

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



**SISTEMA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PRODUCCIÓN
EN LA EMPRESA H+S HIDRÁULICA S.A.C. PARA REDUCIR LAS
PÉRDIDAS ECONÓMICAS DE LOS PEDIDOS NO ATENDIDOS
DE LOS CILINDROS DE DOBLE EFECTO**

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

AUTOR

MARIA VALERIA NIÑO SOLIS

ASESOR

OSCAR KELLY VÁSQUEZ GERVASI

<https://orcid.org/0000-0002-3893-0516>

Chiclayo, 2020

**SISTEMA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE
PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA H+S HIDRÁULICA S.A.C.
PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS DE LOS
PEDIDOS NO ATENDIDOS DE LOS CILINDROS DE DOBLE
EFECTO**

PRESENTADA POR:

MARIA VALERIA NIÑO SOLIS

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

Cesar Ulises Cama Peláez
SECRETARIO

Oscar Kelly Vásquez Gervasi
VOCAL

Dedicatoria

A Dios por permitirme llegar hasta esta estancia de mi carrera, a mis padres por darme las fuerzas para nunca rendirme y a mis hermanos por brindarme la oportunidad de estudiar y ser siempre mejor.

Agradecimientos

Al gerente de la empresa H+S Hidráulica S.A.C. por ofrecerme siempre la información necesaria para la realización de la tesis.

A mi asesor por sus consejos y aliento a siempre mejorar.

Índice

I.	Introducción	14
II.	Marco teórico	16
2.1	Antecedentes	16
2.2	Bases Teórico Científicas	19
III.	Resultados	28
3.1	Diagnóstico de situación actual de la empresa	28
3.1.1	La empresa	28
3.1.2	Descripción del sistema productivo	32
3.1.2.1	Productos	32
a.	Descripción del Producto	33
b.	Desechos	37
3.1.2.2	Recursos del Proceso	37
a.	Materia prima e insumos	37
b.	Mano de obra	38
c.	Maquinaria y equipos	38
3.1.2.3	Descripción del Proceso	41
a.	Tubo bruñado	41
b.	Vástago	43
c.	Tapa soldada	44
d.	Brida	45
e.	Émbolo	46
f.	Tapa roscada	47
3.1.2.4	Análisis del Proceso	48
3.1.2.5	Indicadores actuales del proceso	64
3.1.2.5.1	Demanda histórica y proyección de demanda	64

3.1.2.5.2	Producción	66
3.1.2.5.3	Capacidad utilizada	67
3.1.2.5.4	Capacidad diseñada	67
3.1.2.5.5	Capacidad ociosa	68
3.1.2.5.6	Utilización	68
3.1.2.5.7	Productividad de materia prima	68
3.1.2.5.8	Productividad de mano de obra	69
3.1.2.5.9	Productividad horas-hombre	69
3.1.2.5.10	Pérdidas económicas por mala planificación de pedidos	70
3.1.2.5.11	Análisis de tiempos detallado del proceso	74
3.1.2.5.12	Balance de línea	80
3.1.2.6	Cuadro resumen de indicadores actuales del proceso	88
3.1.3	Identificación de problemas en el sistema de producción y sus causas	90
3.1.3.1	Análisis y evaluación de la información del proceso	90
3.1.3.2	Cuadro de Problemas, Causas y Pérdidas	91
3.1.3.3	Ponderación de herramientas	92
3.1.3.4	Instrumento de orientación de enfoque de Investigación	94
3.1.3.5	Problemas, causas y propuestas de solución en proceso	95
3.1.4	Desarrollo de propuesta de mejoras en el sistema de producción	96
3.1.4.1	Desarrollo de mejoras	96
	<input type="checkbox"/> Mejora I	96
	<input type="checkbox"/> Mejora II	101
3.1.4.2	Nuevos indicadores del proceso	119
3.1.4.3	Cuadro Comparativo de Indicadores	121
3.1.5	Análisis costo beneficio	125
3.1.5.1	Costos y gastos en cada tapa de implementación	125
3.1.5.1.1	Pago al personal	125

3.1.5.1.2	Compra de materiales	126
3.1.5.1.3	Compra de torno paralelo GH-1340A	126
3.1.5.1.4	Consumo de energía eléctrica	127
3.1.5.2	Beneficios	127
3.1.5.3	Flujo de caja	128
3.1.6	Planes de acción para la mejora	131
3.1.7	Evaluación del impacto de la propuesta	132
IV.	Conclusiones y recomendaciones	133
4.1	Conclusiones	133
4.2	Recomendaciones	133
V.	Referencias bibliográficas	135
VI.	Anexos	137

Lista de tablas

Tabla 1. MRP vs Técnicas clásicas.....	23
Tabla 2. Número recomendado de ciclos de observación.....	26
Tabla 3. Datos generales de la empresa H+S Hidráulica S.A.C.....	28
Tabla 4. Análisis ABC de los productos más vendidos en el año 2018.....	33
Tabla 5. Ficha técnica del producto	35
Tabla 6. Materiales utilizados durante la elaboración de los productos	37
Tabla 7. Mano de obra de la empresa H+S Hidráulica S.A.C.....	38
Tabla 8. Maquinaria de la empresa H+S Hidráulica S.A.C.	39
Tabla 9. Resumen DOP del vástago	48
Tabla 10. Resumen DOP del tubo bruñido	49
Tabla 11. Resumen DOP de la tapa soldada	50
Tabla 12. Resumen DOP de la brida.....	51
Tabla 13. Resumen DOP del émbolo.....	52
Tabla 14. Resumen DOP de la tapa roscada	53
Tabla 15. Resumen DOP del cilindro de doble efecto.....	54
Tabla 16. Resumen de los tiempos de producción según el DOP	55
Tabla 17. Resumen DAP del vástago	56
Tabla 18. Resumen DAP del tubo bruñido	57
Tabla 19. Resumen DAP de la tapa soldada	58
Tabla 20. Resumen DAP de la brida.....	59
Tabla 21. Resumen DAP del émbolo.....	60
Tabla 22. Resumen DAP de la tapa roscada	61
Tabla 23. Resumen DAP del cilindro de doble efecto.....	62
Tabla 24. Cuadro resumen del Diagrama de Análisis de operaciones (DAP)	63
Tabla 25. Demanda histórica del cilindro hidráulico de doble efecto	64
Tabla 26. Demanda de cilindro hidráulico de doble efecto proyectada 2019-2023	65
Tabla 27. Comparación de la demanda proyectada con la producción real	65
Tabla 28. Producción de acuerdo al cuello de botella	66
Tabla 29. Producción actual	66
Tabla 30. Capacidad utilizada en la elaboración del cilindro por pieza	67
Tabla 31. Capacidad diseñada por pieza	67
Tabla 32. Capacidad ociosa por pieza.....	68

Tabla 33. Capacidad ociosa por pieza al mes	68
Tabla 34. Productividad de materia prima por mes	69
Tabla 35. Productividad de mano de obra por mes.....	69
Tabla 36. Productividad de horas-hombre por mes	70
Tabla 37. Número de pedidos no atendidos, pérdidas económicas y sus causas	71
Tabla 38. Paros de producción por desabastecimiento de materiales.....	72
Tabla 39. Tiempo del proceso detallado para la elaboración de la tapa soldada.....	74
Tabla 40. Tiempo del proceso detallado para la elaboración del tubo bruñido.....	75
Tabla 41. Tiempo del proceso detallado para la elaboración de la brida	76
Tabla 42. Tiempo del proceso detallado para la elaboración del émbolo	77
Tabla 43. Tiempo del proceso detallado para la tapa roscada	78
Tabla 44. Tiempo del proceso detallado para el vástago	79
Tabla 45. Tiempo del proceso detallado para el ensamblaje.....	79
Tabla 46. Tiempos de valor agregado y no valor agregado de los procesos.....	80
Tabla 47. Tiempo por estación de la tapa soldada	81
Tabla 48. Tiempo por estación del tubo bruñido	82
Tabla 49. Tiempo por estación de la brida	83
Tabla 50. Tiempo por estación del émbolo	84
Tabla 51. Tiempo por estación de la tapa roscada.....	85
Tabla 52. Tiempo por estación del vástago	86
Tabla 53. Tiempo por estación de la tapa soldada	86
Tabla 54. Tiempo por estación de la tapa soldada	87
Tabla 55. Cuadro resumen de indicadores actuales del proceso	88
Tabla 56. Cuadro resumen de indicadores generales del proceso actual.....	88
Tabla 57. Cálculo de variables según el balance de línea	89
Tabla 58. Cuadro de problemas, causas y pérdidas	92
Tabla 59. Matriz de operacionalización	94
Tabla 60. Lista de materiales por cilindro de doble efecto	97
Tabla 61. Plazo de entrega de lotes por cilindro de doble efecto	97
Tabla 62. Tabla resumen del requerimiento de materiales.....	98
Tabla 63. Desviación estándar de demanda durante el período de revisión (T+L)	99
Tabla 64. Cálculo de la cantidad a solicitar del producto (Q).....	100
Tabla 65. Cuadro comparativo de pérdidas económicas.....	101
Tabla 66. Cuello de botella según el proceso	102

Tabla 67. Nuevas capacidades de producción	102
Tabla 68. Tiempos por estaciones agrupadas	104
Tabla 69. Tiempos por estaciones agrupadas	105
Tabla 70. Tiempos por estaciones agrupadas	107
Tabla 71. Tiempos por estaciones agrupadas	109
Tabla 72. Tiempos por estaciones agrupadas	111
Tabla 73. Tiempos por estaciones agrupadas	113
Tabla 74. Tiempos por estaciones agrupadas	114
Tabla 75. Agrupación por estaciones	116
Tabla 76. Resumen de los indicadores en el balance de línea	117
Tabla 77. Nuevos indicadores del proceso	119
Tabla 78. Cálculo del nuevo tiempo muerto	120
Tabla 79. Cálculo de los nuevos indicadores en base a la mejora propuesta	121
Tabla 80. Cuadro comparativo de indicadores del cilindro de doble efecto	122
Tabla 81. Nuevos indicadores del balance de línea para la tapa soldada	122
Tabla 82. Nuevos indicadores del balance de línea para el tubo bruñido	123
Tabla 83. Nuevos indicadores del balance de línea para la brida	123
Tabla 84. Nuevos indicadores del balance de línea para el émbolo	123
Tabla 85. Nuevos indicadores del balance de línea para la tapa roscada	124
Tabla 86. Nuevos indicadores del balance de línea para el vástago	124
Tabla 87. Nuevos indicadores del balance de línea para el ensamblaje	124
Tabla 88. Nuevos indicadores del balance de línea para el cilindro hidráulico	125
Tabla 89. Remuneración anual para trabajadores	126
Tabla 90. Costo de materiales por unidad de venta	126
Tabla 91. Depreciación de maquinaria	126
Tabla 92. Consumo de energía eléctrica por el nuevo torno	127
Tabla 93. Beneficios en unidades monetarias	128
Tabla 94. Flujo de caja de la propuesta	129
Tabla 95. Costo - beneficio de la propuesta	130
Tabla 96. Plan de acción para la mejora	131

Lista de figuras

Figura 1. Componentes del sistema	19
Figura 2. Área bajo la curva normal estándar.....	25
Figura 3. Organigrama de la empresa H+S Hidráulica S.A.C.	28
Figura 4. Flujograma de la empresa para realizar un pedido	30
Figura 5. Partes del cilindro de doble efecto	34
Figura 6. Distribución de la maquinaria en la empresa H+S Hidráulica S.A.C.	40
Figura 7. Tubo Bruñido.....	41
Figura 8. Vástago.....	43
Figura 9. Tapa soldada	44
Figura 10. Brida	45
Figura 11. Émbolo	46
Figura 12. Tapa roscada	47
Figura 13. Diagrama de operaciones del proceso del vástago.....	48
Figura 14. Diagrama de operaciones del proceso del tubo bruñido.....	49
Figura 15. Diagrama de operaciones del proceso de la tapa soldada	50
Figura 16. Diagrama de operaciones del proceso de la brida.....	51
Figura 17. Diagrama de operaciones del proceso del émbolo.....	52
Figura 18. Diagrama de operaciones del proceso de la tapa roscada	53
Figura 19. Diagrama de operaciones del proceso de cilindro de doble efecto.....	54
Figura 20. Diagrama de análisis del proceso del vástago.	56
Figura 21. Diagrama de análisis del proceso del tubo bruñido	57
Figura 22. Diagrama de análisis del proceso de la tapa soldada	58
Figura 23. Diagrama de operaciones del proceso de la brida.....	59
Figura 24. Diagrama de análisis del proceso del émbolo.....	60
Figura 25. Diagrama de análisis del proceso de la tapa roscada	61
Figura 26. Diagrama de análisis del proceso de la tapa roscada	62
Figura 27. Diagrama de dispersión y tendencia de importaciones de la demanda	64
Figura 28. Análisis de los tiempos de procesos.....	80
Figura 29. Espina de Ishikawa de la empresa H+S Hidráulica S.A.C.	90
Figura 30. Estructura arboreal del producto.....	96
Figura 31. Diagrama de precedencia según las nuevas estaciones	104
Figura 32. Diagrama de precedencia según las nuevas estaciones	106

Figura 33. Diagrama de precedencia según las nuevas estaciones	107
Figura 34. Diagrama de precedencia según las nuevas estaciones	109
Figura 35. Diagrama de precedencia según las nuevas estaciones	111
Figura 36. Diagrama de precedencia según las nuevas estaciones	113
Figura 37. Diagrama de precedencia según las nuevas estaciones	114
Figura 38. Distribución de planta según estaciones	118

Resumen

H+S Hidráulica S.A.C. es una empresa metalmeccánica fabricante de piezas en serie en torno y taladro. Esta ha venido operando en un contexto de planificación y toma de decisiones empíricas, ocasionando que el 55,32% de los pedidos no sean atendidos, creando una pérdida económica 40 320 soles. Debido a las constantes paradas de producción por desabastecimiento de materia prima y los tiempos perdidos por procesos que no agregan valor al producto, se pretende diseñar un sistema de planificación y control de la producción basado en un Plan de Requerimiento de Materiales (MRP) y la aplicación de un modelo de reaprovisionamiento periódico (P), que detalla los recursos del producto y el tiempo, así como un Balance de línea para mejorar el flujo de producción. Para ello, se realizó un diagnóstico a la empresa en la que se ha determinado que el tiempo de producción es de 10,52 horas, donde el 46,75% son actividades que no agregan valor. Asimismo, se reconoció como cuello de botella a los procesos realizados por el torno, el cual permitía una eficiencia de línea de 55,86% y un porcentaje de balance de 50,07%. Con la aplicación del sistema propuesto se ha determinado reducir a 4 estaciones de trabajo y contratar 4 trabajadores más. Esto permitirá aumentar la producción a 156 und/mes, y reducir las pérdidas económicas en 88,81%. Además, se estimó la cantidad de materiales que serán requeridos en el proceso de producción el cual se obtiene del pronóstico de venta. Finalmente, se desarrolló el análisis económico financiero para conocer la viabilidad de la propuesta.

PALABRAS CLAVE: Planificación y control de producción (PCP), Plan de requerimiento de materiales (MRP), Modelo de reaprovisionamiento periódico (P), Balance de línea.

ABSTRACT

H + S Hidráulica S.A.C. It is a metalworking company manufacturer of serial parts around lathe and drill. This has been operating in a context of empirical planning and decision-making, causing 55,32% of orders not to be met, creating an economic loss of 40 320 soles. Due to the constant production stops due to shortages of raw material and the time lost due to processes that do not add value to the product, it is intended to design a production planning and control system based on a Material Requirements Plan (MRP) and the application of a periodic replenishment model (P), which details product resources and time, as well as a Line Balance to improve production flow. For this, a diagnosis was made to the company in which it has been determined that the production time is 10,52 hours, where 46,75% are activities that do not add value. Likewise, the processes carried out by the lathe were recognized as a bottleneck, which allowed a line efficiency of 55,86% and a balance percentage of 50,07%. With the application of the proposed system it has been determined to reduce to 4 work stations and hire 4 more workers. This will increase production to 156 und / month, and reduce economic losses by 88,81%. In addition, the quantity of materials that will be required in the production process which is obtained from the sales forecast was estimated. Finally, the financial economic analysis was developed to know the feasibility of the proposal.

KEYWORDS: Production planning and control (PCP), Material requirement plan (MRP), Periodic replenishment model (P), Line balance.

I. Introducción

Durante los últimos 5 años, la industria metalmecánica ha evolucionado significativamente, convirtiéndose en el eslabón de la industria transformadora de metales, como la minería, y los demás sectores productivos. En el Perú, es una de las industrias más importantes y competentes ya que según Okpra y Wynn [1] citado por Avolio, Mesones y Roca [2] las MYPES son la fuerza impulsora del crecimiento económico, aportando en 42% del PBI nacional. No obstante, enfrenta una serie de obstáculos que limitan su supervivencia a largo plazo y su desarrollo.

De acuerdo con Perren [2], uno de los determinantes de las restricciones para el crecimiento de las MYPES, son los problemas estratégicos, los cuales abarcan la habilidad de los pequeños para ajustar sus productos o servicios a la demanda externa, el poco planeamiento de su producción y la poca investigación de mercados. Por su parte, el Ministerio de la Producción [3] manifiesta que los principales problemas son las deficiencias en la distribución de planta y bajo nivel de utilización de programas de manufactura en la planeación, control de la producción y mantenimiento integral.

Según el Comité Gremial de Metal Mecánica de la Cámara de Comercio y Producción de Lambayeque [4] hasta el 2016, en la región Lambayeque había 2 000 talleres de metalmecánica entre pequeños, medianos y grandes. Estos talleres están ubicados mayormente en el distrito de Chiclayo, Leonardo Ortiz y La Victoria. Según este estudio, el 80% de los carpinteros de metalmecánica no tienen claro el mercado hacia donde está dirigido su producto y el 20% restante manifiestan que fabrican sus productos para el área de transporte e industrial, no obstante, solo abren su taller y esperan que el cliente llegue.

Tal es el caso de H+S Hidráulica S.A.C., una microempresa perteneciente al sector metalmecánico, proveedora de componentes y accesorios hidráulicos, y fabricante de piezas metálicas. Según una clasificación ABC los cilindros de doble efecto son los que mayores ganancias le generan a la empresa, con un porcentaje del 82%, por lo que se seleccionó como unidad de análisis para esta investigación. De esta forma, se ha determinado que el tiempo de producción es de 10,52 horas, de las cuales el 46,75% son actividades improductivas y que solo se utiliza el 32,69% de la planta. Esto ha generado que el 55,32% de los pedidos no sean atendidos, creando una pérdida económica 40 320 soles. Asimismo, se ha determinado una productividad de materia prima de 0,24, productividad de mano de obra de 5,67 y productividad horas-hombre de 0,08. Además,

se realizó un balance de línea que determinó la existencia de 498,55 minutos de tiempo muerto, generando una eficiencia de línea de 55,86% y un porcentaje de balance de 50,07%. Estos indicadores son el resultado de una mala planificación y control de los procesos, debido a que existen paradas de producción por desabastecimiento de materia prima y pedidos no atendidos a tiempo, por lo que se ha formulado la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo mejorar la planeación y control de la producción para disminuir las pérdidas económicas de los pedidos no atendidos en la empresa H+S Hidráulica S.A.C.?

Para resolver esta pregunta se ha planteado como objetivo general mejorar los problemas del sistema de planificación y control de producción en la empresa H+S Hidráulica S.A.C para disminuir las pérdidas económicas de los pedidos no atendidos, teniendo como primer objetivo específico realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa, aquí se determinó la productividad, el tiempo de elaboración del producto y la planificación de materiales. Como segundo objetivo se planteó diseñar el sistema para planificar y controlar la producción para disminuir las pérdidas económicas de los pedidos no atendidos, este sistema está diseñado para el abastecimiento de materia prima mediante la planeación de requerimientos de materiales (MRP), los cuales son datos de entrada para el modelo de gestión de reaprovisionamiento; así como un balance de línea, para disminuir los tiempos de espera elevados y desperdicios que no agreguen valor al producto. El sistema referirá a los elementos que se relacionan con el proceso de producción, como las máquinas, operarios y materiales, encargados de transformar el acero en cilindros de doble efecto. Por último, se estableció realizar el análisis costo-beneficio de la propuesta con el fin de conocer la conveniencia de aplicación del presente estudio.

De esta forma, este trabajo pretende proporcionar un marco de referencia que considere el período, cantidad a producir y cuáles son los recursos que se van a necesitar para lograrlo, esto permitirá ser una base de conocimiento para investigadores interesados en estos temas, los cuales son de importancia para mitigar las debilidades de una organización y buscar siempre la mejora continua. Además, de ser una alternativa viable para mejorar las condiciones de las empresas referente a la producción y a las áreas involucradas.

II. Marco teórico

2.1 Antecedentes

En 2019, Miño, Moyano y Santillán [5] en su investigación sobre *“Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro”* tiene como objetivo determinar los tiempos estándar en el área de soldadura en la empresa Ciudad del Auto (CIAUTO) para balancear la línea de automóviles modelo cuatro. Para ello, se identificó las actividades en las siete estaciones de trabajo y se utilizó recursos audiovisuales, con el fin de realizar las mediciones, el cálculo y registro de los tiempos normales, tiempos estándar utilizando como factor de desempeño de trabajo sobre la base de las tablas de Westinghouse. Como resultado se obtuvo un tiempo normal de 18 191 segundos, un takt time de 2 730 segundos con una demanda en ese período de 10 unidades. Con los tiempos estándar se realizó los diagramas de precedencia y determinó el balance de línea y la correspondiente asignación de trabajo con un total 10 personas, debido a que se tiene que realizar las operaciones sincrónicamente planificadas tanto en el lado derecho como izquierdo del auto.

En 2017, Sudharsan, Balthilak y Santhosh [6] en su investigación *“Balancing of Production Line in a Bearing Industry to improve Productivity”* tiene como objetivo minimizar los tiempos de inactividad para las actividades del proceso y lograr una correcta combinación de estaciones de trabajo. Para lograrlo, se ha evaluado los factores como la falta de materiales, cambios de diseño en el producto y manos de obra. Con el fin de aumentar la producción de rodamientos, se ha aplicado el método de balanceo de línea con dos plataformas distintas, la primera reorganizando las tareas existentes en las estaciones de trabajo y el segundo utilizando un software Timer Pro Professional al agrupar tipos similares de actividades para descubrir la productividad más optimizada. Como resultado, se ha logrado aumentar la producción de rodamiento en 4 628 unidades bajo la primera metodología y 55 770 rodamientos, haciendo uso del software. Esta propuesta sugiere que la compañía debería cambiar su línea actual de operaciones para mejorar productividad y rentabilidad.

En 2016, Oliveira, Silva, Manicoba y Ferreira [7] en su investigación *“Dimensionamento do lote no MRP com sequenciamento de itens: aplicação em uma empresa de fabricação de PVC”* tuvo como objetivo planificar y controlar la producción considerando el tamaño de lote en el MRP y los efectos de sus variaciones. Para ello, determinó la inactividad de

las máquinas en el proceso de producción de una empresa de PVC, que al cambiar de lote a lote (LxL) a regla cantidad fija (EOQ) se redujo la inactividad de la máquina, de esta forma concluye que la secuencia de los elementos en el proceso de producción debe considerarse al decidir dimensionamiento de lotes en MRP. Esta investigación se ha utilizado para reconocer la metodología empleada en la realización de un MRP, el cual ha sido aplicada teniendo en cuenta distintos esquemas y herramientas empleadas en su desarrollo como el Plan maestro de producción (MPS), Planeamiento de necesidades de materiales (MRP), lead time y plazos de entrega.

En 2016, Ahmad, Nurul y Azianti [8] publicaron una investigación titulada *“Improvement of overall efficiency of production line by using line balancing”* el cual presenta una mejora de la eficiencia de línea de producción de ensamblaje mediante el uso de balance de línea en AutoleehnSdn. Bhd. (AKSB). Para ello, se ha aplicado distintos pasos de mejora, entre ellos están la reorganización de la disposición de las partes, eliminando actividades innecesarias del proceso, reducción del tiempo de ciclo y equilibrio de la carga de trabajo. Como resultados, *se* ha aumentado la eficiencia de la línea de producción a 77%, se ha reducido la mano de obra de cuatro manpowers a tres manpowers y se ha equilibrado la carga de trabajo de cada trabajador. Este antecedente aportará a la presente investigación en cuanto a la metodología empleada, pues las fórmulas serán usadas para realizar parte del diagnóstico de la empresa H+S Hidráulica S.A.C.

En 2015, Miño, Saumel, Toledo, Roldan y Moreno [9] en su investigación sobre *“Planeación de requerimientos de materiales por el sistema MRP. Caso laboratorio Farmacéutico Oriente. Cuba”* tiene como objetivo aplicar un modelo MRP en la fabricación de medicamentos en la Empresa Laboratorios Oriente en Santiago de Cuba, basado en un análisis teórico práctico para la aplicación de esta herramienta con la utilización del software WinQSB. Además, de este sistema se utilizaron herramientas para la recopilación de datos, el diagrama de Pareto, el método ABC y diagrama OTIDA. Como resultado, se puede obtener las necesidades de materiales para el horizonte de tiempo planificado; este proporciona cantidades y fechas en que deben asegurarse los materiales (órdenes de compra), las órdenes de producción y con ello, mantener mínimos niveles de inventarios tanto en almacenes, en proceso y de producción terminada.

En 2014, Soares, Sehnem y Andrade [10] en su investigación sobre “*Análise do planejamento e controle de produção no setor de usinagem, corte e conformação em indústria metal-mecânica*” tiene como objetivo analizar la Planificación y Control de Producción (PCP) en los sectores de mecanizado y corte con conformación de una microempresa metalmeccánica, específicamente del plan maestro de producción. Esta investigación utilizó técnicas de recolección de datos, los cuales fueron organizados en gráficos separados en relación a las horas presupuestadas y horas efectivamente utilizadas en el proceso productivo de acuerdo con el presupuesto concretado con el cliente. Como resultado se determinó que el Sistema de información de la empresa no permite la toma de decisiones, pues la gestión es manual en lo que se refiere a lo que fabricar y cuándo se fabrica, así como a la cantidad almacenada para subsidiar la fabricación. Por consiguiente, tal función debe desempeñarse por el sector de PCP, ya que sólo así habrá información para la administración eficiente del flujo de materiales, asignación de personas, máquinas y equipos, coordinación de las actividades internas con los de los proveedores y establecimiento de una comunicación con los clientes acerca de las demandas futuro.

2.2 Bases Teórico Científicas

Sistema: Rodríguez [11], citado por Silva [12], p.151, afirma que es un conjunto organizado, formando un todo, donde cada parte está interrelacionadas de forma lógica, que relaciona sus actos hacia un objetivo.

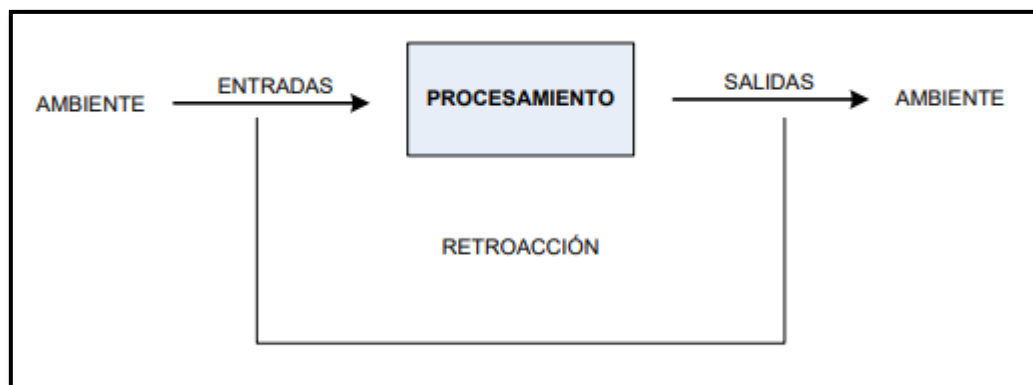


Figura 1. Componentes del sistema

Fuente: Rodríguez, 2002.

Microempresa: Es un tipo de empresa que poseen hasta 20 trabajadores, y que tienen hasta 400 000 soles de ventas anuales. Si la microempresa pertenece al sector manufacturero se considera el criterio del número de personas ocupadas (Hasta 20 trabajadores). Según PRODUCE, son aquellas empresas que tienen un ingreso promedio hasta 150 UIT. [13]

R. Schroeder, S. Meyer y J. Rungtusanatham (2011) afirman que la **demanda independiente** es influida por las condiciones del mercado externas a la empresa, normalmente se refiere a inventario de productos terminados y de refacciones para reemplazo. Mientras que la **demanda dependiente** es aquella que tiene una demanda relacionada con otro artículo y que no lo determina el mercado. Esta se refiere a elaborar productos finales a partir de componentes, y la demanda de estos últimos depende de la demanda por el producto final. [14]

Pronóstico de la demanda: En [15] se afirma que pronosticar es la habilidad para detallar información reveladora acerca del futuro. Este proceso involucra una serie de decisiones concernientes a la planeación a largo plazo, el cual considera distintos factores como las condiciones económicas, las preferencias en el mercado, el contexto político y social en general. Su finalidad es organizar y controlar todas sus fuentes, de manera que los métodos de producción puedan realizarse de manera efectiva, considerando la

puntualidad, precisión y calidad del producto al ser entregados a los clientes. Un pronóstico de demanda a largo plazo se realiza de 5 años.

