"X2"X6m	1
Tuerca	Hexagonal NC-3/4"	2

Fuete: empresa metalmecánica

## Anexo 8. Producción



Figura 22: Producción por lotes

Fuente: Elaboración Propia



Figura 23: Producción por lotes

Fuente: Elaboración Propia