Proceso de producción: tiene como función transformar los componentes que la empresa tiene a su alrededor, en productos con valor agregado [16]:

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

Tipos de procesos según el flujo

Proceso en línea o masa: Son procesos centrados en el producto con recursos organizados alrededor del mismo. Poseen volúmenes altos y los productos son modelos estándares. [17]

Proceso intermitente o lote: Son procesos con volúmenes medios, pero con productos variados. Estos comparten recursos y no hay una secuencia de operaciones estándares. Las órdenes de producción dependen de las órdenes de clientes. [17]

Proceso por proyecto: Tiene como objetivo lograr una alta personalización, con bajos volúmenes de producto y con una única secuencia de operaciones. Son procesos de larga duración y gran escala. [17]

Indicadores de productividad

Productividad: es el nivel de beneficio con que se utilizan los recursos útiles con el fin de alcanzar los objetivos determinados de una organización. Esta medida especifica la relación entre la producción obtenida en un período dado y la cantidad de recursos utilizados [18].

$$\text{Productividad total} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Cantidad de recurso empleado}}$$

En [19] se detallan las siguientes fórmulas del cálculo de la productividad por recurso en una empresa:

$$\text{Productividad de materia prima} = \frac{\text{MP que sale}}{\text{MP que ingresa}}$$

$$\text{Productividad de recurso humano} = \frac{\text{Producción actual}}{\text{Número de operarios}}$$

$$\text{Productividad económica} = \frac{\text{Producción actual}}{\text{Inversión en materiales}}$$

$$\text{THH} = \text{Td} \times \text{No} \times \text{Dt}$$

Donde:

THH= Total de horas - hombre trabajadas

Td = Turno diario de producción

No = Número de operarios

Dt = Días trabajados

Indicadores de capacidad significativos:

- **Capacidad:** Es el número de unidades o producción que una organización puede encargarse, almacenar o producir en un periodo de tiempo fijo [20].
- **Capacidad diseñada o proyectada:** Es la máxima producción teórica que se puede alcanzar en un periodo de tiempo definitivo en condiciones ideales. [20]
- **Capacidad real o efectiva:** Es la capacidad esperada de una empresa, teniendo en cuenta la mezcla de bienes, procesos de sistematización y estándares de calidad. [20]
- **Capacidad utilizada:** Es la capacidad real o actual de la empresa, dado los controles operativos. [20]
- **Capacidad ociosa:** Es la capacidad que resulta de la diferencia entre lo real y utilizada.
- **Utilización:** Es el porcentaje que muestra la relación entre la producción real y la capacidad proyectada.

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad proyectada}}$$

- **Eficiencia:** Es el porcentaje que refleja la relación entre la producción real y la capacidad efectiva.

Planeación de requerimientos de materiales (MRP): D. Sipper y R. Bulfin (1998) afirman que el MRP es la mejor forma de considerar productos con varios componentes, ya que incluye el ensamble de varias piezas y subensambles que conforman un producto terminado. Su objetivo principal es establecer los requerimientos y la demanda de cada pieza o componente para cada periodo de tiempo. Estos requerimientos se utilizan para registrar la información suficiente antes de comprar los materiales para el proceso de producción, teniendo en cuenta la cantidad de tiempo del MPS y formando un grupo resultantes de requerimientos de materiales espaciados en el tiempo. [21]

Hay que tener en cuenta que Sipper y Bulfin [21] manifiestan que los tres componentes principales de un sistema MRP son:

- El programa maestro de producción: es el insumo fundamental del MRP ya que permite conocer las necesidades por cada fase del producto terminado y convertirlos en requerimientos de componentes individuales.
- Los registros del estado del inventario: contienen el estado de todos los productos en el inventario. Este mantiene actualizado las transacciones del inventario y contienen factores de planeación como: inventario de seguridad, el tiempo de entrega del artículo, desperdicio permitido, tamaños de lote, etc.
- La lista de materiales (estructura del producto): es un diagrama que refleja el orden en que se producen y ensamblan la materia prima, las partes que se compran y los sub-ensambles para formar un artículo final.

El objetivo del MRP es tener un enfoque más efectivo y ordenado para determinar los requerimientos de materiales en una empresa, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. MRP vs Técnicas clásicas

Item	Técnicas clásicas	MRP
Tipo de demanda	Independiente (aleatoria)	Dependiente (predeterminada)
Determinación de la demanda	Previsión estadística sobre la base de la demanda histórica.	Explosión de las necesidades sobre la base del Plan Maestro de producción.
Tipo de artículos	Finales y piezas de repuestos.	Partes y componentes.
Base de los pedidos	Reposición.	Necesidades.
Stocks de seguridad	Necesario para paliar la aleatoriedad de la demanda.	Tiende a desaparecer salvo en los productos finales.
Objetivos directos	Satisfacción del cliente.	Satisfacción de las necesidades de producción.

Fuente: Corona, 2014. [22]

Inventario: es un conjunto de materiales utilizados para facilitar la producción o para satisfacer la demanda del mercado. Los inventarios típicos contienen la materia prima, la producción en proceso y los productos terminados. [14]

Modelos de gestión de inventarios: Render y Heizer [23] lo definen como los esfuerzos que realiza una empresa para gestionar (saber qué y cuándo comprar) adecuadamente (balanceando sus costos de inventario y su nivel de servicio) sus inventarios, mediante el uso de una estrategia conducida por un modelo.

Periodo Fijo (P): Se utiliza en la gestión de inventarios de productos que se adquieren constantemente y no están afectos a un tiempo de vida, por ejemplo, materias primas. La cantidad a comprar de estos productos se evalúan de acuerdo a un tiempo determinado (T), restándole lo que ya se tiene (I). [23]

$$Q = \underline{d}(T + L) + Z\sigma(T + L) - I$$

$$\sigma_{(T+L)} = \sqrt{(T + L)(\sigma_d)^2}$$

Q = Cantidad a solicitar del producto.

\bar{d} = Demanda diaria promedio del producto.

σ_d = Desviación estándar de la demanda diaria.

T = Periodo de revisión.

L = Lead Time.

N = Nivel de servicio esperado.

Z = Número de desviaciones estándar para un N específico.

$\sigma(T+L)$ = Desviación estándar de la demanda durante el periodo de revisión ($T+L$).

I = Stock actual al momento de realizar el cálculo.

Cuando las demandas son inesperadas o existen retrasos en las entregas de los proveedores se necesitan el **Stock de seguridad** el cual es un previsto que funciona como un colchón que complementa al stock de ciclo. [24]

Nivel de servicio: Es la representación alfanumérica del grado de satisfacción de los clientes que reciben de los servicios de una empresa. [23] Dicho indicador se expresa en porcentaje según la fórmula:

$$\text{Nivel de servicio}(\%) = \frac{\text{Ventas}}{\text{Demanda}} \times 100$$

Distribución normal estándar acumulada La distribución de una variable normal está totalmente definida por dos parámetros, su media y su desviación estándar, expresadas normalmente por μ y σ .

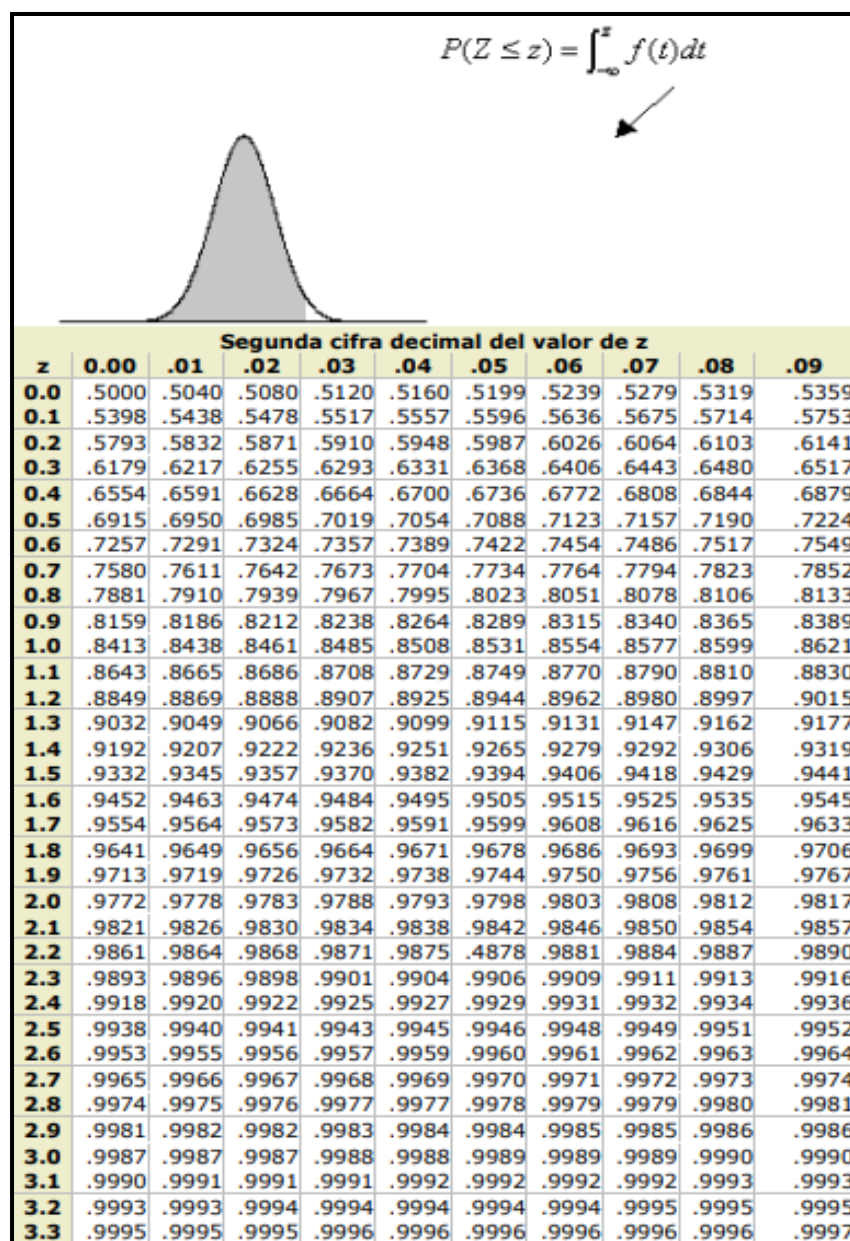


Figura 2. Área bajo la curva normal estándar

Fuente: Pértegas y Pita (2001) [25]

Planificación y control de la producción (PCP): Sipper y Bulfin [21] manifiestan que la planeación y control de la producción concierne los flujos de información para dirigir los métodos de producción. Por su parte, Burbano y Ortiz [26] consideran que el planeamiento de la producción entiende un grupo de normas básicas que mejoran las reglas del sistema productivo, basándose en la información proporcionada por el estudio de mercado y en las decisiones que sistematizan los inventarios de productos terminados.

Diagrama de espina de pescado: Conocido como diagrama causa – efecto, es un método que consiste en definir la ocurrencia de un evento no deseable (cabeza del pescado) y, después, identificar los factores que contribuyen a que ocurran, es decir las causas

(espinas del pescado) unidas a la columna vertebral y a la cabeza del pescado. Mayormente, las causas se subdividen en: humanas, de las máquinas, de los métodos, de los materiales, del medio ambiente, administrativas, cada una de las cuales se subdividen en subcausas. [27]

Análisis ABC: Es un método de clasificación que resulta del principio de Pareto. Este permite determinar los artículos según su impacto frente a un valor global.

Tamaño de la muestra: Para determinar el tamaño de la muestra se tomará en cuenta la información de Time Study Manual de los EricWorks the General Electric Company, la cual establece el número de ciclos de observaciones según el tiempo de ciclo observados preliminarmente. Esta se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2. Número recomendado de ciclos de observación

Tiempo de ciclo (minutos)	Número de ciclos recomendados
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	25
2,00-5,00	15
5,00-10,00	10
10,00-20,00	8
20,00-40,00	5
40,00-a más	3

Fuente: Niebel, 2000 [27]

Tiempo promedio: Se toman los tiempos y se divide entre el número de ciclos observados

$$\text{Tiempo de ciclo observado} = \frac{\text{Suma de tiempos observados}}{\text{Número de ciclos observados}}$$

Cuello de botella: Es la parte de la cadena de producción más lenta, que ralentiza la producción global y por ende determina la cantidad de piezas a producir en un determinado tiempo.

Balance de línea: Radica en distribuir las tareas para que los recursos productivos sean utilizados de la forma más ajustada posible, a lo largo de todo el proceso. Una cadena está equilibrada cuando no hay tiempos de espera entre una estación y otra. [28]

García [29] utiliza las siguientes fórmulas para lograr un balance de línea:

Tiempo muerto

$$\text{Tiempo muerto} = kc - \sum ti$$

k: número de estaciones

c: ciclo o cuello de botella

ti: tiempo de operación en cada estación de trabajo

Eficiencia de la línea

$$E = \frac{\sum \text{tiempo tareas}}{(\# \text{ ET actual}) \times (\text{Tiempo ciclo})}$$

ET: Número de estaciones

Número mínimo de estaciones

$$\text{Número de estaciones} = \frac{\text{Tiempo producción} \times \text{producción diaria}}{\text{Tiempo operación disponible}}$$

$$N^{\circ} \text{ min ET} = \sum_{t=1}^n \frac{\text{Tiempo para tarea } i}{\text{Tiempo ciclo}}$$

Equilibrio del tiempo de las actividades

$$\text{Tiempo equilibrado} = \frac{\text{tiempo de ciclo}}{N^{\circ} \text{ de operaciones}}$$

Producción diaria

$$\text{Producción diaria} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo equilibrado}}$$

Takt time, ciclo real y ciclo máximo

$$\text{Ciclo real} = \frac{\text{Tiempo de ciclo}}{N^{\circ} \text{ de estaciones (redondeado al mayor)}} = \frac{t_p}{n} \leq \text{takt time}$$

$$\text{Ciclo máximo} = \text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo de ciclo}}{N^{\circ} \text{ de estaciones (sin redondear)}} = \frac{t_p}{n}$$

Número de trabajadores

$$\text{Número de trabajadores} = \frac{\text{Tiempo producción}}{\text{Tiempo flujo equilibrado}}$$

III. Resultados

3.1 Diagnóstico de situación actual de la empresa

3.1.1 La empresa

Tabla 3. Datos generales de la empresa H+S Hidráulica S.A.C.

NOMBRE DE LA EMPRESA	H+S Hidráulica S.A.C.
RUC	20480505655
FECHA DE FUNDACIÓN	01/04/2009
DIRECCIÓN PRINCIPAL	Urb. San Lorenzo Pj. Taymi N° 153 Chiclayo Perú, distrito José Leonardo Ortíz, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.
REPRESENTANTE LEGAL	Pablo Román Sánchez Broncano
ACTIVIDAD ECONÓMICA	Venta de componentes hidráulicos, servicio de reparación de maquinaria, fabricación de centrales hidráulicas, piezas en serie en torno revólver y taladro.

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Con el propósito de conocer la organización interna de la empresa, a continuación, se presenta el organigrama.

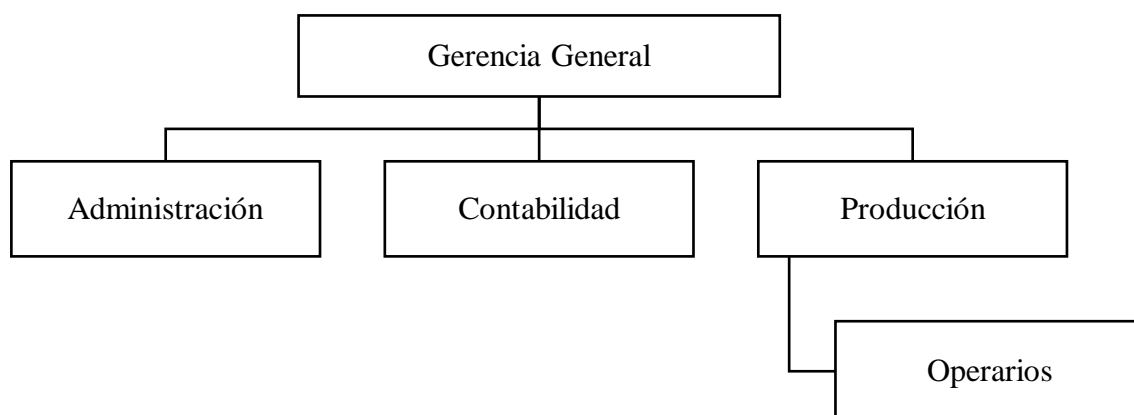


Figura 3. Organigrama de la empresa H+S Hidráulica S.A.C.

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

❖ Gerencia General:

Es un cargo ejercido por el dueño de la empresa, encargado de liderar, inspeccionar y financiar las actividades de los procesos de la empresa.

❖ **Administración**

La empresa cuenta con una administradora, esposa del gerente, responsable de coordinar las actividades y entablar relaciones con los proveedores y partes interesadas.

❖ **Contabilidad**

El contador, es el responsable de controlar la administración de los recursos financieros mediante la elaboración de informes, la compra y venta de los productos y la elaboración de declaraciones y pagos de impuestos correspondientes.

❖ **Producción**

Esta labor es dirigida por el gerente de la empresa, quien tiene el cargo de jefe de planta y supervisa los productos terminados, da órdenes de producción y soluciona problemas productivos.

❖ **Operarios**

La empresa cuenta con 3 operarios: diseñador de los productos, tornero y asistente. A continuación, se presenta el flujograma que la empresa H+S Hidráulica S.A.C. sigue para aceptar y elaborar un pedido.

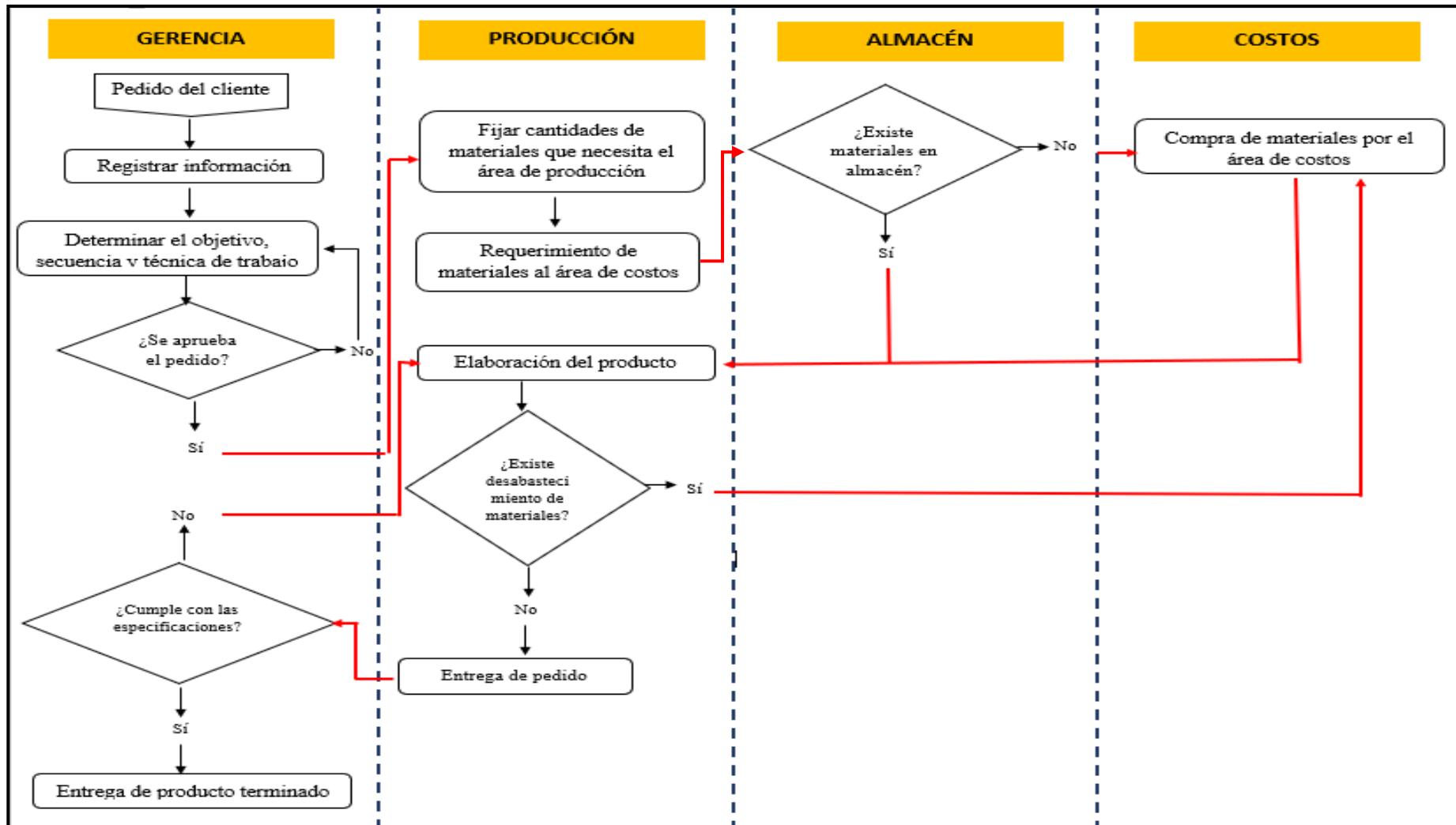


Figura 4. Flujograma de la empresa para realizar un pedido
 Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

La figura 4 muestra el procedimiento que sigue la empresa H+S Hidráulica S.A.C. para el cumplimiento de sus pedidos, en esta se puede observar el desplazamiento de la información a través de las áreas encargadas, el proceso se detalla a continuación:

- **Registrar información:** El gerente general escucha las sugerencias y pedidos del cliente. Se recopila datos de las características del producto como: cantidad, tipo de material, tamaño y demás.
- **Determinar el objetivo, secuencia y técnica de trabajo:** Se examina críticamente el objetivo, la secuencia y técnica de trabajo. Se elabora el diseño del producto, si en caso es nuevo, con la ayuda del programa Solidworks, el jefe de planta determina el método y se lo hace saber a los operarios del área de producción.
- **Fijar las cantidades de materiales:** El jefe junto con los operarios del área de producción elaboran su hoja de requerimientos de materiales que utilizarán para la elaboración de sus productos. El contador de la empresa envía la oferta por vía correo al cliente y si este acepta, se pide el 20% del precio total del pedido para comenzar su ejecución.
- **Requerimiento al área de costos:** Los operarios entregan al contador lo que necesitan para la elaboración del pedido.
- **Comprobación de materiales:** El contador junto con uno de los operarios observan en su almacén si cuentan con los materiales requeridos, si en caso no lo tengan, el contador se encarga de comprarlo, pero si se cuenta con ello, se inicia la elaboración del producto.
- **Abastecimiento de materiales:** El contador se comunica con sus principales proveedores para la adquisición de los materiales que se utilizarán.
- **Crear:** Los operarios realizan el producto si al menos cuentan con la masa de acero (materia prima principal), los demás insumos llegan a medida que se desarrolla el producto.
- **Control de calidad:** Los operarios terminan el producto y se lo entregan al jefe de planta para que realice los exámenes correspondientes. El jefe de planta supervisa si el artículo cumple con las especificaciones técnicas planteadas en los planos, luego es trasladado a una mesa de prueba donde se realizan los ensayos correspondientes y finalmente se almacena.
- **Entrega:** El cliente observa los artículos solicitados, y cancela el porcentaje restante de la deuda.

Durante la etapa de abastecimiento, el jefe de planta junto con los operarios determina la cantidad de materia e insumos que necesitarán. Luego, se comunica con sus proveedores para el pedido. La empresa H+S Hidráulica S.A.C. cuenta con 4 proveedores de insumos y materia prima, los cuales tienen plazos de entrega a sus productos, mínimo de 3 días, por lo que, al mantener una planificación deficiente por parte de la empresa, es decir al solicitar productos cuando ya ha comenzado su producción, generan que haya pérdidas económicas para la empresa. Estas pérdidas podrían evitarse si se solicitara los insumos con antelación y completos, puesto que los proveedores, nunca han presentado incumplimiento de fechas ni de cantidades.

3.1.2 Descripción del sistema productivo

H+S Hidráulica S.A.C. tiene un sistema de producción por lote o intermitente. Este sistema se caracteriza por producir una multitud de productos o piezas que requiere ciertas secuencias de operaciones distintas. La diversidad de sus productos posee una planificación por pedido, en ella se ha de determinar el orden de las operaciones correspondientes a cada producto o pieza y el tiempo necesario para cada operación, incluyendo el tiempo de preparación. [30] La empresa posee procesos con volúmenes medios, pero con productos variados. Además, las órdenes de producción dependen de las órdenes de clientes.

El horario de trabajo es de lunes a viernes de 8:00 a 5:00 pm, con un descanso de 1 hora para el almuerzo, y los sábados de 9:00 am a 2:00 pm. Es decir, a la semana, trabajan 45 horas y al mes 180 horas o 10 800 minutos.

3.1.2.1 Productos

La empresa posee una variedad de productos; para determinar el objeto de estudio se realizó un análisis ABC. Según los resultados mostrados la siguiente tabla los pedidos a proveedores deben desarrollarse más en el producto de clase A, cilindros hidráulicos de doble efecto, que en los de clase B o C. Estos deben estar sometidos a criterios de control físico de inventarios mucho más estrictos; puesto que son los que mayores ganancias le genera a la empresa, con un porcentaje del 82%. [15] Asimismo, es el producto por el que se le reconoce localmente a la empresa, debido a la experiencia en su elaboración desde la creación de la empresa en el 2009.

Tabla 4. Análisis ABC de los productos más vendidos en el año 2018.

Producto	Valor total en soles	Porcentaje	Clasificación
Cilindro Hidráulico de doble efecto	203 520	82%	A
Contratapa	11 630	5%	
Émbolo	9 144	4%	B
Horquilla	6 880	3%	
Plancha de bancada	3 462	1%	
Freno	3 424	1%	
Mordaza	3 220	1%	
estructura de columna	2 920	1%	C
Horquilla deslizante	2 810	1%	
otros	2 500	1%	
Total	251 810	100	

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

a. Descripción del Producto

Los cilindros hidráulicos de doble efecto son instrumentos en formas de cilindros de émbolo capaces de producir trabajo en dos sentidos, puesto que cuentan con una fuerza activa tanto en avance como en retroceso. Además, poseen dos tomas para aire comprimido, cada una de ellas situada en una de las tapas del cilindro. Este producto está compuesto por 6 piezas, tal como se muestra en la Figura 5.

Funcionamiento: El cilindro de doble efecto cuenta con un vástago que ejecuta movimientos alternos, este cambia de sentido cuando se inyecta aire comprimido en uno de los lados. Para evitar que el émbolo choque con fuerza en los extremos existe una amortiguación en las dos posiciones finales, esta puede ajustarse a través de dos tornillos.

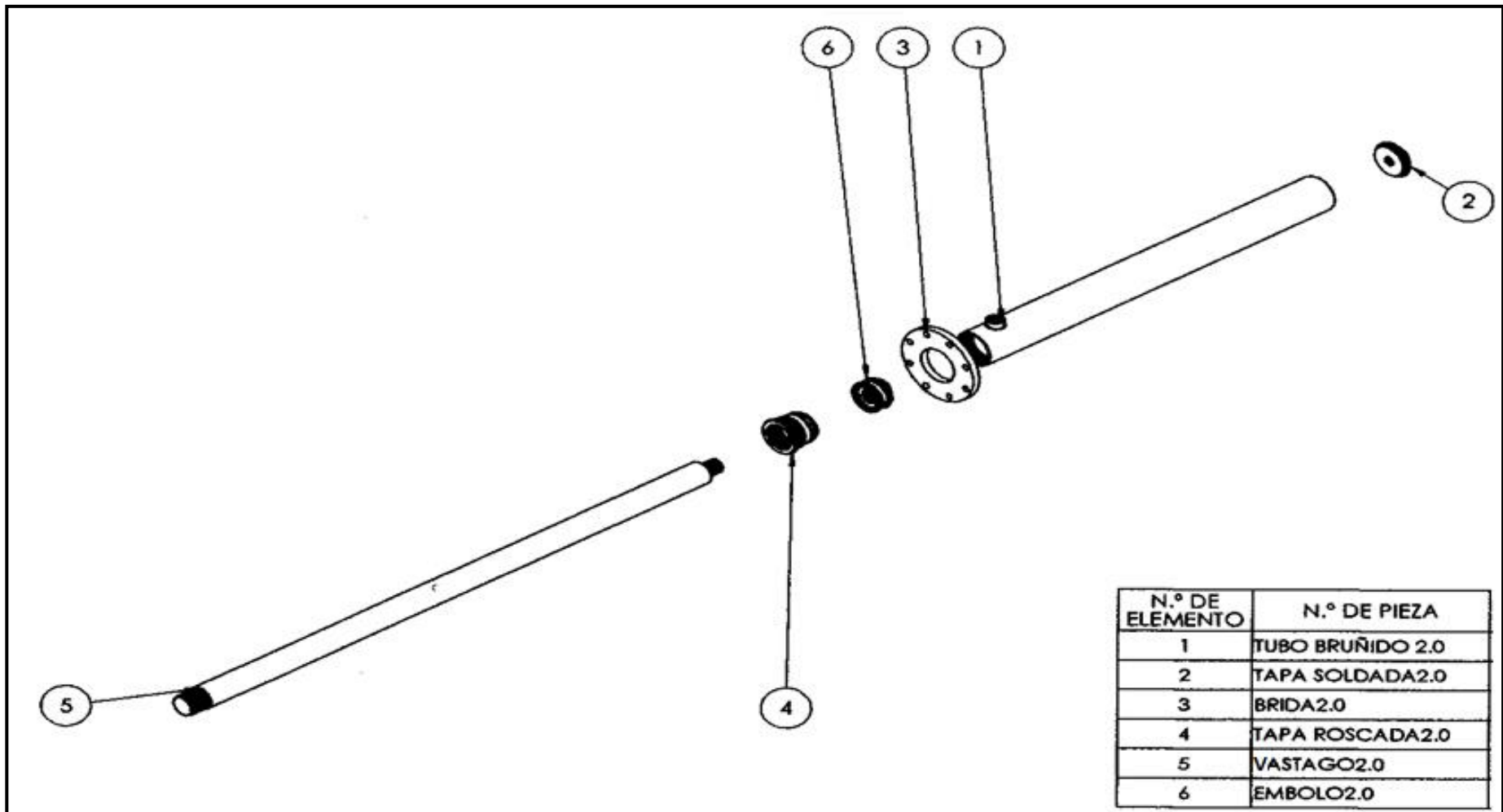


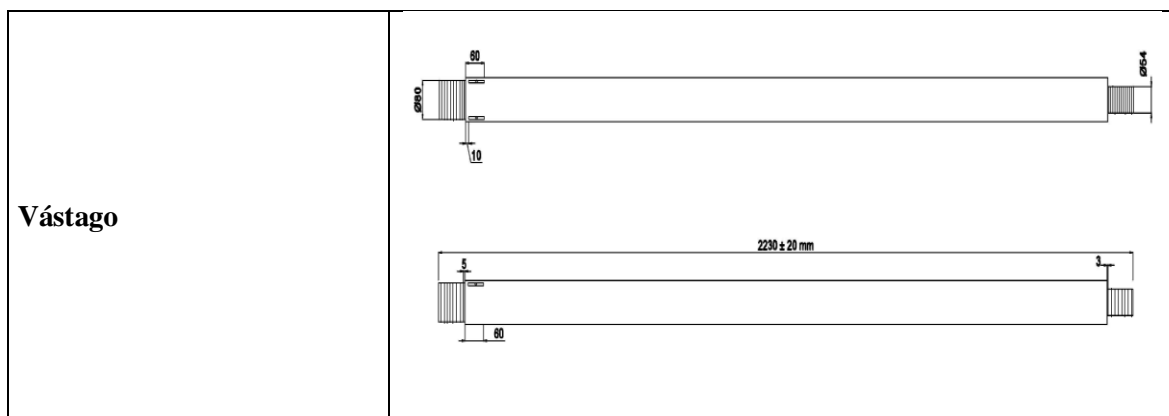
Figura 5. Partes del cilindro de doble efecto

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C

Tabla 5. Ficha técnica del producto

FICHA TÉCNICA	
Nombre del Producto	Cilindro de doble efecto
Material	Acero
Fluido	Aire comprimido filtrado, con o sin lubricación
Construcción	Cilindro con émbolo
Presión máxima de funcionamiento	1 000kPa (10 bar)
Carrera máxima	100 mm
Diámetro del émbolo	20 mm
Fuerza de avance con 600kPa (6 bar)	189 N
Fuerza de retroceso con 600kPa (6 bar)	158 N
	
Vida útil del producto	10 años de vida útil en buenas condiciones y mantenimiento.
Partes del producto	Brida, émbolo, tubo bruñido, tapa soldada, tapa roscado, vástago
Brida	

<p>Émbolo</p>	
<p>Tapa soldada</p>	
<p>Tapa roscada</p>	
<p>Tubo bruñido</p>	



Fuente: H+S Hidráulica S.A.C

b. Desechos

La viruta es materia residual en forma de espiral que resulta del uso de brocas, al realizar trabajos de manufactura como el cepillado, desbastado o perforación, sobre el metal.

3.1.2.2 Recursos del Proceso

a. Materia prima e insumos

A continuación, en la Tabla 6 se mencionan los materiales que utiliza la empresa metalmecánica “H+S Hidráulica S.A.C.” para la realización de sus productos.

Tabla 6. Materiales utilizados durante la elaboración de los productos

MATERIA PRIMA	DESCRIPCIÓN
MASA DE ACERO	Es una barra redonda o cuadrada de acero lisa de distintos diámetros y buena calidad superficial, características que son importantes para la fabricación de piezas en la industria metalmecánica que requieren de alta exactitud.
COMPONENTES	DESCRIPCIÓN
LÍQUIDO REFRIGERANTE	Este insumo se usa durante todo el proceso de torneado y taladrado para refrigerar los productos en los procesos.
LIMPIADOR DE JEBE	Es un jebe que se coloca en la tapa de los cilindros de doble efecto, sirve para mantener limpio el vástago y no contamine al cilindro.
SELLO O RETÉN	Es una pieza de caucho sintético que se utiliza para evitar fugas o el intercambio no deseado de fluidos, en este caso de aceite. Se emplea para la fabricación de cilindros de doble efecto.
GUÍA	Es una cinta de plástico que sirve para guiar al émbolo y no se desvíe del centro. Asimismo, permite que el cilindro no sufra algún tipo de ralladura.

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

b. Mano de obra

La empresa cuenta con 3 operarios en el taller, estos manejan más de una máquina y dos de ellos sí cuentan con estudios técnicos. Todos tienen más de dos años en la empresa y elaboran sus productos de manera simultánea. La poca mano de obra en la empresa, genera que los operarios hagan más de una labor, algo, que, aunque a corto plazo puede ser un ahorro, a largo plazo genera una gran pérdida de talento y eficiencia. Esto se debe, a que el personal no debe estar enfocado en muchas actividades a la vez, sino al contrario debería desarrollar sus propias destrezas y especialidades en el trabajo.

Tabla 7. Mano de obra de la empresa H+S Hidráulica S.A.C.

Máquina	Operario	Estudios técnicos	Tiempo en la empresa (años)
Taladro columna	O ₁	Sí	2
Torno revolver	O ₁	Sí	2
Máquina de soldar MIG MAG	O ₁	Sí	2
Compresora	O ₂	No	4
Máquina de oxicorte	O ₂	No	4
Tronzadora	O ₂	No	4
Esmeril	O ₂	No	4
Banco de pruebas	O ₃	Sí	3
Aflojador de cilindros	O ₃	Sí	3
Mesa de prueba	O ₃	Sí	3

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

c. Maquinaria y equipos

La empresa cuenta con la siguiente maquinaria para realizar sus operaciones, la tabla 7 refleja que existe una máquina para cada operación las cuales suman un total de 9. Estas máquinas tienen un mantenimiento cada seis meses, lo que permite eliminar contratiempos, acrecentar la vida útil de los procesos y aumentar la calidad de los productos. Asimismo, 4 máquinas tienen 10 años de adquisición y los 5 restantes solo 7 años; el tiempo operativo de la máquina en la empresa aún no han superado su vida útil por lo que no presentan problemas al momento de realizar su labor. [31] Igualmente, las principales características técnicas de las máquinas presentes en la empresa se encuentran detalladas en el anexo 1.

Tabla 8. Maquinaria de la empresa H+S Hidráulica S.A.C.

N°	Máquina	Cantidad	Procesos que realiza	Año de adquisición
1	Taladro columna	1	Centrado, taladrado, avellanado	2009
2	Torno revolver	1	Torneado, achaflanado, perforado, desbaste, roscado.	2009
3	Máquina de soldar Mig Mag	1	Soldadura	2009
4	Compresora de aire	1	Generación de aire comprimido	2012
5	Sierra eléctrica	1	Cortes	2012
6	Esmeril	1	Acabado de piezas	2009
7	Banco de pruebas	1	Prueba de capacidad y funcionamiento de bombas hidráulicas.	2012
8	Aflojador de cilindros	1	Aflojar cilindros	2012
9	Mesa de prueba	1	Simulación de componentes	2012

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Estas máquinas están distribuidas de la siguiente forma, tal como se muestra en la figura siguiente:

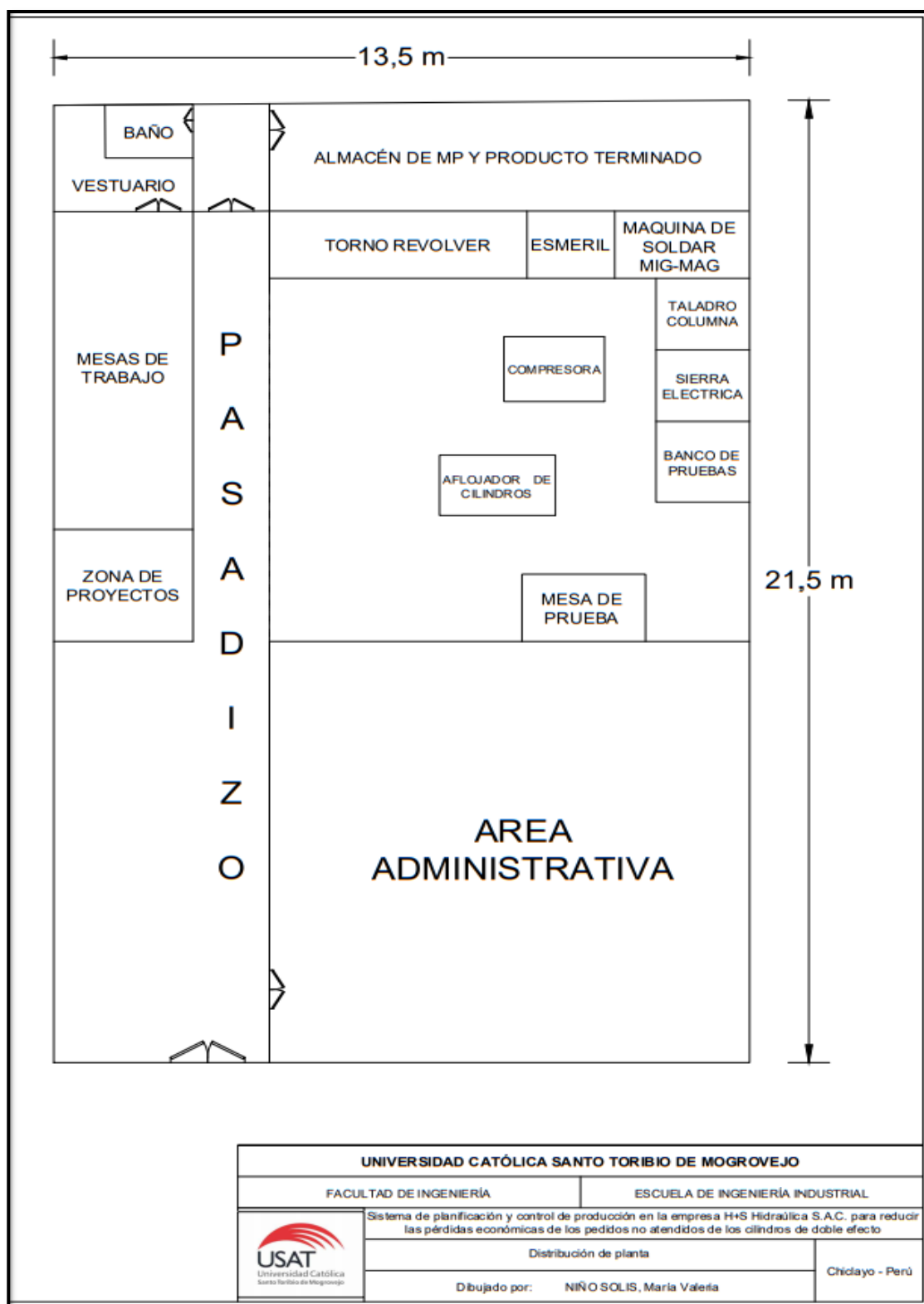


Figura 6. Distribución de la maquinaria en la empresa H+S Hidráulica S.A.C.

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

3.1.2.3 Descripción del Proceso

Proceso de producción: Para la producción del cilindro hidráulico de doble efecto se necesita fabricar seis piezas y un ensamblado final. Para ello, se realizan las piezas por separado iniciando con el tubo bruñado, luego el vástago, la tapa soldada, la brida, el émbolo y finalmente la tapa roscada. Este se detalla a continuación:

a. Tubo bruñado

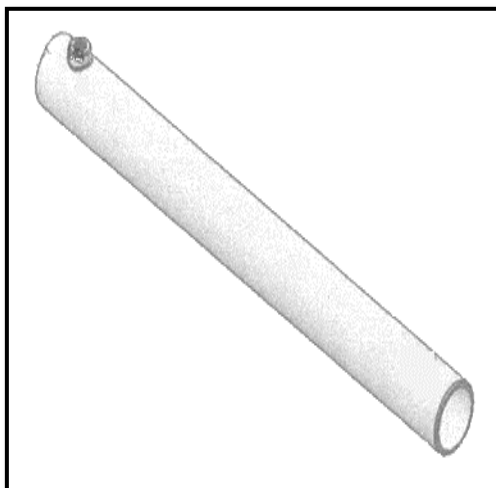


Figura 7. Tubo Bruñado

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Para elaborar el tubo bruñado, se adquiere un tubo de acero de 140 mm de diámetro y de 2 200 mm de largo. Los procesos se detallan líneas más abajo.

- **Tronzado I:** Los tubos son cortadas en partes de 1 500 mm de largo. Para ello utilizan una tronzadora, la cual realiza cortes en seco con la ayuda de un disco. Esta operación es realizada por dos operarios, uno encargado de sostener el tubo mientras el otro realiza el corte.
- **Centrado I:** Una vez cortado el largo requerido, un operario traslada la pieza al taladro para que se realice un pequeño agujero a 90mm del borde con una broca de 6mm.
- **Torneado:** Cuando el operario realiza el centrado, lleva la pieza al área de torneado, donde el tornero se encarga de realizar un agujero de 57mm.

Una vez realizado el tubo, se procede a realizar una pieza circular que será soldada en el agujero del tubo, con el fin de que ingrese el fluido, como el aceite. Para realizar la pieza

circular, se procede a realizar un tronzado, desbaste, centrado, torneado, roscado interno y finalmente se suelda. Esto se detalla a continuación:

- **Tronzado II:** Un operario corta una barra de 60mm de diámetro en trozos de 30mm, en una máquina tronadora.
- **Desbaste:** La barra de 60mm de diámetro es llevada por el mismo operario al torno para realizar un desbaste de 3mm. Posteriormente, el tornero lleva la pieza al taladro para que se haga el centrado y posteriormente el agujero.
- **Centrado II:** La barra es colocada en un taladro para hacer un pequeño agujero en el centro donde posteriormente se hará el hueco.
- **Torneado II:** La barra es llevada al torno para realizar un agujero de 30mm a partir del pequeño hueco realizado en la operación anterior, el centrado.
- **Roscado interno:** Cuando la barra ya tiene el agujero, se realiza en el mismo torno, un roscado interno de M10x1,5
- **Soldadura:** Para obtener el tubo bruñido se suelda la brida que tiene un diámetro interno de 30mm al borde del agujero del tubo. Para esta operación se utiliza una máquina de MigMag.

Por lo tanto, para realizar el tubo bruñido se necesitan 3 operarios, el tornero, el operario encargado del taladro, y el encargado de realizar los cortes y las mediciones. Asimismo, se requieren de máquinas, entre ellas están el taladro, el torno, la máquina Mig Mag y una tronadora.

b. Vástago

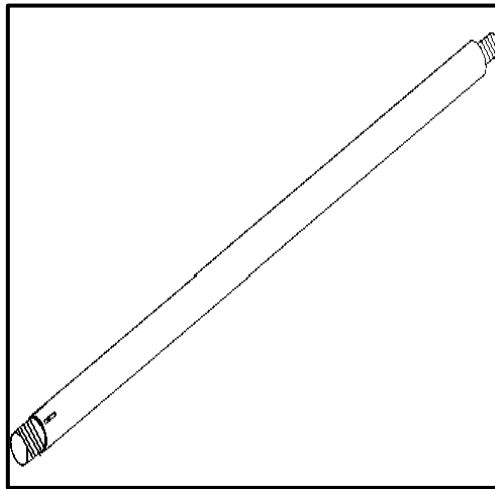


Figura 8. Vástago

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

- **Tronzado:** La barra de 80mm de diámetro es cortada en trozos de 1 600mm de largo gracias a una tronzadora, la cual realiza cortes en seco con la ayuda de un disco. Esta operación es realizada por dos operarios.
- **Roscado interno:** La pieza es trasladada a un torno para realizar un roscado interno en unos de los lados de 54mm de diámetro con una broca de 2mm. El paso de rosca es de M54x2.
- **Roscado externo:** Se voltea la pieza, y en el otro extremo se realiza un roscado de 80mm de diámetro con una broca de 2mm. El paso de rosca es de M54x2.

Para elaborar el vástago, se necesitan de dos máquinas, una tronzadora y un torno, y con ello tres operarios, uno encargado de realizar los roscados en un torno y otros dos de realizar los cortes.

c. Tapa soldada

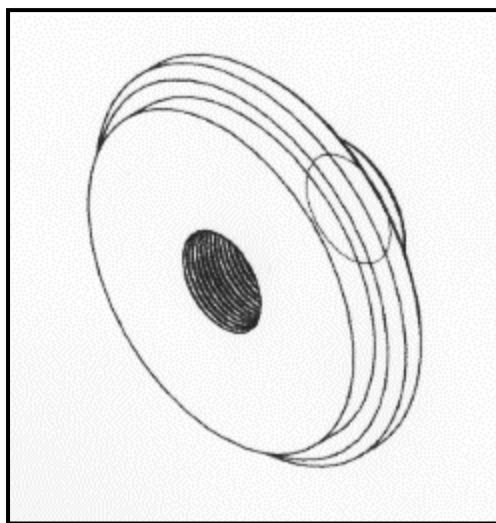


Figura 9. Tapa soldada

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

- **Tronzado:** La masa de acero ingresa en forma de barra con distintos diámetros y tamaños, esta es cortada en trozos de 60mm en una máquina tronzadora y por dos operarios.
- **Torneado I:** El trozo de barra se coloca en un torno, el cual usa una broca de 3 mm para reducir el diámetro a 140mm y un nivel menor de 120mm.
- **Centrado:** Una vez alcanzado el diámetro deseado se realiza un agujero en el centro de la pieza, para ello se elabora el centrado que consiste en colocar la broca de 2 mm para hacer un pequeño desgaste del metal en el lugar donde se hará el agujero.
- **Torneado II:** Para lograr el diámetro esperado de 34mm, la pieza se lleva al torno y con la ayuda de una broca de 6mm se amplifica el agujero hasta 32mm.
- **Roscado interno:** Una vez elaborado el agujero se cambia de broca al torno por una roscada de 3mm.
- **Chafinado:** Se realiza un chaflán de $2 \times 45^\circ$ en el lado del menor diámetro de la tapa con la ayuda del torno y con una broca de 2mm.

Para realizar la tapa soldada se requieren de tres operarios y tres máquinas, entre ellas, el torno, el taladro y la tronzadora.

d. Brida

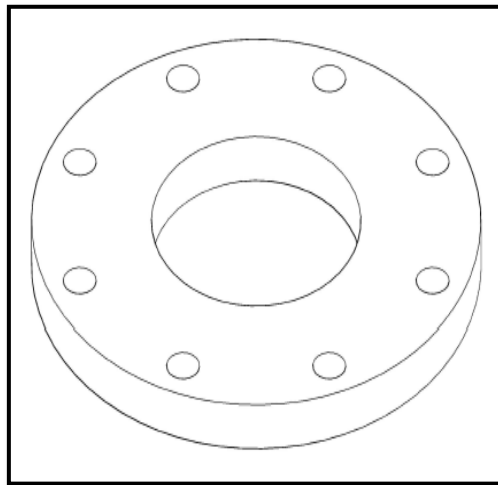


Figura 10. Brida

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Para realizar la brida se requieren de 3 máquinas y tres operarios, uno encargado de manejar el torno para realizar el avellanado y torneado I y II. Otro operario de realizar los cortes con la tronzadora y las mediciones; y un tercer operario capaz de manejar el taladro para elaborar los centrados I y II.

- **Tronzado:** Una barra de acero de 200mm de diámetro es cortada por dos operarios en trozos de 25,5mm.
- **Centrado I:** Con la ayuda de un torno se hace un pequeño desgaste en el centro de la pieza con una broca de 3 mm.
- **Torneado I:** El desbaste en el centro permite que el torno realice un agujero de 140 mm de diámetro.
- **Centrado II:** La pieza es nuevamente llevada al torno para realizar ocho desbastes, ubicados a 155mm del centro de la brida.
- **Torneado II:** El torno con una broca de 2mm permite realizar los 8 agujeros de 23mm de diámetro.
- **Avellanado:** Todos los agujeros realizados en la brida, son avellanadas con una broca de 1mm en el torno, con el fin de darle mayor acabado a la pieza.

e. Émbolo

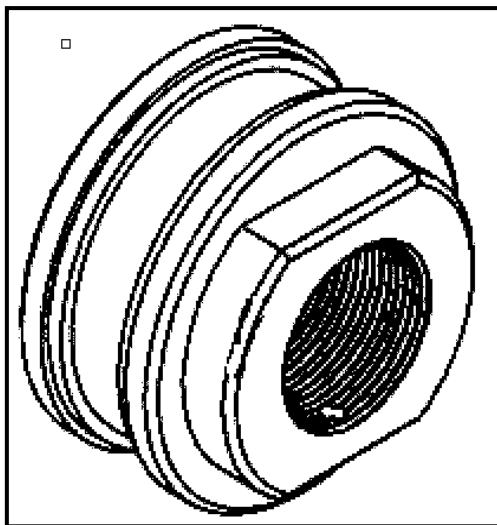


Figura 11. Émbolo

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

- **Tronzado:** La barra de acero de 120 mm de diámetro es cortada en partes de 70 mm de largo, por dos operarios.
- **Centrado:** Con la ayuda del torno y una broca de 6mm, se realiza en la pieza un desbaste en el centro de ella. Las mediciones son realizadas por un operario, mientras que el centrado es por el operario encargado del taladro.
- **Torneado I (canal externo):** La pieza se traslada a un torno en donde con la ayuda de distintas brocas se logra desbastar por niveles a la pieza, hasta obtener las formas mostradas en la figura 10.
- **Torneado II (canal interno):** con el centrado realizado en el torno, se elabora en la pieza un agujero de 40mm de diámetro y 70mm de largo.
- **Roscado interno:** Una vez elaborado el agujero, se utiliza una broca de 2mm para realizar un roscado con paso de rosca de M54x2. Esta operación se realiza al final por el cuidado y tiempo que esta requiere.

Para realizar el émbolo se requiere de tres operarios, uno encargado de manejar el torno, otro encargado de realizar los cortes y mediciones y un tercer operario que realiza el centrado con la ayuda de un taladro.

f. Tapa roscada

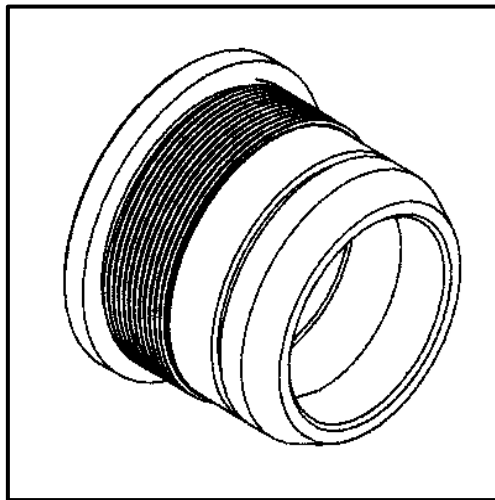


Figura 12. Tapa roscada

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Para la realización de la tapa roscada se requiere de tres operarios y tres máquinas, una tronzadora, un taladro y un torno.

- **Tronzado:** La barra de acero de 140mm de diámetro es cortada en piezas de 110mm de largo, con la ayuda de una máquina tronzadora y dos operarios.
- **Centrado I:** La pieza es llevada a un torno para realizar un desbaste en el centro de la pieza.
- **Torneado I:** El torneado permite realizar un agujero de 100mm de diámetro y 105mm de profundidad.
- **Torneado II:** La pieza tiene una superficie dividida en 4 niveles, el primer nivel se logra reduciendo el diámetro de 140mm a 120mm, con una broca de 3mm puesta en el torno, esta deja una base de 10 mm de grosor, la cual cumple el papel de tapa.
- **Chaflanado:** Posteriormente, se realiza un chaflán de $2 \times 45^\circ$ en el borde más cercano al agujero, para eso se emplea una broca de 1mm.
- **Torneado III (canal externo):** Una vez realizado el chaflán se realiza el canal externo de 5mm mediante el uso de una herramienta en L de 2mm.
- **Roscado externo:** Finalmente se realiza un roscado externo desde el canal externo hasta la base de la tapa, el cual se logra con una broca de 3mm, y realizando una profundidad de 30mm.

3.1.2.4 Análisis del Proceso

Para analizar el proceso del cilindro de doble efecto, se tomaron herramientas como el Diagrama de Actividades del Proceso (DAP) y el Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP), con el fin de representar de forma gráfica el orden de las actividades durante el proceso, este se presenta a continuación. El siguiente diagrama de operaciones de proceso (DOP) muestra el proceso productivo del cilindro hidráulico de doble efecto de 1500x90x76mm, los tiempos se encuentran detallados en los Anexo de 2 a 8, y son tiempos promedios por operación de 3 observaciones según lo determinado por Time Study Manual de los Eric Works the General Electric Company. Este diagrama toma en cuenta las operaciones y las combinada (inspecciones y operaciones).

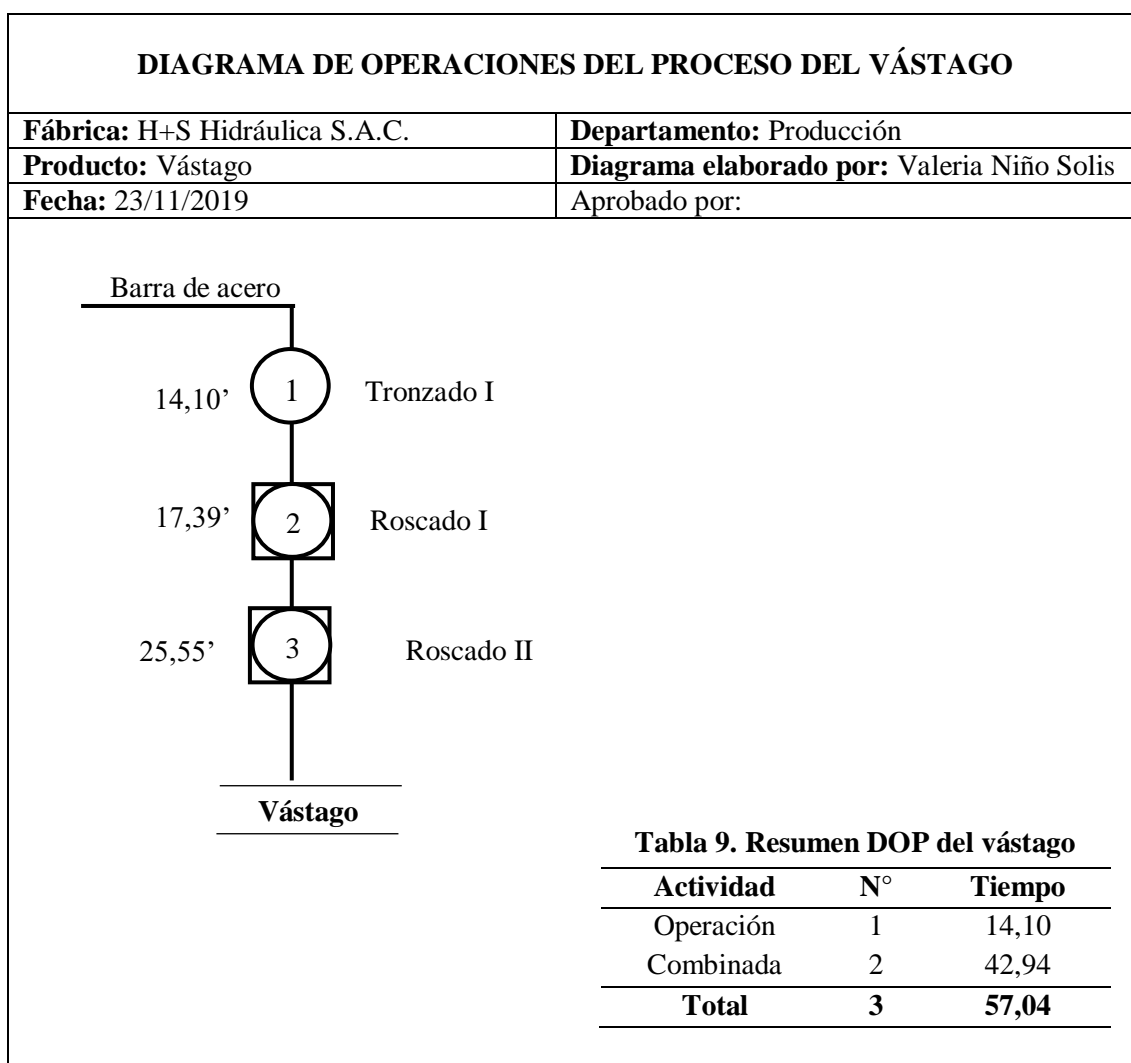


Figura 13. Diagrama de operaciones del proceso del vástago.

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

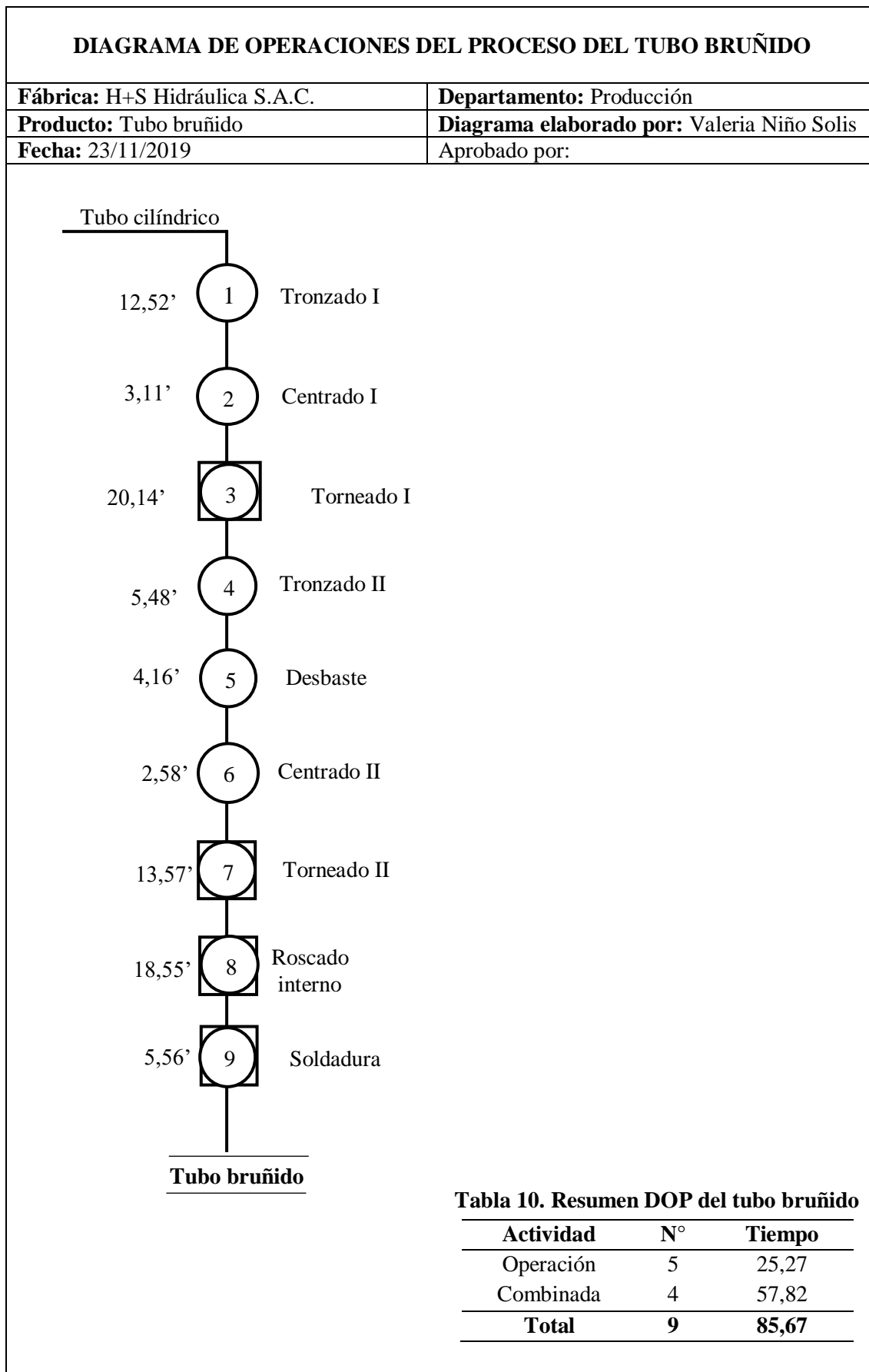


Figura 14. Diagrama de operaciones del proceso del tubo bruñido

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

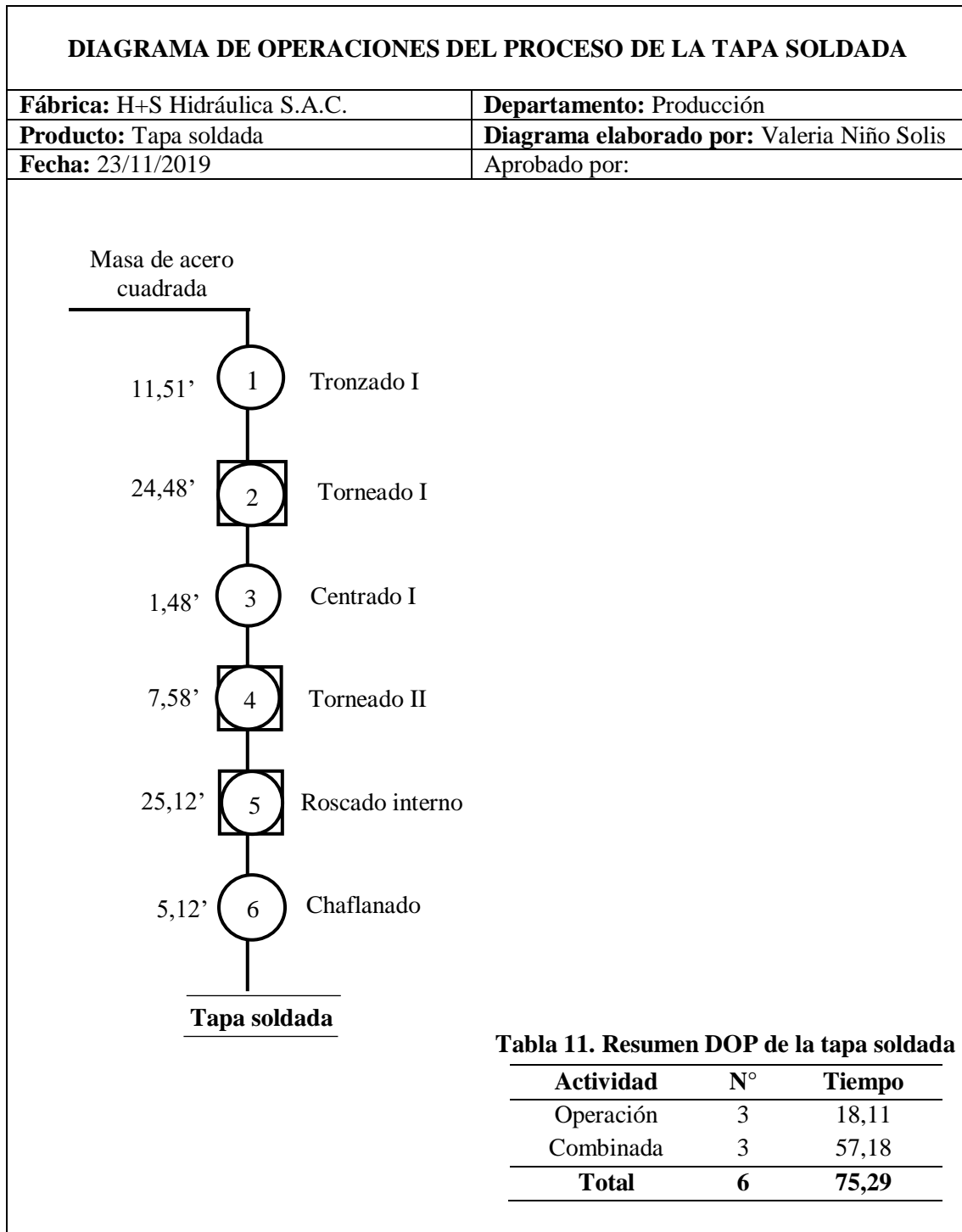


Figura 15. Diagrama de operaciones del proceso de la tapa soldada

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

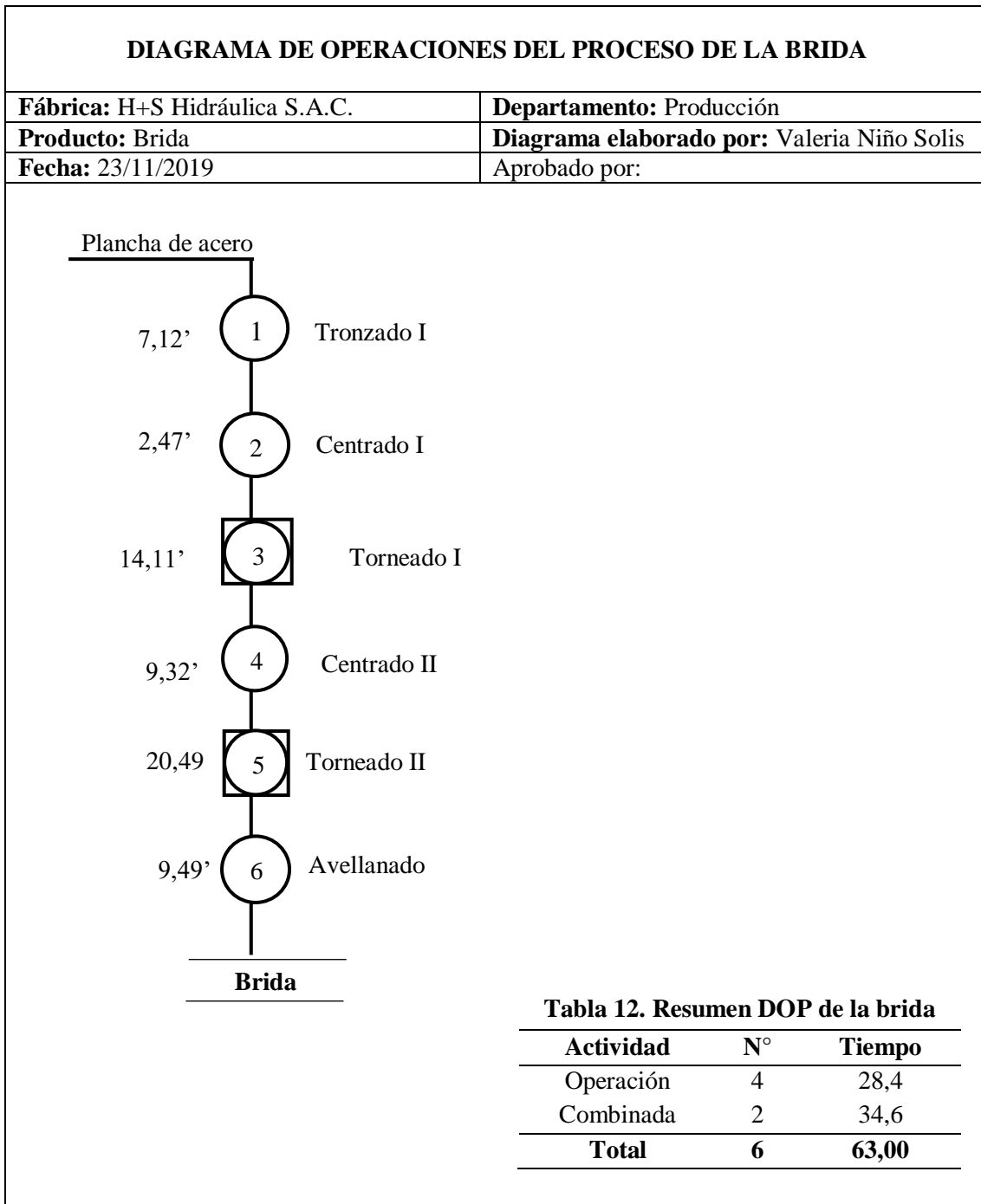


Figura 16. Diagrama de operaciones del proceso de la brida

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

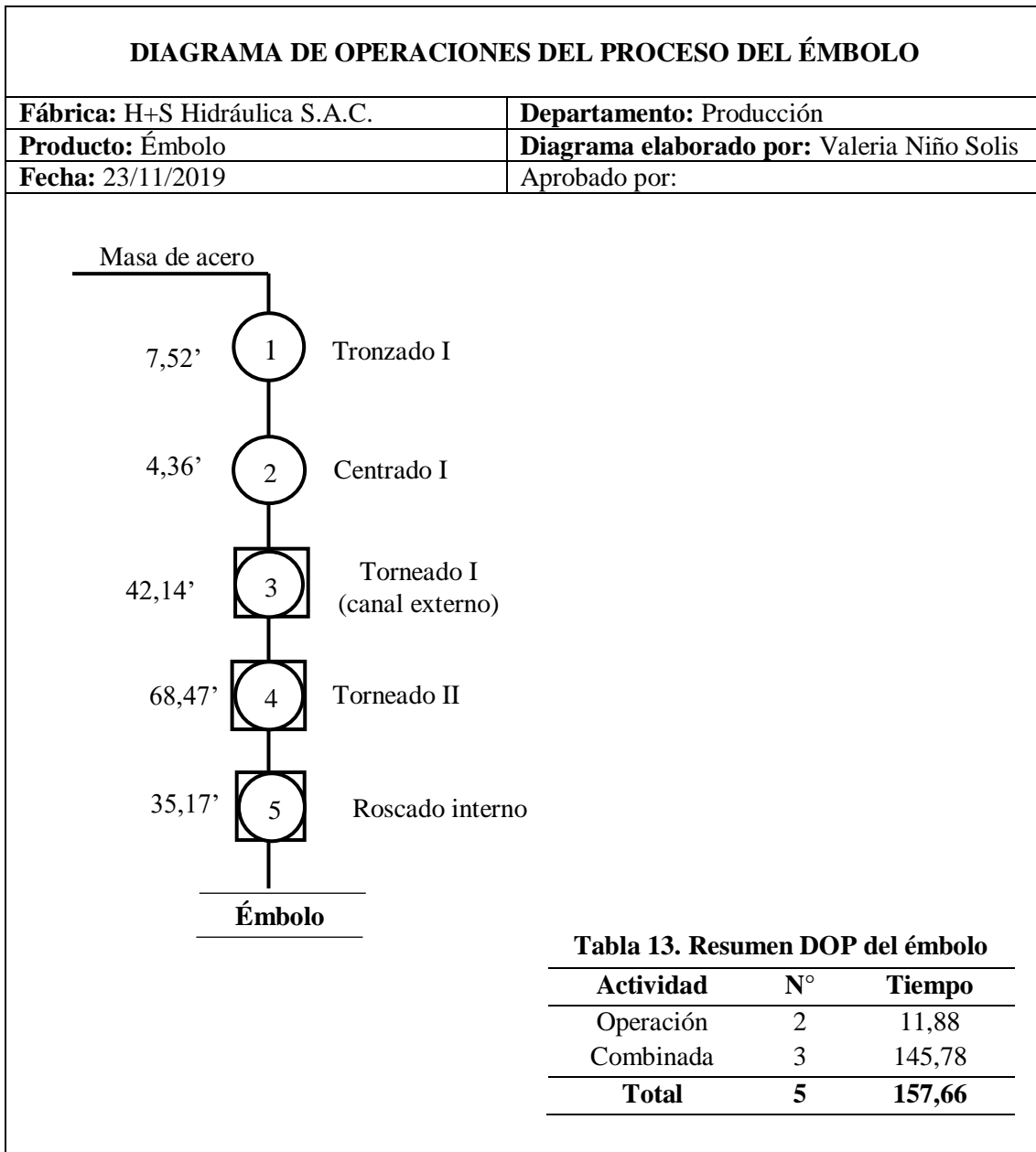


Figura 17. Diagrama de operaciones del proceso del émbolo

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

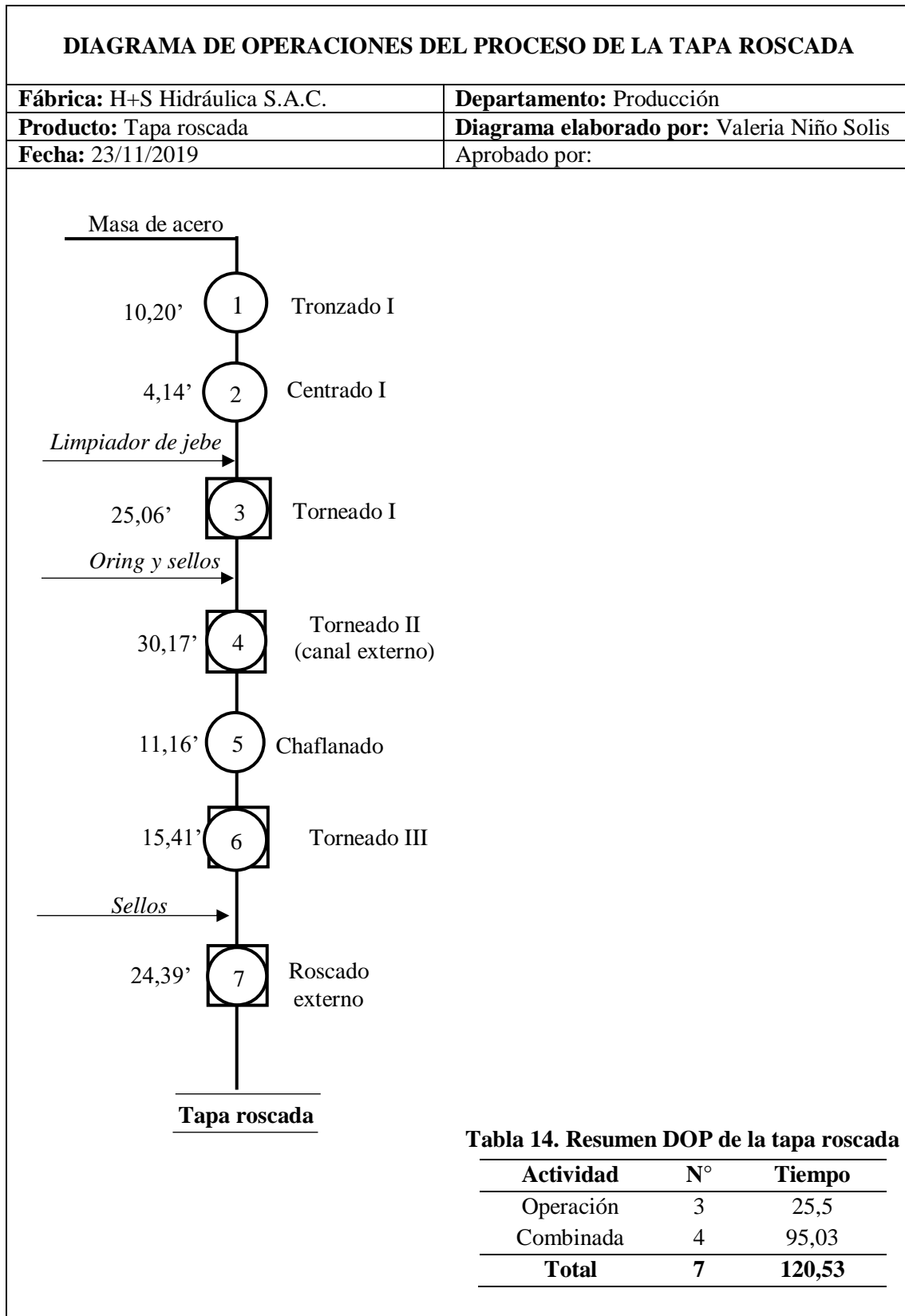


Figura 18. Diagrama de operaciones del proceso de la tapa roscada

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

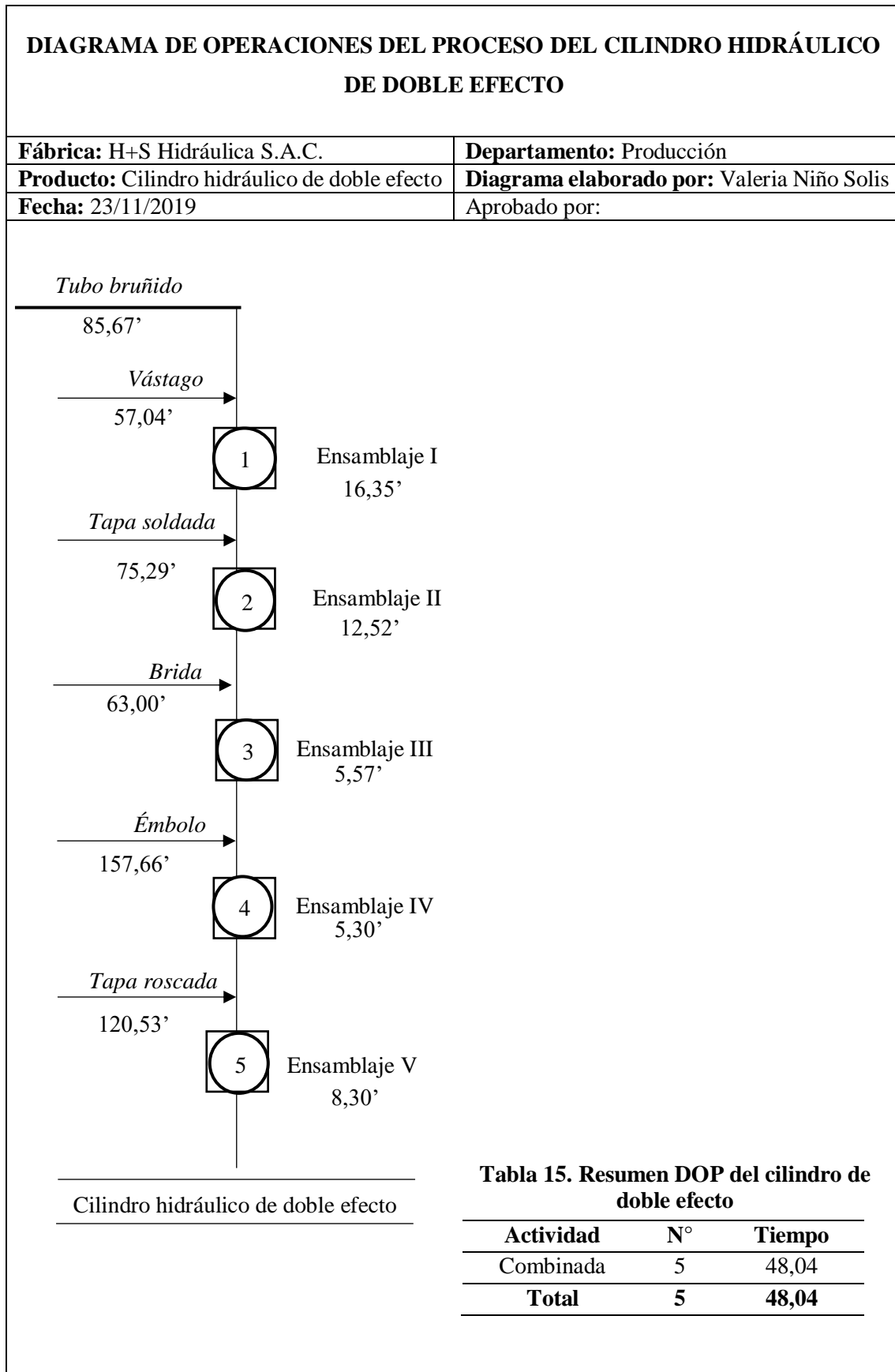


Figura 19. Diagrama de operaciones del proceso de cilindro de doble efecto.

La siguiente tabla resume los indicadores de tiempo para las seis piezas que conforman el cilindro de doble efecto, y la fase final de ensamblado. A partir del diagrama de operaciones del proceso (DOP) se determinó que el tiempo de ciclo de un producto, mediante el promedio de las tres muestras medidas en la empresa, es de 607,23 minutos u 10,12 horas, entre ellas hay 20 operaciones y 21 combinada.

Entre las piezas que más tardan en ser producidas son el émbolo y la tapa roscada con 157,66 minutos y 120,53 minutos respectivamente.

Tabla 16. Resumen de los tiempos de producción según el DOP

Pieza	Tiempo (min)
Tubo bruñido	85,67
Vástago	57,04
Tapa soldada	75,29
Brida	63,00
Émbolo	157,66
Tapa roscada	120,53
Ensamblaje	48,04
Cilindro de doble efecto	607,23

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

El siguiente diagrama de análisis de proceso (DAP) muestra el proceso productivo del cilindro hidráulico de doble efecto de 1 500x90x76mm, en este se aprecia las demoras, transportes, inspecciones, así como la oportunidad de determinar las actividades productivas e improductivas.

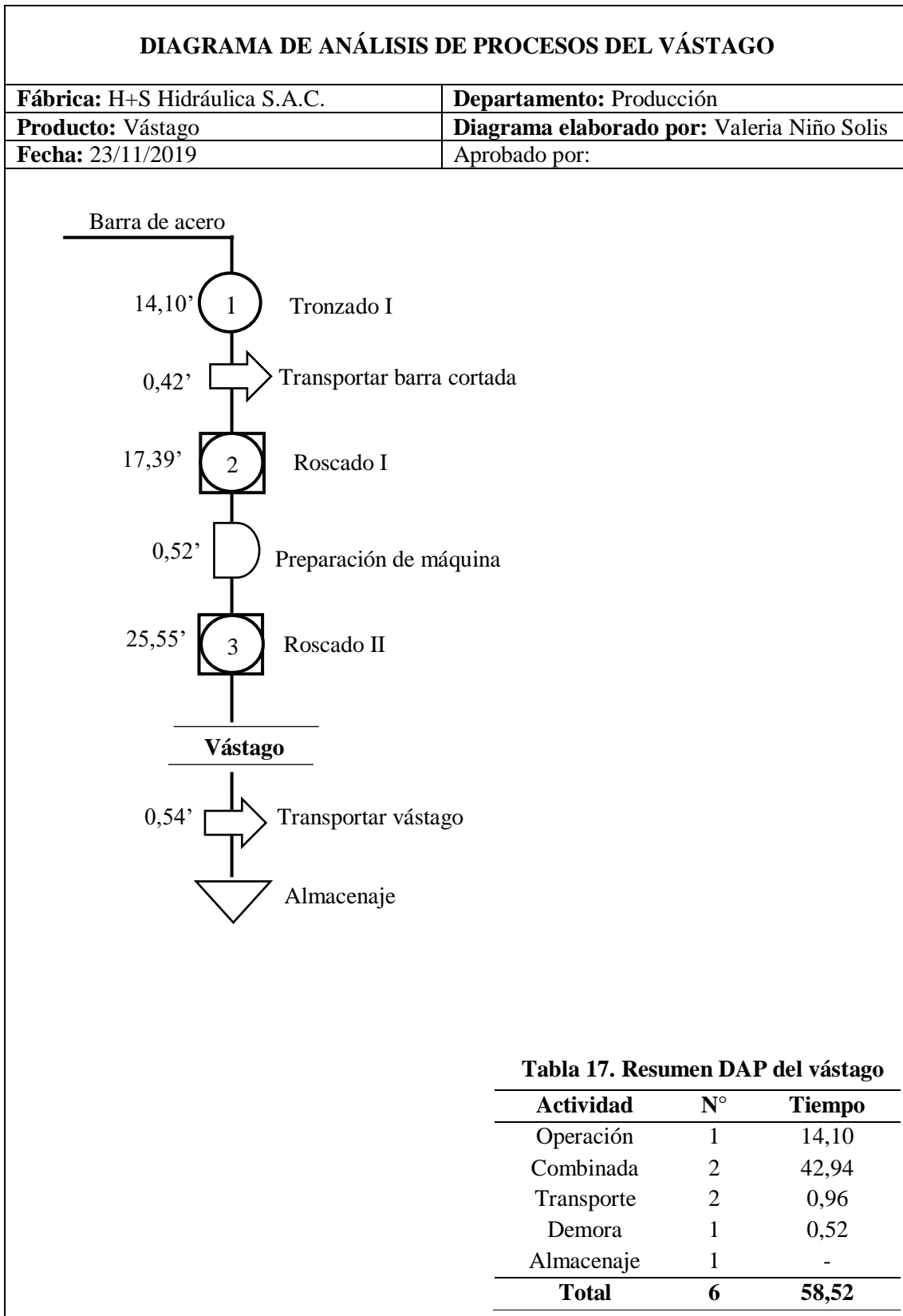


Figura 20. Diagrama de análisis del proceso del vástago.

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

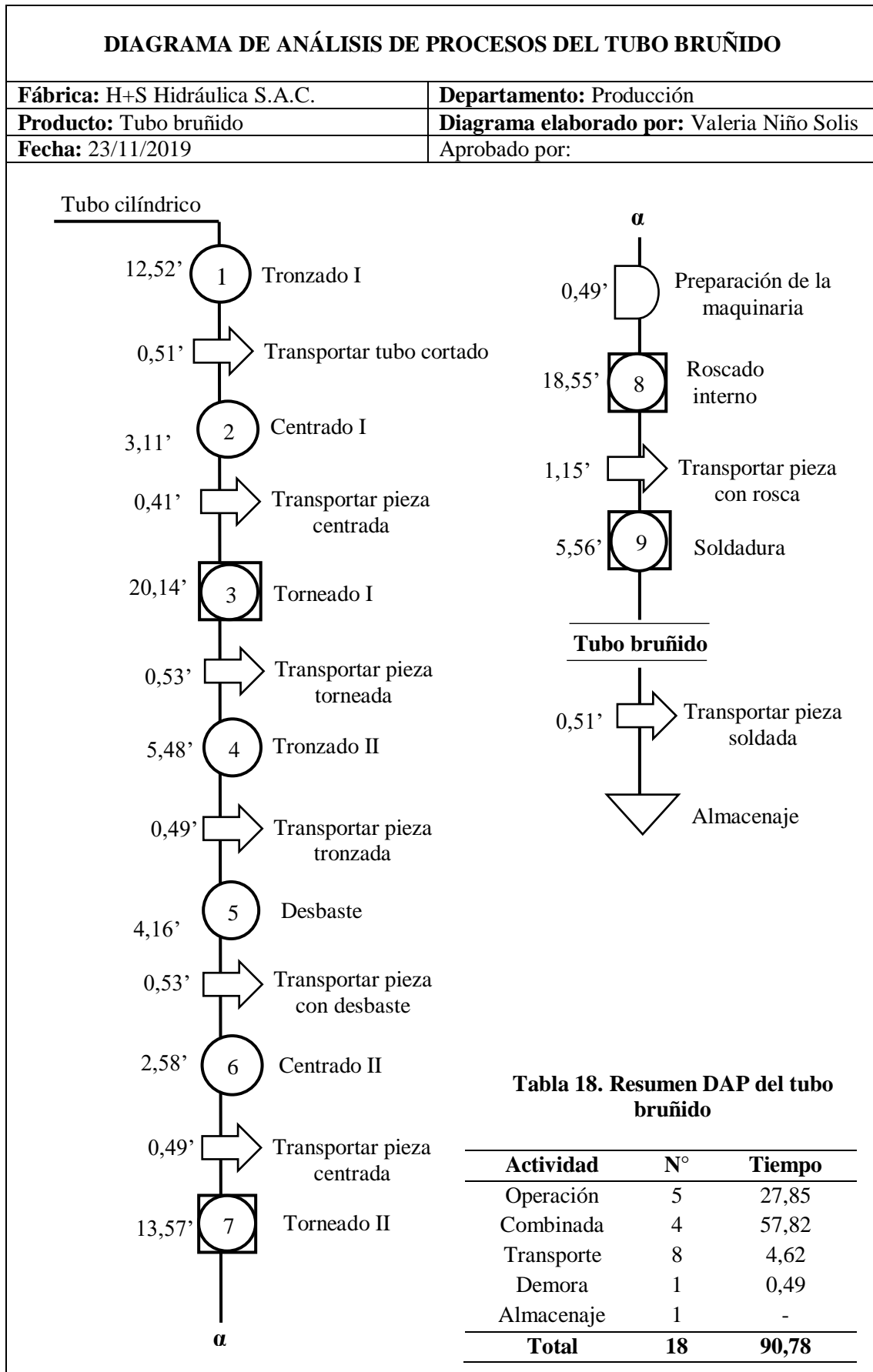


Figura 21. Diagrama de análisis del proceso del tubo bruñido

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

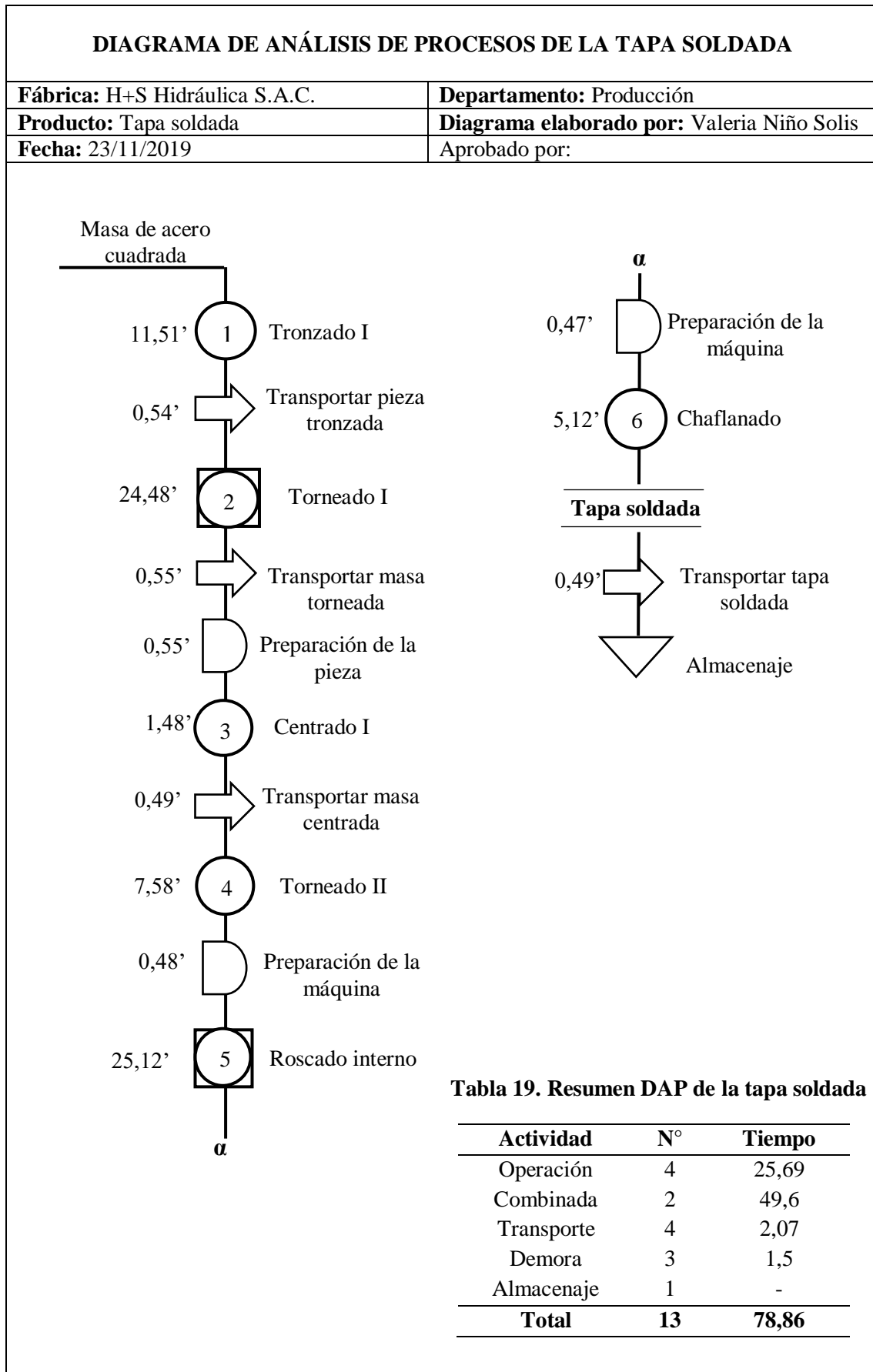


Figura 22. Diagrama de análisis del proceso de la tapa soldada

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

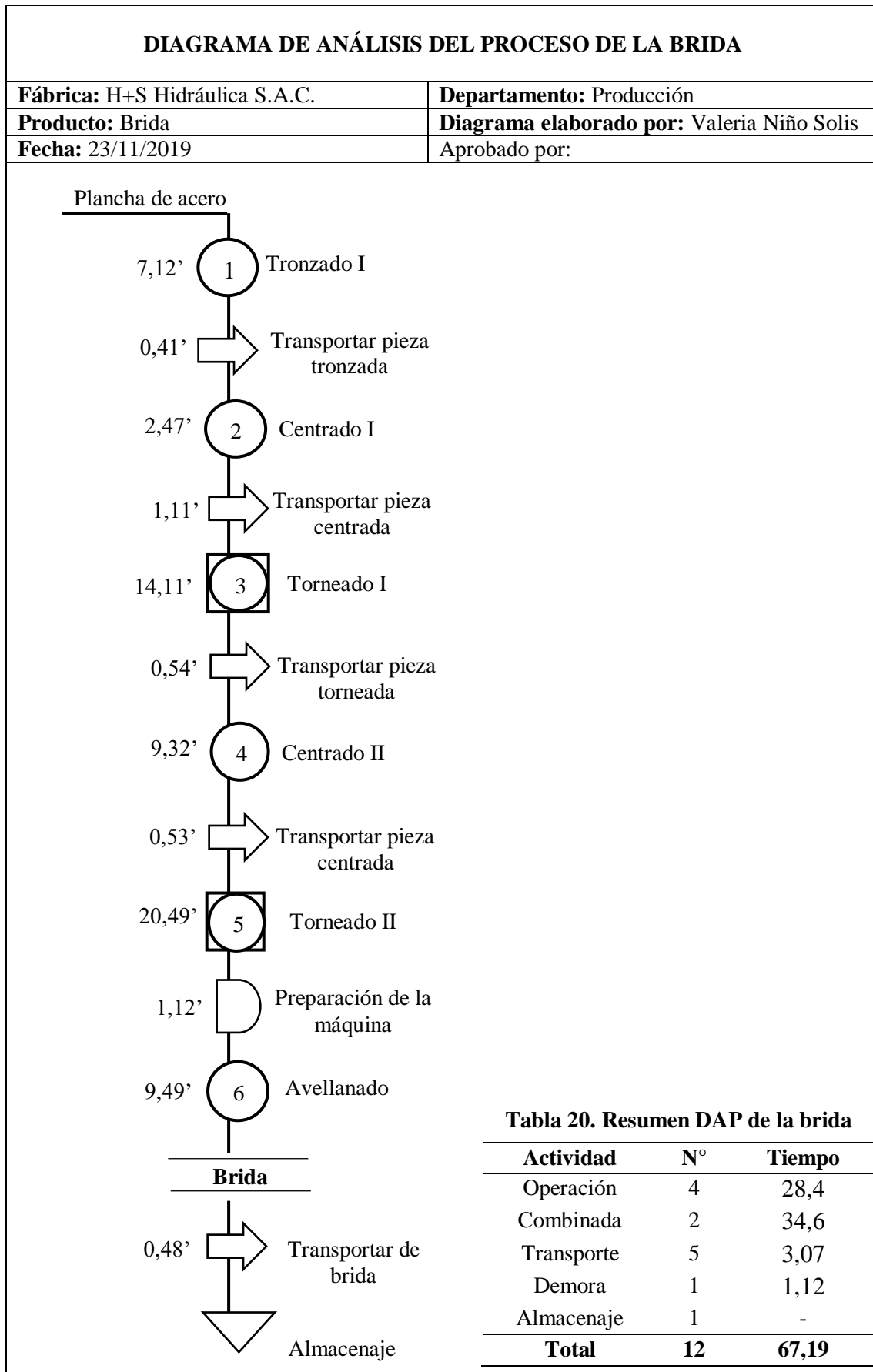


Figura 23. Diagrama de operaciones del proceso de la brida

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

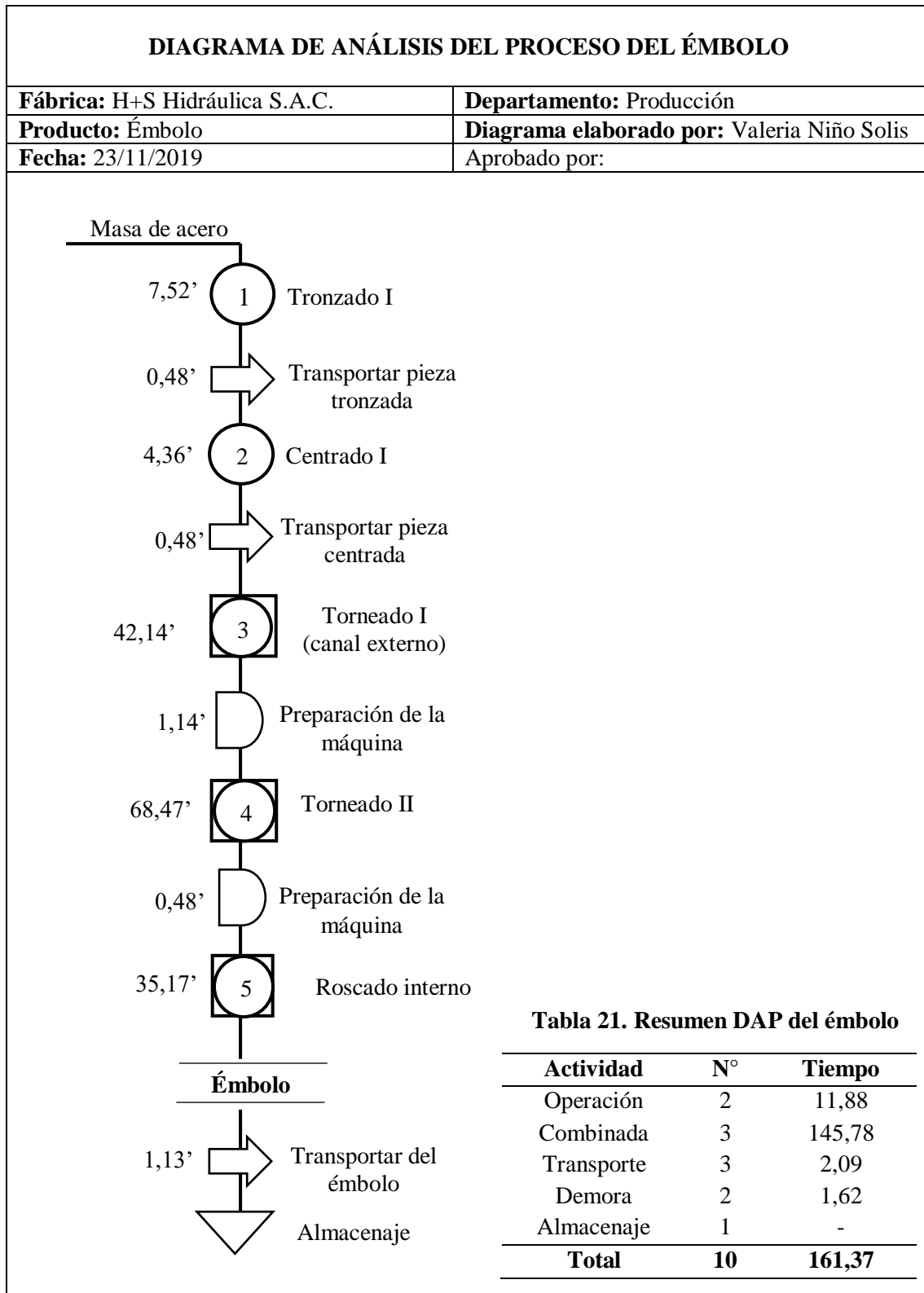


Figura 24. Diagrama de análisis del proceso del émbolo

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

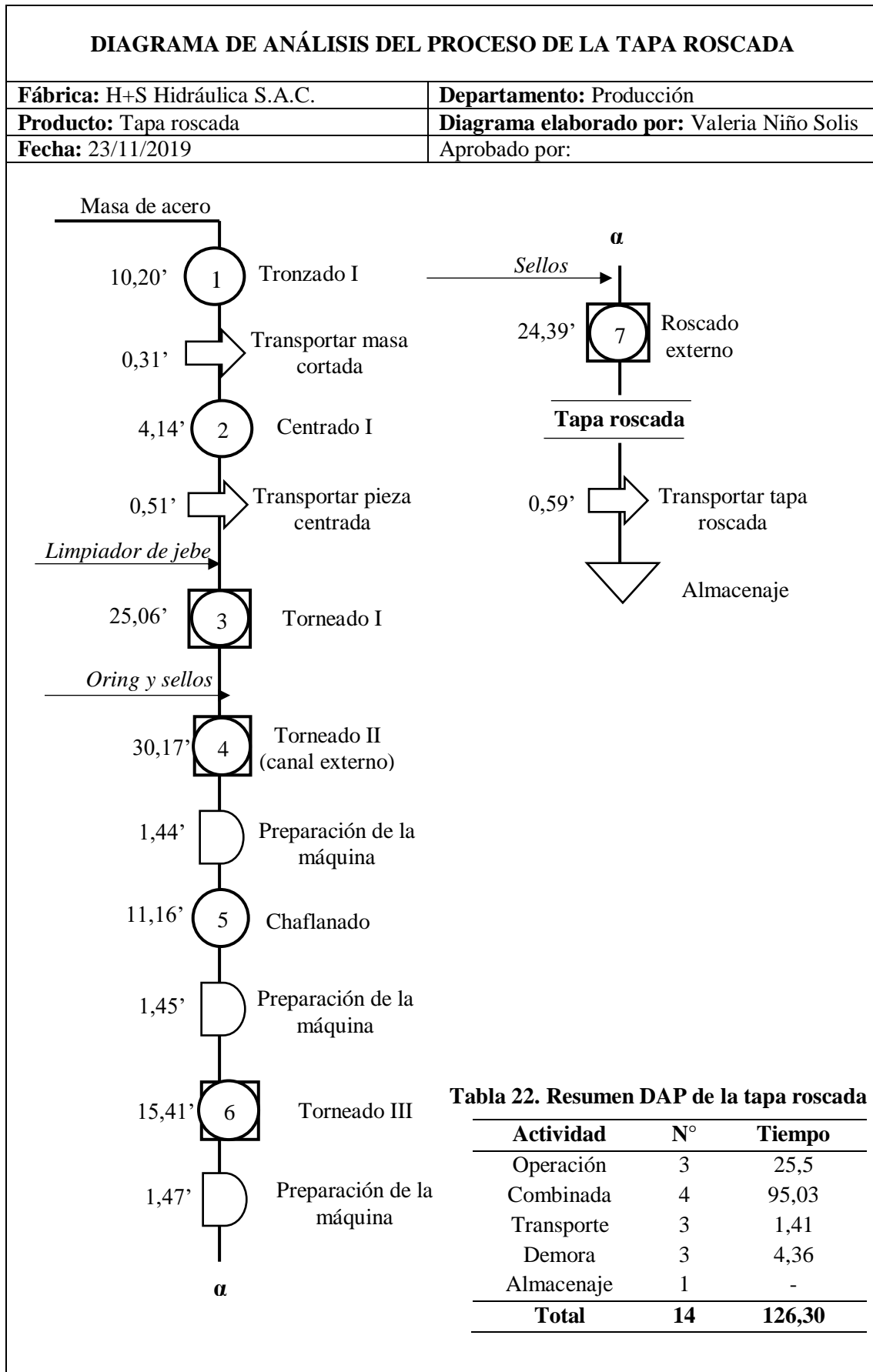


Figura 25. Diagrama de análisis del proceso de la tapa roscada

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

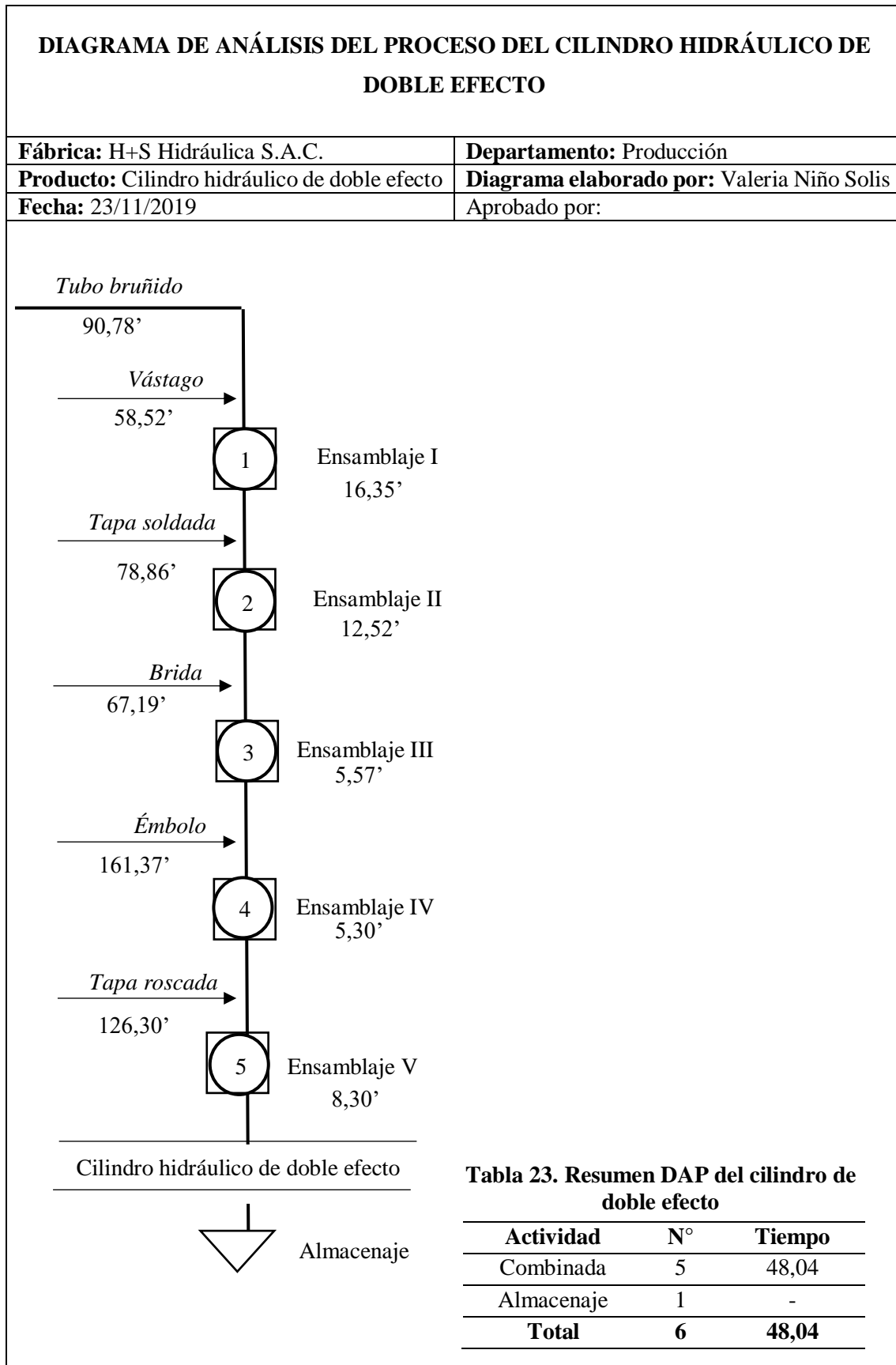


Figura 26. Diagrama de análisis del proceso de la tapa roscada

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Para el cilindro hidráulico de doble efecto se obtuvo un total de 631,06 minutos, como resultado de 77 actividades, dentro de ellas se encontraron 19 operaciones, 22 operaciones combinadas, 25 transportes y 11 demoras.

Tabla 24. Cuadro resumen del Diagrama de Análisis de operaciones (DAP)

Actividad	Cantidad	Tiempo
Operación	19	133,42
Combinada	22	473,81
Transporte	25	14,22
Demora	11	9,61
Total	77	631,06

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C

✓ **Porcentaje de actividades productivas según el tiempo**

Entre las actividades productivas, operaciones e inspección-operaciones, se obtuvo un total de 631,06 min después del cálculo obtuvimos 96,22% de actividades productivas.

$$\% \text{ Act. productivas} = \frac{133,42 + 473,81}{631,06} \times 100 = 96,22\%$$

✓ **Porcentaje de actividades improductivas según el tiempo**

Dentro de las actividades improductivas están el transporte y las demoras, obteniéndose un total de 23,83 min. Esto ha determinado que el 3,78% de las actividades son improductivas.

$$\% \text{ Act. improductivas} = \frac{14,22 + 9,61}{631,06} \times 100 = 3,78\%$$

✓ **Porcentaje de actividades productivas según la cantidad de actividades**

Entre las actividades productivas, operaciones e inspección-operaciones, se obtuvo un total de 41 actividades después del cálculo obtuvimos 53,25% de actividades productivas.

$$\% \text{ Act. productivas} = \frac{19 + 22}{77} \times 100 = 53,25\%$$

✓ **Porcentaje de actividades improductivas según la cantidad de actividades**

Dentro de las actividades improductivas están el transporte y las demoras, obteniéndose un total de 36 actividades. Esto ha determinado que el 46,75% de las actividades son improductivas.

$$\% \text{ Act. improductivas} = \frac{25 + 11}{77} \times 100 = 46,75\%$$

3.1.2.5 Indicadores actuales del proceso

3.1.2.5.1 Demanda histórica y proyección de demanda

El cilindro hidráulico de doble efecto ha tenido una demanda histórica que ha aumentado en 11,79% en los últimos 5 años. La siguiente tabla muestra la demanda hasta el 2018, teniendo un ingreso de 203 520 soles en el último año.

Tabla 25. Demanda histórica del cilindro hidráulico de doble efecto

Año	Demanda (und)	Ingresos (S/)
2014	187	179 520
2015	192	184 320
2016	189	181 440
2017	201	192 960
2018	212	203 520

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Para determinar el método de proyección de la demanda se procedió a realizar la gráfica de dispersión. A través de esta, se obtiene un coeficiente de correlación de 0,8156 mayor a 0,5. Por lo tanto, el método de la proyección a usar será el método de regresión lineal, teniendo como ecuación lineal: $Y=5,9x-11\ 698$

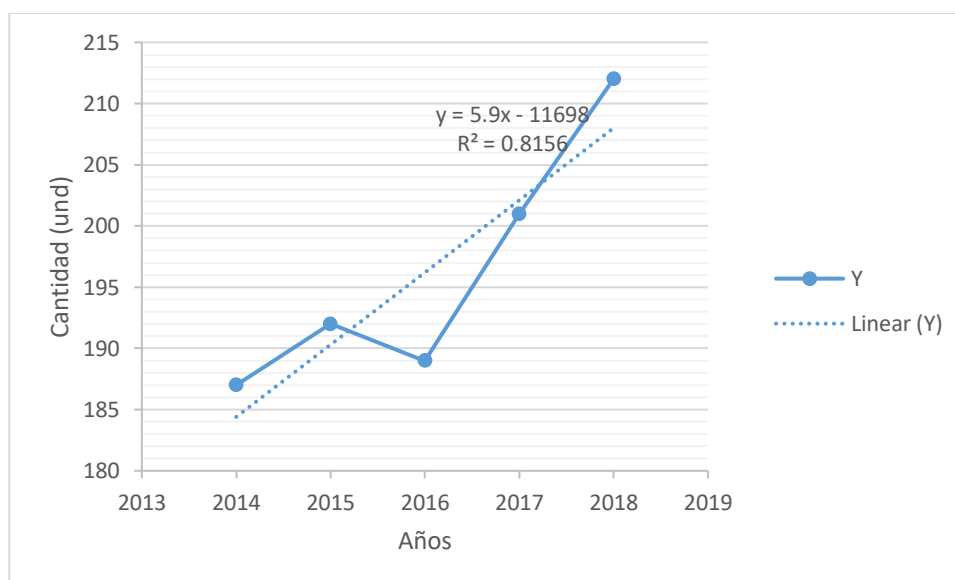


Figura 27. Diagrama de dispersión y tendencia de importaciones de la demanda

A continuación, se observan las proyecciones de la demanda de cilindro hidráulico de doble efecto. Llegando a alcanzar en el 2023 una demanda de 238 unidades.

Tabla 26. Demanda de cilindro hidráulico de doble efecto proyectada 2019-2023

Año	Cantidad (und)
2019	214
2020	220
2021	226
2022	232
2023	238

Fuente: Elaboración propia

Con la demanda ya proyectada y el tiempo de producción real obtenido, se puede comparar la cantidad de cilindros que se plantea vender con lo que verdaderamente se puede producir, considerando un trabajo anual de 2 160 horas.

En la tabla 27 se muestra la demanda proyectada y la producción real de la empresa bajo las condiciones actuales de producción, tal como se observa ningún año puede ser cubierto con la producción actual, puesto que la demanda es mayor hasta en 33 unidades en el 2023, lo que generaría una demanda insatisfecha y unos ingresos no percibidos de S/ 31 680.

Tabla 27. Comparación de la demanda proyectada con la producción real

Año	Demanda proyectada	Producción (und)	% de productos no atendidos
2019	214	205	4,39%
2020	220	205	7,32%
2021	226	205	10,24%
2022	232	205	13,17%
2023	238	205	16,09%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la comparación entre la cantidad que el mercado requerirá durante los próximos 5 años y la producción real de la empresa, se ha determinado que el 2019 el 4,39% de los productos no se atenderán, mientras que para el 2023 el valor es de 16,09%. Por lo tanto, al ser mayor la demanda que la oferta se dejarán de percibir ingresos que no permitirán el aumento de la rentabilidad de la empresa H+S Hidráulica S.A.C.

3.1.2.5.2 Producción

La tabla 28 muestra los actuales indicadores de producción, para ello se han tomado los valores de los tiempos acorde al diagrama de análisis de proceso de la figura 20 a 26. Asimismo, se toma como cuello de botella al proceso con mayor tiempo, en comparación con las demás actividades, en este caso las operaciones realizadas en el torno, pues la empresa solo cuenta con una máquina. Para determinar la producción del producto final se ha tomado en cuenta la suma de los cuellos de botellas ocurridos en los procesos de las 6 partes más el cuello de botella durante el proceso de ensamblaje el cual es de 16,35 minutos. A continuación, la producción acorde a los cuellos de botellas actuales:

Tabla 28. Producción de acuerdo al cuello de botella

Partes	Tiempo base (min/mes)	Cuello de botella (min/und)	Producción (und/mes)
Tapa soldada	10 800	25,12	429
Tubo bruñido	10 800	20,14	536
Brida	10 800	20,49	527
Émbolo	10 800	68,47	157
Tapa roscada	10 800	30,17	357
Vástago	10 800	25,55	422
Ensamblaje	10 800	16,35	660
Cilindro de doble efecto	10 800	206,29	52

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C

Así mismo en la siguiente tabla tenemos la capacidad que tiene la empresa en cada pieza del producto. En esta tabla se observa que el émbolo es el cuello de botella, por tanto, la capacidad del proceso es de 66 unidades al mes. Ahora, si tomamos en cuenta el tiempo de producción de las 6 piezas la capacidad de la planta es de 17 unidades al mes, esto si considera que cada producto se hace de forma única, es decir, sin simultaneidad con otras partes del producto.

Tabla 29. Producción actual

Partes	Tiempo base (min/mes)	Tiempo de producción (min)	Producción real (und/mes)
Tapa soldada	10 800	78,86	136
Tubo bruñido	10 800	90,78	118
Brida	10 800	67,19	160
Émbolo	10 800	161,37	66
Tapa roscada	10 800	126,30	85
Vástago	10 800	58,52	184
Ensamblaje	10 800	48,04	224
Cilindro de doble efecto	10 800	631,06	17

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C

3.1.2.5.3 Capacidad utilizada

Mensualmente se producen en promedio 429 unidades de tapa soldada en solo un turno de 8 horas de lunes a viernes y 5 horas los sábados. En la práctica solo se obtienen 136 y así con las demás partes del cilindro de doble efecto. Los detalles se encuentran detallados en la tabla 30. Por lo tanto, de acuerdo a la elaboración del producto final, es decir con sus 6 partes, se pueden llegar a producir hasta 52 unidades, pero actualmente solo se elaboran 17.

Tabla 30. Capacidad utilizada en la elaboración del cilindro por pieza

Pieza	Unidades mensuales	Producción/mes	%
Tapa soldada	429	136	31,70%
Tubo bruñido	536	118	22,01%
Brida	527	160	30,36%
Émbolo	157	66	42,04%
Tapa roscada	357	85	23,81%
Vástago	422	184	43,60%
Ensamblaje	660	224	33,94%
Cilindro de doble efecto	52	17	32,69%

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C

3.1.2.5.4 Capacidad diseñada

La elaboración de la tapa soldada, al igual que todas las piezas se encuentran detalladas en la tabla 31, la capacidad máxima del torno es de 429 piezas/mes, manteniendo la capacidad de uso al 100%. Sin embargo, debido al desgaste de la maquinaria, lo ideal es el funcionamiento al 81-90%. [32]

Tabla 31. Capacidad diseñada por pieza

Datos	Tapa soldada	Tubo bruñido	Brida	Émbolo	Tapa roscada	Vástago	Ensamblaje	Cilindro de doble efecto
Capacidad máxima/mes 100%	429	536	527	157	357	422	660	52
Capacidad máxima/mes 90%	386	482	474	141	321	379	594	46

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C

$$\text{Capacidad diseñada} = \frac{46}{52} \times 100 = 88,46\%$$

3.1.2.5.5 Capacidad ociosa

La capacidad ociosa se halla con la diferencia entre la capacidad diseñada y la capacidad utilizada. Para la elaboración de la tapa soldada, tubo bruñido, brida, émbolo, tapa roscada y vástago la capacidad ociosa significa 250, 364, 314, 75, 236, 195 y 370 unidades, respectivamente. Además, se puede apreciar que se dejan de elaborar 29 cilindros, lo que genera altos costos de producción y maquinaria sin utilizar.

Tabla 32. Capacidad ociosa por pieza

Datos	Tapa soldada	Tubo bruñido	Brida	Émbolo	Tapa roscada	Vástago	Ensamblaje	Cilindro de doble efecto
Capacidad diseñada	386	482	474	141	321	379	594	46
Capacidad utilizada	136	118	160	66	85	184	224	17
Capacidad ociosa	250	364	314	75	236	195	370	29

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C

3.1.2.5.6 Utilización

Para determinar la utilización se divide la capacidad utilizada y la capacidad diseñada, expresada en porcentaje. Para la elaboración de la tapa soldada se requiere un porcentaje de utilización de %.

Tabla 33. Capacidad ociosa por pieza al mes

Datos	Tapa soldada	Tubo bruñido	Brida	Émbolo	Tapa roscada	Vástago	Ensamblaje	Cilindro de doble efecto
Capacidad diseñada	386	482	474	141	321	379	594	46
Capacidad utilizada	136	118	160	66	85	184	224	17
Porcentaje de utilización	35,23%	24,48%	33,76%	46,81%	26,48%	48,55%	37,71%	36,96%

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C

3.1.2.5.7 Productividad de materia prima

La cantidad se especificó por unidad, de acuerdo a los planos del producto, por ejemplo, todos los tubos bruñidos tienen un largo de 1 440mm y según las especificaciones de los tubos vendidos a la empresa son de 6 000mm, entonces se utilizarán 21 barras.

Tabla 34. Productividad de materia prima por mes

Partes	Producción mensual	Productos				Productividad
		Acero	Oring	Sellos	Limpiador de jebe	
Tapa soldada	136	2	-	-	-	68
Tubo bruñido	118	21	-	-	-	5,62
Brida	160	1	-	-	-	160
Émbolo	66	1	-	-	-	66
Tapa roscada	85	2	249	498	166	42,5
Vástago	184	43	-	-	-	3,16
Ensamblaje	224	70				3,20
Cilindro de doble efecto	17	70				0,24

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C

3.1.2.5.8 Productividad de mano de obra

Considerando que la empresa solo cuenta con 3 operarios la productividad laboral es mayor para la elaboración del vástago, pues esta tiene 45,33 und/operario como productividad.

Tabla 35. Productividad de mano de obra por mes

Pieza	Unidades mensuales	N° de operarios	Productividad
Tapa soldada	136	3	45,33
Tubo bruñido	118	3	39,33
Brida	160	3	53,33
Émbolo	66	3	22,00
Tapa roscada	85	3	28,33
Vástago	184	3	61,33
Ensamblaje	224	3	74,67
Cilindro de doble efecto	17	3	5,67

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C

3.1.2.5.9 Productividad horas-hombre

Considerando los cuellos de botellas colocados en la tabla 36 se puede determinar la productividad horas-hombre.

Tabla 36. Productividad de horas-hombre por mes

Pieza	Unidades mensuales	Cuello de botella (min)	Tiempo total (min)	Productividad horas-hombre
Tapa soldada	136	25,12	78,86	5,41
Tubo bruñido	118	20,14	90,78	5,86
Brida	160	20,49	67,19	7,81
Émbolo	66	68,47	161,37	0,96
Tapa roscada	85	30,17	126,30	2,82
Vástago	184	25,55	58,52	7,20
Ensamblaje	224	16,35	48,04	13,70
Cilindro hidráulico de doble efecto	17	206,29	631,06	0,08

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C

3.1.2.5.10 Pérdidas económicas por mala planificación de pedidos

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los pedidos que no se atendieron, la ganancia no percibida y los materiales desabastecidos por pedido. En esta se observa que existen un total de 94 cilindros hidráulico de doble efecto atendidos y 52 fueron atendidos durante los meses de diciembre 2018 a julio 2019.

$$\text{Nivel de servicio} = \frac{52}{94} \times 100 = 55,32\%$$

Por lo tanto, una de las causas de pérdidas económicas es la mala planificación de las existencias, esto se debe a que los productos se realizan por pedidos, y no se almacena con antelación la materia prima, además en cada etapa se acumulan productos en curso de ejecución o semiacabados y distintas piezas que se encuentran en espera de ser manipulados [30].

Tabla 37. Número de pedidos no atendidos, pérdidas económicas y sus causas

Fecha solicitada	Pedido real (und)	Fecha de entrega	Pedido atendido (und)	Pérdida económica (S/)	Causas
6/12/2018	4	10/12/2018	2	1 920	Desabastecimiento de masa de acero
13/12/2018	8	21/12/2018	3	4 800	Desabastecimiento de guías y retén
20/12/2018	8	27/12/2018	5	2 880	Desabastecimiento de guías
3/01/2019	2	08/01/2019	1	960	Desabastecimiento de masa de acero
8/01/2019	4	16/01/2019	2	1 920	Desabastecimiento de guías
12/01/2019	4	18/01/2019	2	1 920	Desabastecimiento de masa de acero
1/02/2019	10	9/02/2019	4	5 760	Desabastecimiento de retén
26/02/2019	4	03/03/2019	2	1 920	Desabastecimiento de sellos
28/02/2019	7	8/03/2019	4	2 880	Desabastecimiento de guías
7/03/2019	5	15/03/2019	3	1 920	Desabastecimiento de masa de acero
12/03/2019	7	23/03/2019	5	1 920	Desabastecimiento de masa de acero
16/03/2019	4	23/03/2019	3	960	Desabastecimiento de masa de acero
25/03/2019	5	29/03/2019	2	2 880	Desabastecimiento de retén y guías
15/04/2019	4	21/04/2019	3	960	Desabastecimiento de sellos y acero
02/05/2019	2	09/05/2019	1	960	Desabastecimiento de retén
08/05/2019	3	15/05/2019	2	960	Desabastecimiento de retén
25/05/2019	6	02/06/2019	4	1 920	Desabastecimiento de masa de acero
18/06/2019	5	28/06/2019	3	1 920	Desabastecimiento de sellos y acero
15/07/2019	2	21/07/2019	1	960	Desabastecimiento de guías
Total	94		52	40 320	

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Asimismo, el desabastecimiento genera paros de producción, pérdidas de oportunidades de venta y una disminución de los pedidos de compradores impacientes. A esto se le suma, que los operarios no cumplan con su tarea diaria, generando mayor estrés, pues la carga de trabajo aumenta para el siguiente día y con ello retrasos en la entrega del producto.

Tabla 38. Paros de producción por desabastecimiento de materiales

Mes	Fecha	Pedido (und)	Material	Cantidad requerida	Cantidad en almacén	Paros de producción (días)
Diciembre	6	6	Masa de acero	2	1	3
			Guías de 90mm	12	8	2
			Retén o sello 90mm	8	5	1
	8	4	Guías de 90mm	8	6	2
			Aceite refrigerante 20mL	0.5	0	1
Enero	8	5	Guías de 38mm	10	6	2
	18	2	Limpiador de jebe	2	0	3
			Aceite refrigerante 20mL	0,5	0	1
Febrero	4	3	Masa de acero	3	1	5
	14	2	Sellos	4	3	1
	18	5	Masa de acero	5	1	5
	22	4	Masa de acero de 760x90 mm	4	2	3
Marzo	10	6	Limpiador de jebe	12	8	1
	16	4	Guías de 90mm	8	5	1
	19	1	Retén o sello 90mm	2	1	1
	23	2	Masa de acero	2	1	2
Abril	10	8	Retén o sello 90mm	16	9	2
			Guías de 90mm	16	10	3
			Limpiador de jebe	16	10	1
	17	5	Masa de acero 930x90	5	0	4
	18	1	Aceite refrigerante 20mL	0,5	0	1
30	1	Retén o sello 38mm	2	0	2	
Mayo	17	6	Retén o sello 38mm	12	10	1
			Guías de 38mm	12	8	1
			Limpiador de jebe	12	8	2
	30	2	Masa de acero	2	1	2
Junio	6	1	Masa de acero	1	0	1
	21	6	Retén o sello 20mm	6	1	2
			Limpiador de jebe	6	4	1
Julio	3	2	Masa de acero	2	0	1
			sello	4	1	1
Total		76		196	110	59

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

La tabla 38 muestra el pedido, la cantidad requerida por pedido y los materiales con los que se cuentan en almacén. El análisis de estos refleja los días de paro en la producción que se pueden generar por el desabastecimiento. Tal como se muestra en la tabla, durante los meses de diciembre a julio se han solicitado 196 materiales, pero en almacén solo se encontraron con 110, generando 59 días de paro de producción. Estos paros no significan

que sean días que no trabajan, sino que se dedican a la elaboración de otros productos y dejan en stock de inventario las partes que conforman el cilindro de doble efecto generando días de retraso en su entrega a clientes. A continuación, se muestra el porcentaje de días que paran de producir por desabastecimiento de materia prima.

$$\% \text{ de días sin producción} = \frac{59}{243} \times 100 = 24,28\%$$

Por lo tanto, el 24,28% de los días se dedican a realizar otros productos como: barras de soporte, base de bancadas, contratapas, frenos, horquillas deslizantes, entre otros.

Asimismo, según los meses analizados, la empresa solo ha contado con el 56,12% de los materiales requeridos para la producción del cilindro de doble efecto, mientras que el 43,88% de los materiales que no se encontraron en almacén han generado días sin producción.

$$\% \text{ de materiales abastecidos} = \frac{110}{196} \times 100 = 56,12\%$$

3.1.2.5.11 Análisis de tiempos detallado del proceso

○ Tapa soldada

Tabla 39. Tiempo del proceso detallado para la elaboración de la tapa soldada

A.1 Tronzado	Tiempo	Colocar la pieza	0,28
Colocar la barra cuadrada	0,49	Prender la máquina	0,12
Fijar la barra según la medida de corte	0,57	<i>Torneado II</i>	5,12
Prender la máquina	0,16	Medición de diámetro	0,57
<i>Tronzado</i>	10,02	Ajuste del diámetro	0,42
Retiro de barra tronzada	0,27	Medición de diámetro	0,36
Total	11,51	Retiro de pieza	0,29
Transportar tubo cortado	0,54	Total	7,58
A.2 Torneado I	Tiempo	Preparación de la máquina	0,48
Elegir la broca	0,15	A.5 Roscado interno	Tiempo
Colocar la broca	0,45	Elegir la broca	0,42
Colocar la pieza	1,14	Colocar la broca	0,23
Prender la máquina	0,14	Colocar la pieza	0,14
<i>Torneado I</i>	17,50	Prender la máquina	0,11
Medición de diámetro	1,13	<i>Roscado interno</i>	21,5
Ajuste del diámetro	2,31	Medición de paso de rosca	1,57
Medición de diámetro	1,26	Ajuste de la máquina	0,32
Retiro de pieza	0,36	Ajuste de diámetro	0,48
Total	24,48	Retiro de pieza	0,31
Transportar masa torneada	0,55	Total	25,12
Preparación de la pieza	0,55	Preparación de la máquina	0,47
A.3 Centrado	Tiempo	A.6 Chaflanado	Tiempo
Elegir la broca	0,25	Elegir la broca	0,21
Colocar la broca	0,12	Colocar la broca	0,16
Colocar la pieza	0,34	Colocar la pieza	0,17
Prender la máquina	0,12	Prender la máquina	0,16
<i>Centrado I</i>	0,44	<i>Chaflanado</i>	3,10
Retiro de pieza	0,21	Medición de chaflán	1,06
Total	1,48	Ajuste de diámetro	0,10
Transportar masa centrada	0,49	Retiro de pieza	0,16
A.4 Torneado II	Tiempo	Total	5,12
Elegir la broca	0,26	Transporte de tapa soldada	0,49
Colocar la broca	0,16	TIEMPO TOTAL	78,86

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

○ **Tubo bruñido**

Tabla 40. Tiempo del proceso detallado para la elaboración del tubo bruñido

B.1 Tronzado I	Tiempo	B.6 Centrado II	Tiempo
Colocar el tubo cilíndrico	0,39	Elegir la broca	0,17
Fijar el tubo según la medida de corte	1,10	Colocar la broca	0,16
Prender la máquina	0,14	Colocar la pieza	0,21
<i>Tronzado</i>	<i>10,59</i>	Prender la máquina	0,23
Retiro de barra tronzada	0,30	<i>Centrado II</i>	<i>1,58</i>
Total	12,52	Retiro de pieza	0,23
Transportar tubo cortado	0,51	Total	2,58
B.2 Centrado I	Tiempo	Transportar pieza centrada	0,49
Elegir la broca	0,19	B.7 Torneado II	Tiempo
Colocar la broca	0,22	Elegir la broca	0,19
Colocar la pieza	0,24	Colocar la broca	0,21
Prender la máquina	0,14	Colocar la pieza	0,55
<i>Centrado I</i>	<i>2,13</i>	Prender la máquina	0,18
Retiro de pieza	0,19	<i>Torneado II</i>	<i>11,45</i>
Total	3,11	Medición de diámetro	0,31
Transporte de pieza centrada	0,41	Ajuste del diámetro	0,33
B.3 Torneado I	Tiempo	Medición de diámetro	0,14
Elegir la broca	0,21	Retiro de pieza	0,21
Colocar la broca	0,26	Total	13,57
Colocar la pieza	1,03	Preparación de la maquinaria	0,49
Prender la máquina	0,2	B.8 Roscado interno	Tiempo
<i>Torneado I</i>	<i>15,38</i>	Elegir la broca	0,42
Medición de diámetro	1,06	Colocar la broca	0,14
Ajuste del diámetro	0,57	Colocar la pieza	0,21
Medición de diámetro	1,12	Prender la máquina	0,14
Retiro de pieza	0,31	<i>Roscado interno</i>	<i>16,49</i>
Total	20,14	Medición de paso de rosca	0,59
Transportar pieza torneada	0,53	Ajuste de la máquina	0,14
B.4 Tronzado II	Tiempo	Ajuste de diámetro	0,18
Colocar el tubo cilíndrico	0,29	Retiro de pieza	0,24
Fijar el tubo según la medida de corte	0,52	Total	18,55
Prender la máquina	0,14	transportar pieza con rosca	1,15
<i>Tronzado II</i>	<i>4,30</i>	B.9 Soldadura	Tiempo
Retiro de barra tronzada	0,23	Elegir la soldadura	0,24
Total	5,48	Colocar soldadura	0,38
Transportar pieza tronzada	0,49	Colocar la pieza	0,41
B.5 Desbaste	Tiempo	Prender la máquina	0,17
Elegir la broca	0,21	<i>Soldadura</i>	<i>4,00</i>
Colocar la broca	0,19	Apagar la máquina	0,11
Colocar la pieza	0,18	Retiro de pieza	0,25
<i>Desbaste</i>	<i>3,26</i>	Total	5,56
Medición de desbaste	0,32	transporte de tubo bruñido	0,51
Total	4,16	TIEMPO TOTAL	90,78
Transporte pieza con desbaste	0,53		

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

○ **Brida****Tabla 41. Tiempo del proceso detallado para la elaboración de la brida**

C.1 Tronzado I	Tiempo	C.4 Centrado II	Tiempo
Colocar de plancha de acero	0,35	Elegir la broca	0,14
Fijar la plancha según la medida de corte	1,32	Colocar la broca	0,22
Prender la máquina	0,16	Colocar la pieza	0,41
<i>Tronzado</i>	5,08	Prender la máquina	0,34
Retiro de barra tronzada	0,21	<i>Centrado II</i>	8,00
Total	7,12	Retiro de pieza	0,21
Transportar pieza tronzada	0,41	Total	9,32
C.2 Centrado I	Tiempo	Transporte pieza centrada	0,53
Elegir la broca	0,16	C.5 Torneado II	Tiempo
Colocar la broca	0,23	Elegir la broca	0,14
Colocar la pieza	0,19	Colocar la broca	0,11
Prender la máquina	0,18	Colocar la pieza	0,28
<i>Centrado I</i>	1,56	Prender la máquina	0,19
Retiro de pieza	0,15	<i>Torneado II</i>	18,48
Total	2,47	Medición de diámetro	0,44
Transportar pieza centrada	1,11	Ajuste del diámetro	0,34
C.3 Torneado I	Tiempo	Medición de diámetro	0,32
Elegir la broca	0,19	Retiro de pieza	0,19
Colocar la broca	0,27	Total	20,49
Colocar la pieza	0,39	Preparación de la máquina	1,12
Prender la máquina	0,21	C.6 Avellanado	Tiempo
<i>Torneado I</i>	11,33	Elegir la broca	0,16
Medición de diámetro	0,52	Colocar la broca	0,21
Ajuste del diámetro	0,55	Colocar la pieza	0,19
Medición de diámetro	0,56	Prender la máquina	0,17
Retiro de pieza	0,29	<i>Avellanado</i>	8,15
Total	14,11	Medición de avellanado	0,39
Transporte pieza torneada	0,54	Retiro de pieza	0,22
		Total	9,49
TIEMPO TOTAL		67,19	

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

○ **Émbolo**

Tabla 42. Tiempo del proceso detallado para la elaboración del émbolo

D.1 Tronzado I	Tiempo	Total	42,14
Colocar masa de acero	0,24	Preparación de la máquina	1,14
Fijar la masa según la medida de corte	1,13	D.4 Torneado II	Tiempo
Prender la máquina	0,29	Elegir la broca	0,17
<i>Tronzado</i>	5,54	Colocar la broca	0,21
Retiro de barra tronzada	0,32	Colocar la pieza	0,34
Total	7,52	Prender la máquina	0,13
Transportar pieza tronzada	0,48	<i>Torneado II</i>	59,39
D.2 Centrado I	Tiempo	Medición de diámetro	1,41
Elegir la broca	0,19	Ajuste del diámetro	5,21
Colocar la broca	0,36	Medición de diámetro	1,39
Colocar la pieza	0,15	Retiro de pieza	0,22
Prender la máquina	0,17	Total	68,47
<i>Centrado I</i>	3,36	Preparación de la máquina	0,48
Retiro de pieza	0,13	D.5 Roscado interno	Tiempo
Total	4,36	Elegir la broca	0,17
Transporte pieza centrada	0,48	Colocar la broca	0,17
D.3 Torneado I	Tiempo	Colocar la pieza	0,14
Elegir la broca	0,21	Prender la máquina	0,16
Colocar la broca	0,27	<i>Roscado interno</i>	31,55
Colocar la pieza	0,19	Medición de paso de rosca	2,09
Prender la máquina	0,17	Ajuste de la máquina	0,36
<i>Torneado I</i>	36,37	Ajuste de diámetro	0,34
Medición de diámetro	1,27	Retiro de pieza	0,19
Ajuste del diámetro	2,17	Total	35,17
Medición de diámetro	1,1	Transporte de émbolo	1,13
Retiro de pieza	0,39		
TIEMPO TOTAL		161,37	

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

○ **Tapa roscada**

Tabla 43. Tiempo del proceso detallado para la tapa roscada

E.1 Tronzado I	Tiempo	Retiro de pieza	0,19
Colocar masa de acero	0,33	Total	30,17
Fijar la masa según la medida de corte	2,14	Preparación de la máquina	1,44
Prender la máquina	0,21	E.5 Chaflanado	Tiempo
<i>Tronzado</i>	7,31	Elegir la broca	0,14
Retiro de barra tronzada	0,21	Colocar la broca	0,25
Total	10,20	Colocar la pieza	0,27
Transportar pieza tronzada	0,31	Prender la máquina	0,16
E.2 Centrado I	Tiempo	<i>Chaflanado</i>	9,33
Elegir la broca	0,23	Medición de chaflán	0,48
Colocar la broca	0,26	Ajuste de diámetro	0,41
Colocar la pieza	0,24	Retiro de pieza	0,12
Prender la máquina	0,11	Total	11,16
<i>Centrado I</i>	3,18	Preparación de la máquina	1,45
Retiro de pieza	0,12	E.6 Torneado III	Tiempo
Total	4,14	Elegir la broca	0,19
Transporte pieza centrada	0,51	Colocar la broca	0,22
E.3 Torneado I	Tiempo	Colocar la pieza	0,19
Elegir la broca	0,19	Prender la máquina	0,21
Colocar la broca	0,21	<i>Torneado III</i>	11,40
Colocar la pieza	0,19	Medición de diámetro	0,41
Prender la máquina	0,16	Ajuste del diámetro	1,13
<i>Torneado I</i>	21	Medición de diámetro	0,54
Medición de diámetro	0,38	Colocar limpiador de jebe	0,37
Ajuste del diámetro	1,44	Ajuste de limpiador de jebe	0,59
Medición de diámetro	0,35	Retiro de pieza	0,16
Colocar limpiador de jebe	0,47	Total	15,41
Ajuste de limpiador de jebe	0,49	Preparación de la máquina	1,47
Retiro de pieza	0,18	E.7 Roscado externo	Tiempo
Total	25,06	Elegir la broca	0,17
E.4 Torneado II	Tiempo	Colocar la broca	0,21
Elegir la broca	0,24	Colocar la pieza	0,14
Colocar la broca	0,19	Prender la máquina	0,19
Colocar la pieza	0,17	<i>Roscado externo</i>	21,00
Prender la máquina	0,19	Medición de paso de rosca	1,39
<i>Torneado II</i>	21,46	Ajuste de la máquina	0,19
Medición de diámetro	0,58	Ajuste de diámetro	0,46
Ajuste del diámetro	4,29	Colocar sellos	0,18
Medición de diámetro	1,26	Ajustar sellos	0,27
Colocar oring y sellos	0,48	Retiro de pieza	0,19
Ajustar oring y sellos	1,12	Total	24,39
TIEMPO TOTAL			126,30

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

- **Vástago**

Tabla 44. Tiempo del proceso detallado para el vástago

F.1 Tronzado I	Tiempo
Colocar barra de acero	0,15
Fijar la barra según la medida de corte	1,38
Prender la máquina	0,34
<i>Tronzado</i>	<i>12,01</i>
Retiro de barra tronzada	0,22
Total	14,10
Transportar barra cortada	0,42
F.2 Roscado interno	Tiempo
Elegir la broca	0,16
Colocar la broca	0,19
Colocar la pieza	0,36
Prender la máquina	0,21
<i>Roscado interno</i>	<i>14,57</i>
Medición de paso de rosca	1,23
Ajuste de la máquina	0,19
Ajuste de diámetro	0,31
Retiro de pieza	0,17
Total	17,39
Preparación de máquina	0,52
F.3 Roscado interno	Tiempo
Elegir la broca	0,19
Colocar la broca	0,48
Colocar la pieza	0,19
Prender la máquina	0,18
<i>Roscado interno</i>	<i>22,54</i>
Medición de paso de rosca	1,16
Ajuste de la máquina	0,21
Ajuste de diámetro	0,41
Retiro de pieza	0,19
Total	25,55
Transportar vástago	0,54
TIEMPO TOTAL	58,52

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

- **Ensamblaje**

Tabla 45. Tiempo del proceso detallado para el ensamblaje

G.1 Ensamblaje final	
Colocar y fijar tapa roscada	16,35
Colocar y fijar émbolo	12,52
Colocar y fijar brida	5,57
Colocar y fijar tubo bruñido	5,30
Colocar y fijar tapa soldada	8,30
TIEMPO TOTAL	48,04

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

A partir del plan de elaboración de las partes del cilindro hidráulico de doble efecto se puede determinar el tiempo de valor agregado y no valor agregado del proceso. En la siguiente tabla se puede observar que el 19,60% de las operaciones no agregan valor al producto por lo que se requiere eliminarlas o reducirlas con el fin de minimizar el tiempo de ciclo del producto.

Tabla 46. Tiempos de valor agregado y no valor agregado de los procesos

Partes del cilindro de doble efecto	Tiempo de valor agregado (min)	Tiempo de no valor agregado (min)
Tapa soldada	57,76	21,10
Tubo bruñido	69,18	21,60
Brida	52,40	14,79
Émbolo	136,21	25,16
Tapa roscada	94,68	31,62
Vástago	49,12	9,40
Ensamblaje	48,04	-
Total	507,39	123,67
Porcentaje	80,40%	19,60%

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

3.1.2.5.12 Balance de línea

Para el cálculo de los indicadores de la línea, cada etapa es una estación. Se presenta en las siguientes tablas el tiempo total por estación y el tiempo total de la línea.

- Tapa soldada

En la tabla 47 se muestra los tiempos por estación para la elaboración de la tapa soldada, en ella se visualiza que el cuello de botella es el proceso de roscado interno con un tiempo de 25,12 minutos.

Tabla 47. Tiempo por estación de la tapa soldada

N°	Estación	Tiempo	Operario
1	Tronzado I	11,51	O ₁
	Transportar pieza tronzada	0,54	
2	Torneado I	24,48	O ₂
	Transportar masa torneada	0,55	
	Preparación de la pieza	0,55	
3	Centrado I	1,48	O ₃
	Transportar masa centrada	0,49	
4	Torneado II	7,58	O ₂
	Preparación de la máquina	0,48	
5	Roscado interno	25,12	O ₂
	Preparación de la máquina	0,47	
6	Chaflanado	5,12	O ₂
	Transporte de tapa soldada	0,49	
Total		78,86	3

Fuente: Elaboración propia

✓ **Eficiencia de la línea**

$$E = \frac{78,86}{6 \times 25,12} \times 100 = 52,31\%$$

✓ **Tiempo muerto**

$$TM = 6 \times 25,12 - 78,86 = 71,88 \text{ min}$$

✓ **Tiempo por línea (minutos)**

$$TML = 3 \times 25,35 = 75,37$$

✓ **Minuto total del operario**

$$\begin{aligned}
 \text{MTO} &= \left(\frac{11,51 + 0,54}{1} \right) \\
 &+ \left(\frac{24,48 + 0,55 + 0,55 + 7,58 + 0,48 + 25,12 + 0,47 + 5,12 + 0,49}{4} \right) \\
 &+ \frac{(1,48 + 0,49)}{1} = 30,22 \text{ min}
 \end{aligned}$$

- **Tubo bruñido**

En la tabla 48 se muestra los tiempos por estación para la elaboración del tubo bruñido, en ella se visualiza que el cuello de botella es el proceso de torneado I con un tiempo de 20,14 minutos.

Tabla 48. Tiempo por estación del tubo bruñido

N°	Estación	Tiempo	Operario
1	Tronzado I	12,52	O ₁
	Transportar tubo cortado	0,51	
2	Centrado I	3,11	O ₃
	Transportar pieza centrada	0,41	
3	Torneado I	20,14	O ₂
	Transportar pieza torneada	0,54	
4	Tronzado II	5,48	O ₁
	Transportar pieza tronzada	0,49	
5	Desbaste	4,16	O ₂
	Transporte pieza con desbaste	0,53	
6	Centrado II	2,58	O ₃
	Transportar pieza centrada	0,49	
7	Torneado II	13,57	O ₂
	Preparación de la maquinaria	0,49	
8	Roscado interno	18,55	O ₂
	transportar pieza con rosca	1,15	
9	Soldadura	5,56	O ₁
	transporte de tubo bruñido	0,51	
Total		90,78	3

Fuente: Elaboración propia

✓ **Eficiencia de la línea**

$$E = \frac{90,78}{9 \times 20,14} \times 100 = 50,08\%$$

✓ **Tiempo muerto**

$$TM = 9 \times 20,14 - 90,78 = 90,46 \text{ min}$$

✓ **Tiempo por línea (minutos)**

$$TML = 3 \times 20,14 = 60,96$$

✓ **Minuto total del operario**

$$MTO = \left(\frac{12,52 + 0,51 + 5,48 + 0,49 + 5,56 + 0,51}{3} \right) + \left(\frac{20,14 + 0,54 + 4,16 + 0,53 + 13,57 + 0,49 + 18,55 + 1,15}{4} \right) + \left(\frac{3,11 + 0,41 + 2,58 + 0,49}{2} \right) = 26,43 \text{ min}$$

- **Brida**

En la tabla 49 se muestra los tiempos por estación para la elaboración de la brida, en ella se visualiza que el cuello de botella es el proceso de torneado II con un tiempo de 20,49 minutos.

Tabla 49. Tiempo por estación de la brida

N°	Estación	Tiempo	Operario
1	Tronzado I	7,12	O ₁
	Transportar pieza tronzada	0,41	
2	Centrado I	2,47	O ₃
	Transportar pieza centrada	1,11	
3	Torneado I	14,12	O ₂
	Transporte pieza torneada	0,54	
4	Centrado II	9,32	O ₃
	Transporte pieza centrada	0,53	
5	Torneado II	20,49	O ₂
	Preparación de la máquina	1,12	
6	Avellanado	9,49	O ₂
	Transporte de brida	0,48	
Total		67,19	3

Fuente: Elaboración propia

✓ **Eficiencia de la línea**

$$E = \frac{67,19}{6 \times 20,49} \times 100 = 54,66\%$$

✓ **Tiempo muerto**

$$TM = 6 \times 20,49 - 67,19 = 55,75 \text{ min}$$

✓ **Tiempo por línea (minutos)**

$$TML = 3 \times 20,49 = 61,47$$

✓ **Minuto total del operario**

$$MTO = \frac{(7,12 + 0,41)}{1} + \left(\frac{14,12 + 0,54 + 20,49 + 1,12 + 9,49 + 0,48}{3} \right) + \left(\frac{2,47 + 1,11 + 9,32 + 0,53}{2} \right) = 29,66 \text{ min}$$

- Émbolo

En la tabla 50 se muestra los tiempos por estación para la elaboración del émbolo, en ella se visualiza que el cuello de botella es el proceso de torneado II con un tiempo de 68,47 minutos.

Tabla 50. Tiempo por estación del émbolo

N°	Estación	Tiempo	Operario
1	Tronzado I	7,52	O ₁
	Transportar pieza tronzada	0,48	
2	Centrado I	4,36	O ₃
	Transporte pieza centrada	0,48	
3	Torneado I	42,14	O ₂
	Preparación de la máquina	1,14	
4	Torneado II	68,47	O ₂
	Preparación de la máquina	0,48	
5	Roscado interno	35,17	O ₂
	Transporte de émbolo	1,13	
Total		161,37	3

Fuente: Elaboración propia

✓ Eficiencia de la línea

$$E = \frac{161,37}{5 \times 68,47} \times 100 = 47,14\%$$

✓ Tiempo muerto

$$TM = 5 \times 68,47 - 161,37 = 161,37 \text{ min}$$

✓ Tiempo por línea (minutos)

$$TML = 3 \times 68,47 = 205,41$$

✓ Minuto total del operario

$$MTO = \frac{(7,52 + 0,48)}{1} + \left(\frac{42,14 + 1,14 + 68,47 + 0,48 + 35,17 + 1,13}{3} \right) + \frac{(4,36 + 0,48)}{1} = 62,35 \text{ min}$$

- **Tapa roscada**

En la tabla 51 se muestra los tiempos por estación para la elaboración de la tapa roscada, en ella se visualiza que el cuello de botella es el proceso de torneado II con un tiempo de 30,17 minutos.

Tabla 51. Tiempo por estación de la tapa roscada

N°	Estación	Tiempo	Operario
1	Tronzado I	10,20	O ₁
	Transportar pieza tronzada	0,31	
2	Centrado I	4,14	O ₃
	Transporte pieza centrada	0,51	
3	Torneado I	25,06	O ₂
4	Torneado II	30,17	O ₂
5	Preparación de la máquina	1,44	O ₂
	Chaflanado	11,16	
6	Preparación de la máquina	1,45	O ₂
	torneado III	15,41	
7	Preparación de la máquina	1,47	O ₂
	Roscado externo	24,39	
	Transporte de tapa roscada	0,59	
Total		126,30	3

Fuente: Elaboración propia

✓ **Eficiencia de la línea**

$$E = \frac{126,30}{7 \times 30,17} \times 100 = 59,81\%$$

✓ **Tiempo muerto**

$$TM = 7 \times 30,17 - 126,30 = 84,86 \text{ min}$$

✓ **Tiempo por línea (minutos)**

$$TML = 3 \times 30,17 = 90,5$$

✓ **Minuto total del operario**

$$MTO = \frac{(10,20 + 0,31)}{1} + \left(\frac{25,06 + 30,17 + 1,44 + 11,16 + 1,45 + 15,41 + 1,47 + 24,39 + 0,59}{5} \right) + \frac{(4,14 + 0,51)}{1} = 37,39 \text{ min}$$

- **Vástago**

En la tabla 52 se muestra los tiempos por estación para la elaboración del vástago, en ella se visualiza que el cuello de botella es el proceso de roscado interno II con un tiempo de 25,55 minutos.

Tabla 52. Tiempo por estación del vástago

N°	Estación	Tiempo	Operario
1	Tronzado I	14,10	O ₁
	Transportar barra cortada	0,42	
2	Roscado I	17,39	O ₂
	Preparación de máquina	0,52	
3	Roscado II	25,55	O ₂
	Transportar vástago	0,54	
Total		58,52	2

Fuente: Elaboración propia

✓ **Eficiencia de la línea**

$$E = \frac{58,52}{3 \times 25,55} \times 100 = 76,35\%$$

✓ **Tiempo muerto**

$$TM = 3 \times 25,55 - 58,52 = 18,13 \text{ min}$$

✓ **Tiempo por línea (minutos)**

$$TML = 2 \times 25,55 = 51,11 \text{ min}$$

✓ **Minuto total del operario**

$$MTO = \frac{(14,10 + 0,42)}{1} + \left(\frac{17,39 + 0,52 + 25,55 + 0,54}{2} \right) = 36,53 \text{ min}$$

- **Ensamblaje final**

En la tabla 53 se muestra los tiempos por estación para la elaboración de ensamblaje, en ella se visualiza que el cuello de botella es el proceso del ensamblaje de la tapa roscada con un tiempo de 16,35 minutos.

Tabla 53. Tiempo por estación de la tapa soldada

N°	Estación	Tiempo	Operario
1	Colocar y fijar tapa roscada	16,35	O ₁
2	Colocar y fijar émbolo	12,52	O ₁
3	Colocar y fijar brida	5,57	O ₁
4	Colocar y fijar tubo bruñido	5,30	O ₁
5	Colocar y fijar tapa soldada	8,30	O ₁
Total		48,04	

Fuente: Elaboración propia

✓ **Eficiencia de la línea**

$$E = \frac{48,04}{5 \times 16,35} \times 100 = 58,76\%$$

✓ **Tiempo muerto**

$$TM = 5 \times 16,35 - 48,04 = 33,71 \text{ min}$$

✓ **Tiempo por línea (minutos)**

$$TML = 1 \times 16,35 = 16,35 \text{ min}$$

✓ **Minuto total del operario**

$$MTO = \left(\frac{16,35 + 12,52 + 5,57 + 5,30 + 8,30}{5} \right) = 9,61 \text{ min}$$

- **Cilindro hidráulico de doble efecto**

En la tabla 54 se muestra los tiempos por estación para la elaboración del producto final, en ella se visualiza que el cuello de botella es el émbolo con un tiempo de 161,37 minutos.

Tabla 54. Tiempo por estación de la tapa soldada

N°	Estación	Tiempo	Operario
1	Tapa soldada	78,86	O ₁ O ₂ O ₃
2	Tubo bruñido	90,78	O ₁ O ₂ O ₃
3	Brida	67,19	O ₁ O ₂ O ₃
4	Émbolo	161,37	O ₁ O ₂ O ₃
5	Tapa roscad	126,30	O ₁ O ₂ O ₃
6	Vástago	58,52	O ₁ O ₂ O ₃
7	Ensamblaje	48,04	O ₃
Total		631,06	

Fuente: Elaboración propia

✓ **Eficiencia de la línea**

$$E = \frac{631,06}{7 \times 161,37} \times 100 = 55,86\%$$

✓ **Tiempo muerto**

$$TM = 7 \times 161,37 - 631,06 = 498,55 \text{ min}$$

✓ **Tiempo por línea (minutos)**

$$TML = 3 \times 161,37 = 484,11 \text{ min}$$

✓ **Minuto total del operario**

$$MTO = \left(\frac{78,86}{3} + \frac{90,78}{3} + \frac{67,19}{3} + \frac{161,37}{3} + \frac{126,30}{3} + \frac{58,52}{3} + \frac{48,04}{1} \right) = 242,38 \text{ min}$$

3.1.2.6 Cuadro resumen de indicadores actuales del proceso

Tabla 55. Cuadro resumen de indicadores actuales del proceso

Producto	Tapa soldada	Tubo bruñido	Brida	Émbolo	Tapa roscada	Vástago	Ensamblaje final	Cilindro Hidráulico
Producción	136	118	160	66	85	184	224	17
Capacidad diseñada	386	482	474	141	321	379	594	46
Capacidad utilizada	31,70%	22,01%	30,36%	42,04%	23,81%	43,60%	33,94%	32,69%
Capacidad ociosa	250	364	314	75	236	195	370	29
Utilización	35,23%	24,48%	33,76%	46,81%	26,48%	48,55%	37,71%	36,96%
Productividad de MP	68	5,62	160	66	42,5	3,16	3,20	0,24
Productividad de MO	45,33	39,33	53,33	22,00	28,33	61,33	74,67	5,67
Productividad H-h	5,41	5,86	7,81	0,96	2,82	7,20	13,70	0,08
Tiempo de valor agregado	57,76	69,18	52,40	136,21	94,68	49,12	48,04	507,39
Tiempo de valor no agregado	21,10	21,60	14,79	25,16	31,62	9,40	-	123,67

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56. Cuadro resumen de indicadores generales del proceso actual

Indicador	Valor
% de actividades productivas según tiempo	3,78%
% de actividades improductivas según tiempo	96,22%
% de actividades productivas según cantidad	53,25%
% de actividades improductivas según cantidad	46,75%
% de nivel de servicio	55,32%
Pérdidas económicas por pedidos no atendidos (S/)	40 320
% de días sin producción	24,28%
% de materiales abastecidos	56,12%
% de materiales desabastecidos	43,88%
% de tiempo de valor agregado	84,03%
% de tiempo de valor no agregado	15,97%

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra la tabla resumen con el cálculo de variables según el balance de línea. Para hallar el minuto total del operario, solo se sumó los tiempos por cada estación y se multiplicó por la cantidad de operarios que intervienen. De esta forma, se ha determinado que la empresa H+S Hidráulica S.AC. tiene una eficiencia de línea del 55,86% y un 50,07% de balance.

Tabla 57. Cálculo de variables según el balance de línea

Producto	Tiempo muerto (min)	Minuto total del operario	Cuello de botella (min)	Número de operarios	Total minutos por línea	Eficiencia de la línea	% de balance
Tapa soldada	71,88	30,22	25,12	3	75,37	52,31%	40,09%
Tubo bruñido	90,46	26,43	20,49	3	60,41	50,08%	43,74%
Brida	55,75	29,66	21,26	3	61,47	54,66%	48,24%
Émbolo	180,98	62,35	68,47	3	205,41	47,14%	30,35%
Tapa roscada	84,86	37,39	30,17	3	90,5	59,81%	41,31%
Vástago	18,13	36,53	25,55	2	51,11	76,35%	71,47%
Ensamblaje final	33,73	9,61	16,35	1	16,35	58,75%	58,75%
Cilindro Hidráulico	498,55	242,38	161,37	3	484,12	55,86%	50,07%

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Identificación de problemas en el sistema de producción y sus causas

3.1.3.1 Análisis y evaluación de la información del proceso

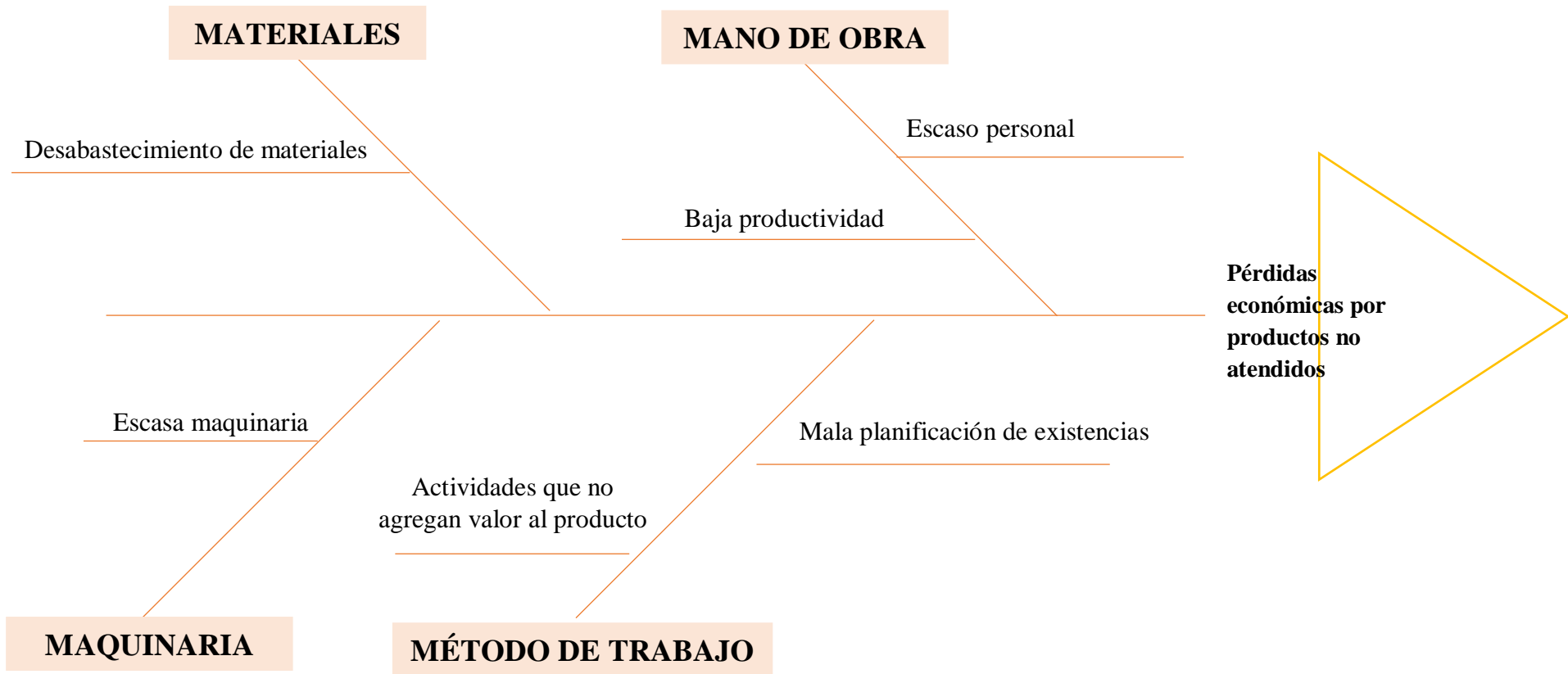


Figura 29. Espina de Ishikawa de la empresa H+S Hidráulica S.A.C.
 Fuente: Elaboración propia

3.1.3.2 Cuadro de Problemas, Causas y Pérdidas

✓ **Pedidos no atendidos**

$$42 \text{ und} \times \frac{960 \text{ soles}}{\text{und}} = 40\,320 \text{ soles}$$

✓ **Días sin producción por desabastecimiento**

$$59 \text{ días} \times 8 \frac{\text{horas}}{\text{d}} = 472 \text{ horas}$$

$$472 \text{ horas} \times \frac{1 \text{ und}}{10,52 \text{ h}} = 44,87 \text{ unidades}$$

$$44 \text{ unidades} \times 960 \frac{\text{soles}}{\text{und}} = 42\,240 \text{ soles}$$

✓ **Tiempo de valor no agregado**

$$123,67 \text{ min} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 2,06 \frac{\text{h}}{\text{und}}$$

$$2,06 \frac{\text{h}}{\text{und}} \times 94 \text{ und} = 193,75 \text{ h}$$

$$193,75 \text{ h} \times \frac{1 \text{ und}}{10,52 \text{ h}} = 18,42 \text{ unidades}$$

$$18 \text{ unidades} \times 960 \frac{\text{soles}}{\text{und}} = 17\,280 \text{ soles}$$

✓ **Tiempo muerto**

$$498,55 \text{ min} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 8,31 \frac{\text{h}}{\text{und}}$$

$$94 \text{ und} \text{ atendidos} \times 8,31 \frac{\text{h}}{\text{und}} = 781,06 \text{ h}$$

$$781,06 \text{ h} \times \frac{1 \text{ und}}{10,52 \text{ h}} = 74,25 \text{ unidades}$$

$$74 \text{ unidades} \times 960 \frac{\text{soles}}{\text{und}} = 71\,040 \text{ soles}$$

De acuerdo a la tabla 58 la empresa ha tenido una pérdida económica de 40 320 soles durante el año pasado por pedidos no atendidos, 42 240 soles por paros de producción ocasionados por el desabastecimiento de materiales, 17 280 soles por el tiempo de valor no agregado que tienen los productos al momento de ser fabricados y de acuerdo al balance de línea existe 498,55 minutos de tiempo muerto, generando que haya una pérdida de 71 040 soles. Estos montos corresponden al tiempo analizado de diciembre a julio en función a los productos que se han dejado de vender por las causas ya antes mencionadas.

Tabla 58. Cuadro de problemas, causas y pérdidas

PROBLEMA	CAUSAS	PÉRDIDA ECONOMICA S/
Pérdidas económicas	1. Pedidos no atendidos	
	1.1 Baja productividad	
	1.2 Escasa maquinaria	40 320
	1.3 Escaso personal	
	2. Días sin producción por desabastecimiento	
	2.1 Mala planificación de existencias.	42 240
	3. Actividades que no agregan valor al producto.	
	3.1 Tiempo de valor no agregado	88 320
	3.2 Tiempo muerto según balance de línea	
	Total	170 880

Fuente: Elaboración propia

3.1.3.3 Ponderación de herramientas

La utilización de una herramienta u otra depende de la estrategia de producción que utilice la empresa, y la estructura del proceso productivo. Para ello, se toma en cuenta distintos criterios que parten de los datos de entrada (inputs), luego se plantea lo que se pretende lograr (objetivos) y el proceso que se necesita desarrollar (metodología).

La selección de la herramienta para la presente investigación, inició con la identificación de todas las herramientas para planear y controlar la producción, luego se identificó sus principales características y se eligió las que mejor responden a la problemática tal como se muestra en los anexos del 9 al 12.

- Por ello, se determinó que la primera herramienta a utilizar es el Plan de Requerimiento de Materiales (MRP). Se reconoce que la aplicación de la herramienta MRP es para demanda dependiente, caso contrario a la demanda del producto analizado, cilindro de doble efecto. Sin embargo, esta a diferencia de otras técnicas clásicas utilizadas para la planificación y control de la producción, es esencial, no para cumplir con la satisfacción del cliente en la elaboración de productos finales, sino para satisfacer las necesidades de producción, que en base al plan maestro de producción se pueden controlar las partes (tubo bruñido, tapa

rosca, émbolo, brida, tapa soldada y vástago) y componentes (guías, limpiadores de jebe y retén) que forman parte del producto final. Esto la convierte en una demanda dependiente, la cual se refiere a elaborar productos finales a partir de componentes, y la demanda de estos últimos depende de la demanda por el producto final. Por lo tanto, se aplica MRP para establecer los requerimientos y la demanda de cada pieza o componente que forman parte del cilindro de doble efecto para un periodo de tiempo determinado.

- La segunda herramienta seleccionada es importante para el control de la producción. El balance de línea tiene como objetivo igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso, dado que una línea de producción equilibrada permite optimizar las variables que pueden afectar la productividad, como los inventarios, los tiempos de fabricación y las entregas de producción. Con la aplicación de esta herramienta se busca balancear la carga de trabajo similar para cada estación de trabajo, satisfaciendo los requerimientos de producción. Además, se pretende conocer los tiempos de ciclo para determinar el número de operarios para cada operación, así como la minimización de las estaciones, todo con el fin de aumentar la productividad y eliminar los desperdicios.

3.1.3.4 Instrumento de orientación de enfoque de Investigación

Tabla 59. Matriz de operacionalización

SISTEMA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA H+S HIDRÁULICA S.A.C. PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS					
ÁREA	PROBLEMA	CAUSA	HERRAMIENTAS	LOGRO	INDICADOR
Producción	Pérdidas económicas por pedidos no atendidos a tiempo	Parada de producción por desabastecimiento de MP	Planeación de requerimientos de materiales (MRP)	Determinar la cantidad de materia prima antes de iniciar el proceso.	Pronóstico de la demanda
					$\Delta NS = \frac{\text{Pedidos atendidos a tiempo}}{\text{Total de pedidos}}$
					$= \frac{\text{Pérdidas por retrasos}}{\text{Ingresos por producto}}$
					$\Delta \text{Producción} = \frac{\text{Tiempo base}}{\text{Ciclo}}$
		Bajo nivel de servicio		Establecer fechas de entrega precisas	$\Delta \text{Productividad total} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Cantidad de recurso empleado}}$
					$\Delta \text{Producción hora - hombre} = \frac{\text{Producción}}{\text{Horas hombre trabajadas}}$
		Baja productividad	Balance de línea	Disminuir el tiempo de ciclo del producto	$\text{Tiempo equilibrado} = \frac{\text{tiempo de ciclo}}{\text{N}^\circ \text{ de operaciones}}$
					$\text{Ciclo real} = \frac{\text{Tiempo de ciclo}}{\text{N}^\circ \text{ de estaciones (redondeado al mayor)}} = \frac{t_p}{n} \leq \text{takt time}$
					$\text{Ciclo máximo} = \frac{\text{Tiempo de ciclo}}{\text{N}^\circ \text{ de estaciones (sin redondear)}} = \frac{t_p}{n}$
		Personal insuficiente			$\Delta \text{Utilización} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad proyectada}}$
		Escasa maquinaria		Mejorar la eficiencia del proceso	$\Delta \text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad efectiva}}$
					$\text{Eficiencia de línea} = \frac{\sum \text{tiempo tareas}}{(\# \text{ ET actual}) \times (\text{Tiempo ciclo})}$
		Tiempo de valor no agregado		Mejorar el flujo de producción	$\text{Número de estaciones} = \frac{\text{Tiempo producción} \times \text{producción diaria}}{\text{Tiempo operación disponible}}$
					$\text{Número de trabajadores} = \frac{\text{Tiempo producción}}{\text{Tiempo flujo equilibrado}}$
Tiempo muerto		Disminuir las actividades que no agreguen valor al producto	$\Delta \% \text{ Actividades productivas} = \frac{\text{Act productivas}}{\text{Total de actividades}} \times 100$		
			$\text{Tiempo muerto} = kc - \sum ti$		

Fuente: Elaboración propia

3.1.3.5 Problemas, causas y propuestas de solución en proceso

- **Problema Principal:**

Pérdidas económicas por pedidos no atendidos.

- **Causas:**

Causas I: Parada de producción por desabastecimiento de materia prima.

Causa II: Bajo nivel de servicio

Causa III: Baja productividad

Causa IV: Personal insuficiente

Causa V: Escasa maquinaria

Causa VI: Tiempo de valor no agregado

Causa VII: Tiempo muerto

- **Propuestas de mejora:**

Mejora I y II: Aplicar el sistema de planeación de requerimiento de materiales (MRP) en la empresa metalmecánica H+S Hidráulica S.A.C. para determinar los requerimientos y la demanda de cada pieza o componente que forman parte del cilindro de doble efecto, teniendo en cuenta un periodo de tiempo determinado.

Mejora III, IV, V, VI, y VII: Mejorar el flujo de producción a través del balance de línea para disminuir los tiempos de espera elevados y desperdicios que no agreguen valor al producto. También, determinar el número de operarios para cada operación, así como la minimización de las estaciones para el mejor flujo de la producción.

3.1.4 Desarrollo de propuesta de mejoras en el sistema de producción

3.1.4.1 Desarrollo de mejoras

- Mejora I

- Análisis estructural del producto

La figura 30 muestra los niveles que posee el producto de análisis. En esta se observa el nivel 1, las 6 partes que lo componen los cuales pasan por un proceso de manufactura y en el nivel 2 se encuentran los accesorios como retén, guías y limpiadores de jebe.

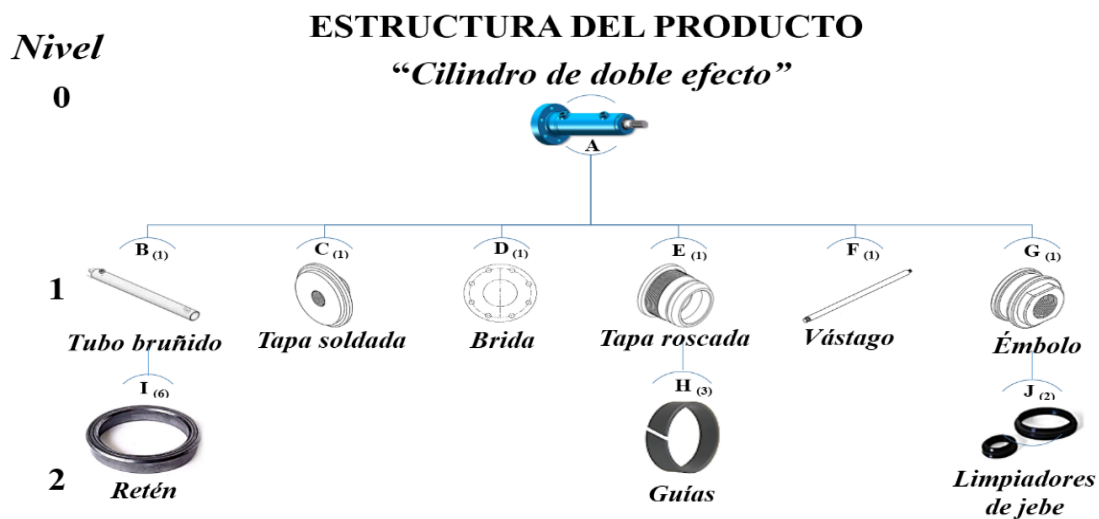


Figura 30. Estructura arboreal del producto

Fuente: Empresa H+S Hidráulica S.A.C.

El desarrollo de esta mejora consistió, en determinar las cantidades de materiales que se requieren para las demandas proyectadas anuales. El tamaño de lote que se ha determinado es de 5 unidades, para ello, se ha determinado primero la lista de materiales para cada uno de los componentes del producto en la tabla 60 y los tiempos de entrega por lotes, tal como se aprecia en la tabla 61.

Tabla 60. Lista de materiales por cilindro de doble efecto

Partes	Cilindro	Acero
Tubo bruñido	1	150,63 kg
Retén o sello	6	-
Tapa soldada	1	7,57 kg
Brida	1	7,27 kg
Tapa rosca	1	14,54 kg
Guías	3	-
Vástago	1	91,56 kg
Émbolo	1	6,96 kg
Limpiador de jebe	2	-

Fuente: Empresa H+S Hidráulica S.A.C.

Tabla 61. Plazo de entrega de lotes por cilindro de doble efecto

Artículo	Lote	Plazo de entrega (días)
Cilindro	5 und	7
Tubo bruñido	5 und	1
Retén o sello	30 und	3
Tapa soldada	5 und	1
Brida	5 und	1
Tapa rosca	5 und	2
Guías	15 und	3
Vástago	5 und	2
Émbolo	5 und	2
Limpiador de jebe	10 und	3
Masa de acero	278,52 kg	5

Fuente: Empresa H+S Hidráulica S.A.C.

La siguiente tabla muestra los datos resumen obtenidos del MRP, estos están en cantidades por mes y de acuerdo a la demanda proyectada del 2019 se deben producir 214 unidades, por lo que el pedido será de 18 unidades mensuales y se tiene que entregar en la semana 4. El plan de necesidades netas se encuentra detallado en el anexo 13.

De acuerdo a la tabla 62 los cilindros de doble efecto deben ser elaborados en dos partes, en la segunda semana se deben producir 10 unidades y los otros 10 en la semana 4, específicamente en el día 9 y 24 de cada mes, para que sean entregados a tiempo. Pero para que esto suceda, el tubo bruñido también debe elaborarse en la misma semana, pero en los días 8 y 23 respectivamente. De esta forma, los sellos o retén, insumos que se colocan en el tubo bruñido, deben comprarse en la primera semana de cada mes, específicamente en el día 6, y 60 unidades más en la tercera semana, exactamente en el día 21. Para el caso de la tapa soldada y la brida deben fabricarse en la semana 2 y 4,

distribuyendo en cada semana 10 unidades, concretamente en los días 8 y 23 de cada mes. Posteriormente, se debe producir 10 unidades de la tapa rosca en las semanas 1 y 4, en los días 7 y 22 respectivamente. En seguida, se deben comprar las guías las cuales deben estar en la empresa 30 unidades para la semana 1 o día 4 y 30 unidades más en la semana 3 o día 19. Después, se deben elaborar 10 unidades del vástago y émbolo, durante las semanas 1 y 4, o los días 7 y 22. Finalmente, se deben comprar los limpiadores de jebe y el acero en la semana 1 y 3; para el caso del primero se deben comprar en los días 4 y 9, 20 unidades cada día. Y para el caso del acero se deben comprar 1 460kg en el día 2, 3, 17 y 18.

Tabla 62. Tabla resumen del requerimiento de materiales.

ARTÍCULOS	SEMANA			
	1 (1-7)	2 (8-14)	3 (15-21)	4 (22-30)
Cilindro hidráulico de doble efecto	-	10	-	10
Tubo bruñido	-	10	-	10
Retén	60	-	60	-
Tapa Soldada	-	10	-	10
Brida	-	10	-	10
Tapa Rosca	10	-	-	10
Guías	30	-	30	-
Vástago	10	-	-	10
Émbolo	10	-	-	10
Limpiador de jebe	20	-	20	-
Masa de acero	2 920	-	2 920	-

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinada las cantidades de materiales y el período de tiempo previsto, se procede a gestionar (saber qué y cuándo comprar) adecuadamente (balanceando los costos de inventario y su nivel de servicio) sus inventarios, mediante el uso de un modelo de gestión de inventarios de tipo período múltiple.

Esta toma en cuenta no solo la cantidad a comprar de estos productos en un tiempo determinado (T), sino que se considera el stock actual al momento de realizar el cálculo (I) y un stock de seguridad con el fin de reducir el riesgo de desabastecimiento.

$$Q = \underline{d}(T + L) + Z\sigma(T + L) - I$$

$$\sigma_{(T+L)} = \sqrt{(T + L)(\sigma_d)^2}$$

Tal como se muestra en la página 57, la empresa posee un nivel de servicio actual de 55,32%, sin embargo, se pretende tener un 95% el cual ha sido determinado por los dueños de la empresa, para conveniencia de esta misma.

Asimismo, se procede a determinar la desviación estándar de la demanda durante el período de revisión (T+L), en este caso, T=30 y L va a depender del tipo de producto, en este caso el valor de L se encuentra detallado en la tabla 63.

$$\sigma_{(T+L)} = \sqrt{(T + L)(\sigma_d)^2}$$

Para determinar la desviación estándar de la demanda se ha utilizado las fórmulas de Wang las cuales primero es importante confirmar que la demanda de artículos y el tiempo de entrega siguen una distribución normal. Esto se ve detallado en los anexos 14 y 15.

Para este caso práctico, simularemos que no existe stock en almacén de ningún material por ende I=0

Tabla 63. Desviación estándar de demanda durante el período de revisión (T+L)

Artículo	Período de revisión (T)	Lead time (L)	Desviación estándar de la demanda diaria (σ_d)	(σ_d)²	$\sigma_{(T+L)}$
Tubo bruñido	30	1	1,301	1,693	7,244
Retén	30	3	1,301	1,693	7,474
Tapa Soldada	30	1	1,301	1,693	7,244
Brida	30	1	1,301	1,693	7,244
Tapa Rosca	30	2	1,301	1,693	7,360
Guías	30	3	1,301	1,693	7,474
Vástago	30	2	1,301	1,693	7,360
Émbolo	30	2	1,301	1,693	7,360
Limpiador de jebe	30	3	1,301	1,693	7,474
Masa de acero (kg)	30	5	1,301	1,693	7,698

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64. Cálculo de la cantidad a solicitar del producto (Q)

Artículo	Demanda	Período de revisión (T)	Nivel de servicio	Lead time (L)	Número de desviaciones estándar (Z)	$\sigma_{(T+L)}$	Stock de seguridad $Z\sigma(T + L)$	Stock actual al momento de realizar el cálculo (I)	Cantidad a solicitar del producto (Q)
Tubo bruñido	20	30	95%	1	0,8289	7,244	6,005	0	626,005
Retén	120	30	95%	3	0,8289	7,474	6,196	0	3 966,196
Tapa Soldada	20	30	95%	1	0,8289	7,244	6,005	0	626,005
Brida	20	30	95%	1	0,8289	7,244	6,005	0	626,005
Tapa Rosca	20	30	95%	2	0,8289	7,360	6,101	0	646,101
Guías	60	30	95%	3	0,8289	7,474	6,196	0	1 986,196
Vástago	20	30	95%	2	0,8289	7,360	6,101	0	646,101
Émbolo	20	30	95%	2	0,8289	7,360	6,101	0	646,101
Limpiador de jebe	40	30	95%	3	0,8289	7,474	6,196	0	1 326,196
Masa de acero (kg)	5 840	30	95%	5	0,8289	7,698	6,381	0	20 4406,381

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior se concluye que a partir de un período de 30 días la cantidad a solicitar del producto es 626 tubos bruñidos, tapa soldada y bridas, 3 966 retenes, 646 tapa rosca, vástagos y émbolos, 1 986 guías, 1 326 limpiadores de jebe y 204 406 kg de masa de acero, las cuales pueden ser barras, masas cuadradas, o tubos. Por lo tanto, al estar abastecido de todos los materiales antes de la fecha de entrega la para el año 2019, las pérdidas económicas se reducirían en 35 808 soles, lo que representa un 88,81%.

Tabla 65. Cuadro comparativo de pérdidas económicas

Número de pedidos	Pedidos atendidos	Pedidos no atendidos	Pérdida económica	Porcentaje
94	52	42	40 320	55,32%
94	89,3	4,7	4 512	95,00%
Total			35 808	

Fuente: Elaboración propia

- **Mejora II**

En la mejora II, se está utilizando como fuente de investigación el artículo escrito por Miño, Moyano y Santillán [5], el cual pretende mejorar el flujo de producción a través del balance de línea para disminuir los tiempos de espera elevados, desperdicios que no agreguen valor al producto y aumentar la eficiencia de la planta.

Para balancear la línea se propone determinar los puestos de trabajo y el número de trabajadores en la empresa, tomando en cuenta el equilibrio del tiempo de las actividades, la producción diaria, el número de estaciones, los ciclos de producción, y el takt time.

Para ello, primero debemos considerar lo siguiente:

Tabla 66. Cuello de botella según el proceso

Producto	Tiempo de producción (min)	Cuello de botella (min)	Capacidad (und/mes)	Proceso
Tapa soldada	78,86	25,12	136	Roscado interno
Tubo bruñado	90,78	20,14	118	Torneado I
Brida	67,19	20,49	160	Torneado II
Émbolo	161,37	68,47	66	Torneado II
Tapa roscada	126,30	30,17	85	Torneado II
Vástago	58,52	25,55	184	Roscado interno
Ensamblaje final	48,04	16,35	224	Colocar y fijar tapa roscada
Cilindro Hidráulico	631,06	161,37	17	

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Tal como se muestra en la tabla anterior, todos los cuellos de botella son los procesos realizados por el torno, puesto que esta máquina es la encargada de realizar todas las operaciones de roscado, desbaste, chaflanado, y torneado. En base a esto, se procede a balancear la línea según el tiempo equilibrado proporcionado por el cilindro hidráulico, de esta forma el tiempo equilibrado en la elaboración de la tapa soldada, por ejemplo, se toma en cuenta todas las operaciones que agregan valor al producto, eliminando de esta forma, los transportes innecesarios, las demora por preparación de la maquinaria, las cuales se encuentran detalladas en las tablas del 39 a 45. Los nuevos tiempos de producción se muestran a continuación:

Tabla 67. Nuevas capacidades de producción

Producto	Tiempo de producción (min)	Cuello de botella (min)	Capacidad (und/mes)
Tapa soldada	57,76	21,5	186
Tubo bruñado	69,18	16,49	156
Brida	52,40	18,48	206
Émbolo	136,21	59,39	79
Tapa roscada	94,68	21,46	114
Vástago	49,12	22,54	219
Ensamblaje final	48,04	16,35	224
Cilindro Hidráulico	507,39	176,21	21

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido los nuevos tiempos de producción y los cuellos de botella, se procede a realizar el balance de línea para cada pieza del cilindro de doble efecto.

- **Tapas soldadas**

1. **Equilibrio del tiempo de las actividades**

$$\text{Tiempo equilibrado} = \frac{57,76 \text{ min/und}}{6} = 9,63 \text{ min}$$

Ajuste o mejora en los procesos de 0,63 min que permita tener un tiempo equilibrado de 9 minutos.

2. **Producción diaria**

$$\text{Producción diaria} = \frac{8 \text{ h} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}}}{9 \text{ min}} = 53,33 \text{ und}$$

3. **Número de estaciones**

$$\text{Número de estaciones} = \frac{57,76 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{21,5 \frac{\text{min}}{\text{día}}} = 2,69 \text{ estaciones} = 3$$

4. **Takt time, ciclo real y ciclo máximo**

$$\text{Ciclo real} = \frac{57,76 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{3 \text{ estaciones}} = 19,25$$

$$\text{Ciclo máximo} = \frac{57,76 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{2,69 \text{ estaciones}} = 21,47$$

5. **Número de trabajadores**

$$\text{Número de trabajadores} = \frac{57,76 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{9} = 6,42 = 7 \text{ trabajadores}$$

6. **Determinación de tiempos por estación**

$$\text{Ciclo real} \leq \text{Takt time}$$

$$19,25 \leq 21,47$$

En función a este valor las operaciones se deberán agrupar en 3 estaciones ya que el ciclo real es menor al takt time, por lo que en la tabla 68 se presenta el tiempo de las nuevas estaciones y en la figura 31 el diagrama de precedencia con las estaciones agrupadas. Se mantendrá la cantidad 7 operarios en todo el proceso.

Tabla 68. Tiempos por estaciones agrupadas

N°	Estación	Tiempo (min)	Tiempo total (min)
1	Tronzado	10,02	15,58
	Centrado	0,44	
	Torneado II	5,12	
2	Torneado I	17,5	20,6
	Chaflanado	3,1	
3	Roscado interno	21,47	21,47

Fuente: Elaboración propia

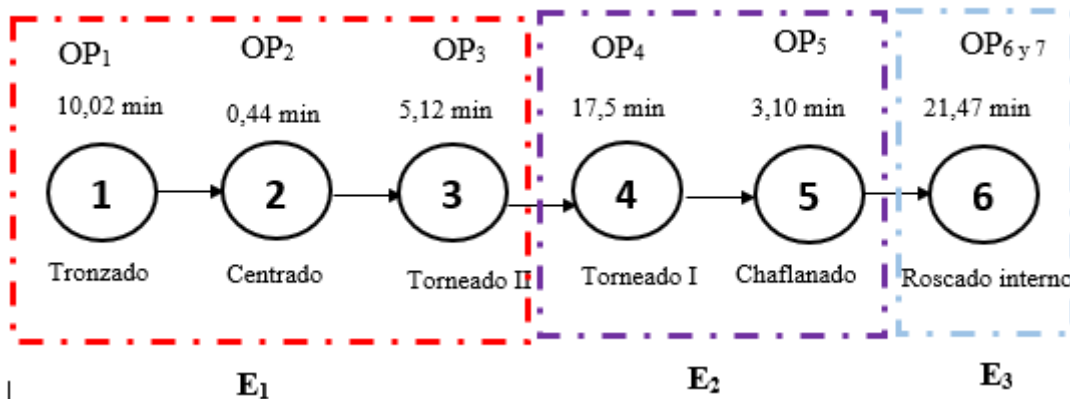


Figura 31. Diagrama de precedencia según las nuevas estaciones

Fuente: Elaboración propia

- Tubo bruñido

1. Equilibrio del tiempo de las actividades

$$\text{Tiempo equilibrado} = \frac{69,18 \text{ min/und}}{9} = 7,67 \text{ min}$$

Ajuste o mejora en los procesos de 0,67 min que permita tener un tiempo equilibrado de 7 minutos.

2. Producción diaria

$$\text{Producción diaria} = \frac{8 \text{ h} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}}}{7 \text{ min}} = 68,57 \text{ und}$$

3. Número de estaciones

$$\text{Número de estaciones} = \frac{69,18 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{16,49 \frac{\text{min}}{\text{und}}} = 4,20 = 5 \text{ estaciones}$$

4. **Takt time, ciclo real y ciclo máximo**

$$\text{Ciclo real} = \frac{69,18 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{5 \text{ estaciones}} = 13,84$$

$$\text{Ciclo máximo} = \frac{69,18 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{4,20 \text{ estaciones}} = 16,47$$

5. **Número de trabajadores**

$$\text{Número de trabajadores} = \frac{69,18 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{7} = 9,88 = 10 \text{ trabajadores}$$

6. **Determinación de tiempos por estación**

$$\text{Ciclo real} \leq \text{Takt time}$$

$$13,84 \leq 16,47$$

En función a este valor las operaciones se deberán agrupar en 5 estaciones ya que el ciclo real es menor al takt time, por lo que en la tabla 69 se presenta el tiempo de las nuevas estaciones y en la figura 32 el diagrama de precedencia con las estaciones agrupadas. Se mantendrá la cantidad 10 operarios en todo el proceso, porque a través de esta forma se logra cumplir con la condición.

Tabla 69. Tiempos por estaciones agrupadas

N°	Estación	Tiempo (min)	Tiempo total (min)
1	Tronzado I	10,59	14,89
	Tronzado II	4,30	
2	Centrado I	2,13	7,71
	Centrado II	1,58	
	Soldadura	4,00	
3	Desbaste	3,26	14,71
	Torneado II	11,45	
4	Roscado interno	16,49	16,49
5	Torneado I	15,38	15,38

Fuente: Elaboración propia

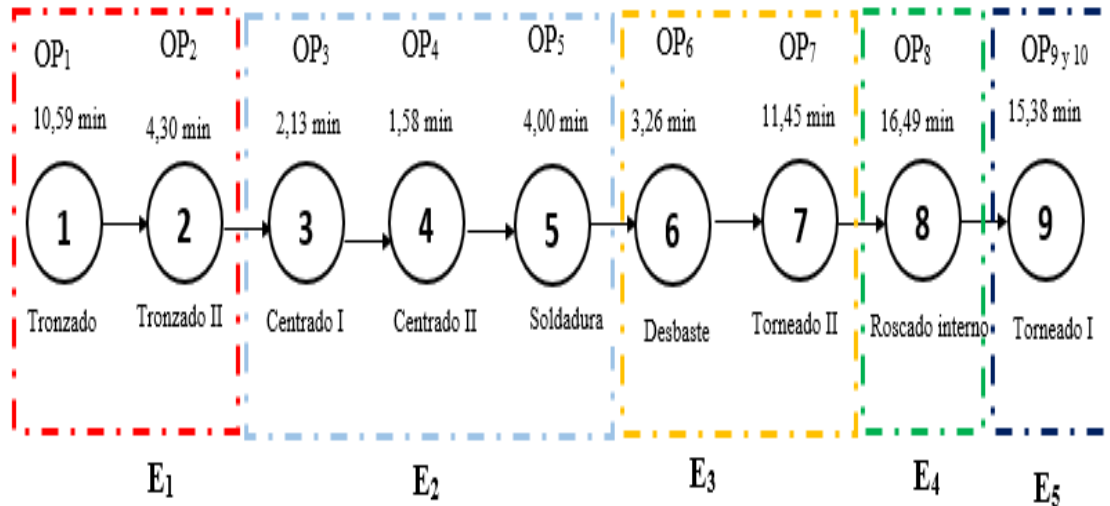


Figura 32. Diagrama de precedencia según las nuevas estaciones

Fuente: Elaboración propia

- **Brida**

1. **Equilibrio del tiempo de las actividades**

$$\text{Tiempo equilibrado} = \frac{52,40 \text{ min/und}}{6} = 8,73 \text{ min}$$

Ajuste o mejora en los procesos de 0,73 min que permita tener un tiempo equilibrado de 8 minutos.

2. **Producción diaria**

$$\text{Producción diaria} = \frac{8 \text{ h} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}}}{8 \text{ min}} = 60 \text{ und}$$

3. **Número de estaciones**

$$\text{Número de estaciones} = \frac{52,40 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{18,48 \frac{\text{min}}{\text{und}}} = 2,84 \text{ estaciones} = 3$$

4. **Takt time, ciclo real y ciclo máximo**

$$\text{Ciclo real} = \frac{52,40 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{3 \text{ estaciones}} = 17,47$$

$$\text{Ciclo máximo} = \frac{52,40 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{2,84 \text{ estaciones}} = 18,45$$

5. **Número de trabajadores**

$$\text{Número de trabajadores} = \frac{52,40 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{8} = 6,55 = 7 \text{ trabajadores}$$

6. Determinación de tiempos por estación

Ciclo real \leq Takt time

$$17,47 \leq 18,45$$

En función a este valor las operaciones se deberán agrupar en 3 estaciones ya que el ciclo real es menor al takt time, por lo que en la tabla 70 se presenta el tiempo de las nuevas estaciones y en la figura 33 el diagrama de precedencia con las estaciones agrupadas. Se mantendrá la cantidad 7 operarios en todo el proceso.

Tabla 70. Tiempos por estaciones agrupadas

N°	Estación	Tiempo (min)	Tiempo total (min)
1	Tronzado I	5,08	17,77
	Centrado I	1,56	
	Torneado I	11,13	
2	Centrado II	8,00	16,15
	Avellanado	8,15	
3	Torneado II	18,48	18,48

Fuente: Elaboración propia

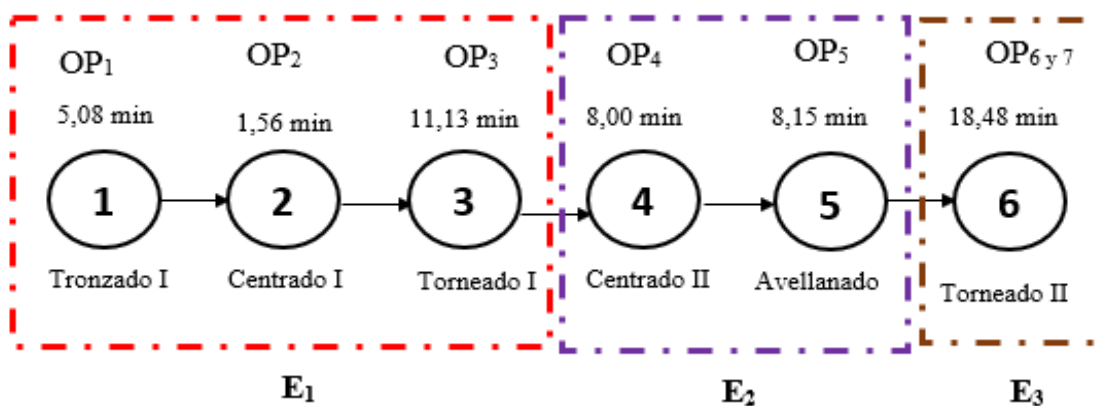


Figura 33. Diagrama de precedencia según las nuevas estaciones

Fuente: Elaboración propia

- **Émbolo**

1. **Equilibrio del tiempo de las actividades**

$$\text{Tiempo equilibrado} = \frac{136,21 \text{ min/und}}{5} = 27,24 \text{ min}$$

Ajuste o mejora en los procesos de 0,24 min que permita tener un tiempo equilibrado de 27 minutos.

2. **Producción diaria**

$$\text{Producción diaria} = \frac{8 \text{ h} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}}}{27 \text{ min}} = 17,78 \text{ und}$$

3. **Número de estaciones**

$$\text{Número de estaciones} = \frac{136,21 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{59,39 \frac{\text{min}}{\text{día}}} = 2,29 \text{ estaciones} = 3$$

4. **Takt time, ciclo real y ciclo máximo**

$$\text{Ciclo real} = \frac{136,21 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{3 \text{ estaciones}} = 45,40$$

$$\text{Ciclo máximo} = \frac{136,21 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{2,29 \text{ estaciones}} = 59,48$$

5. **Número de trabajadores**

$$\text{Número de trabajadores} = \frac{136,21 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{27} = 5,04 = 5 \text{ trabajadores}$$

6. **Determinación de tiempos por estación**

$$\text{Ciclo real} \leq \text{Takt time}$$

$$45,40 \leq 59,48$$

En función a este valor las operaciones se deberán agrupar en 3 estaciones ya que el ciclo real es menor al takt time, por lo que en la tabla 71 se presenta el tiempo de las nuevas estaciones y en la figura 34 el diagrama de precedencia con las estaciones agrupadas. Se mantendrá la cantidad 5 operarios en todo el proceso.

Tabla 71. Tiempos por estaciones agrupadas

N°	Estación	Tiempo (min)	Tiempo total (min)
1	Tronzado I	5,54	45,27
	Centrado I	3,36	
	Torneado I	36,37	
2	Torneado II	59,39	59,39
3	Roscado interno	31,55	31,55

Fuente: Elaboración propia

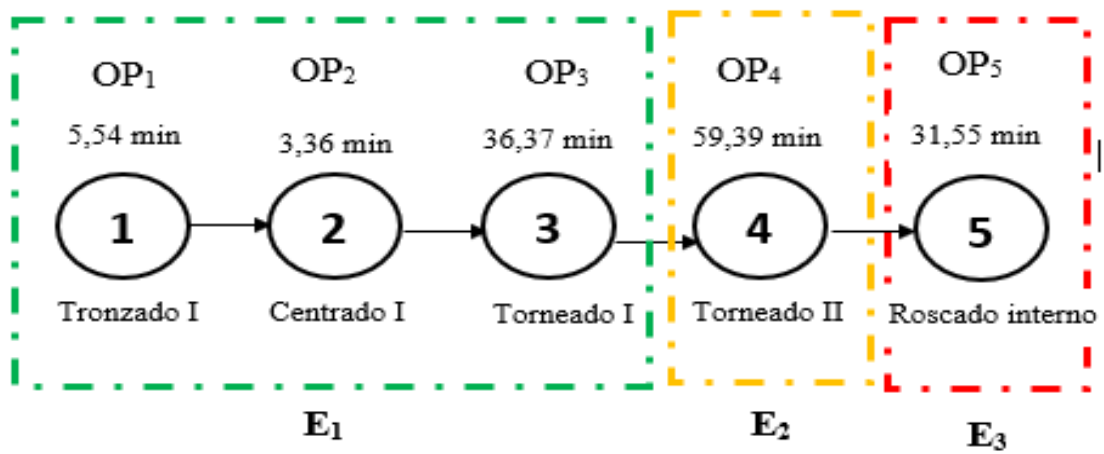


Figura 34. Diagrama de precedencia según las nuevas estaciones

Fuente: Elaboración propia

- **Tapa roscada**

1. **Equilibrio del tiempo de las actividades**

$$\text{Tiempo equilibrado} = \frac{94,68 \text{ min/und}}{7} = 13,53 \text{ min}$$

Ajuste o mejora en los procesos de 0,53 min que permita tener un tiempo equilibrado de 13 minutos.

2. **Producción diaria**

$$\text{Producción diaria} = \frac{8 \text{ h} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}}}{13 \text{ min}} = 36,92 \text{ und}$$

3. **Número de estaciones**

$$\text{Número de estaciones} = \frac{94,68 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{21,46 \frac{\text{min}}{\text{und}}} = 4,41 \text{ estaciones} = 5$$

4. **Takt time, ciclo real y ciclo máximo**

$$\text{Ciclo real} = \frac{94,68 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{5 \text{ estaciones}} = 18,94$$

$$\text{Ciclo máximo} = \frac{94,68 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{4,41 \text{ estaciones}} = 21,47$$

5. **Número de trabajadores**

$$\text{Número de trabajadores} = \frac{94,68}{13} = 7,28 = 7 \text{ trabajadores}$$

6. **Determinación de tiempos por estación**

$$\text{Ciclo real} \leq \text{Takt time}$$

$$18,94 \leq 21,47$$

En función a este valor las operaciones se deberán agrupar en 5 estaciones ya que el ciclo real es menor al takt time, por lo que en la tabla 72 se presenta el tiempo de las nuevas estaciones y en la figura 35 el diagrama de precedencia con las estaciones agrupadas. Se mantendrá la cantidad 7 operarios en todo el proceso. Para lograr tener 4 estaciones se han agrupado actividades de tal forma que se logre un tiempo total menos o igual al takt time, esta distribución se encuentra detallado en la siguiente tabla.

Tabla 72. Tiempos por estaciones agrupadas

N°	Estación	Tiempo (min)	Tiempo total (min)
1	Tronzado I	7,31	10,49
	Centrado I	3,18	
2	Torneado I	21,00	21,00
3	Torneado II	21,46	21,47
4	Chaflanado	9,33	20,73
	Torneado III	11,40	
5	Roscado externo	21,0	21,00

Fuente: Elaboración propia

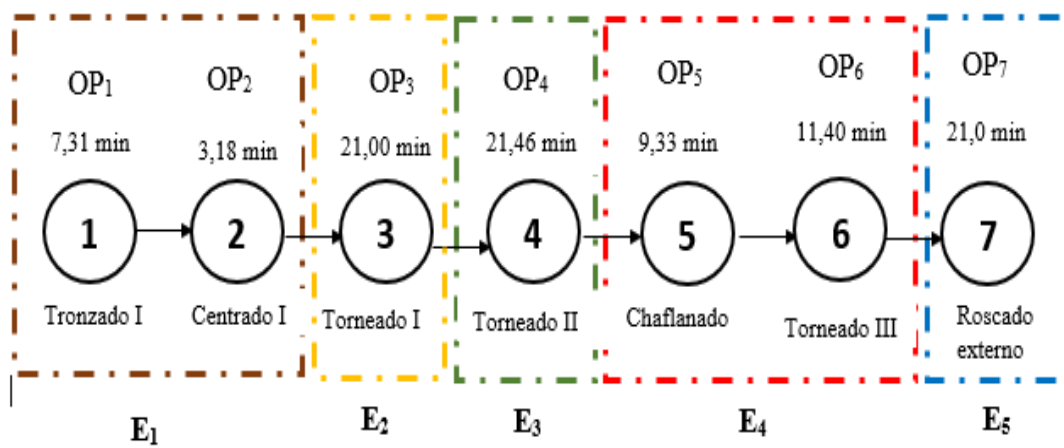


Figura 35. Diagrama de precedencia según las nuevas estaciones

Fuente: Elaboración propia

- Vástago

1. **Equilibrio del tiempo de las actividades**

$$\text{Tiempo equilibrado} = \frac{49,12 \text{ min/und}}{3} = 16,37 \text{ min}$$

Ajuste o mejora en los procesos de 0,37 min que permita tener un tiempo equilibrado de 16 minutos.

2. **Producción diaria**

$$\text{Producción diaria} = \frac{\frac{8 \text{ h}}{\text{día}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}}}{16 \text{ min}} = 30 \text{ und}$$

3. **Número de estaciones**

$$\text{Número de estaciones} = \frac{49,12 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{22,54 \frac{\text{min}}{\text{und}}} = 2,18 \text{ estaciones} = 3$$

4. **Takt time, ciclo real y ciclo máximo**

$$\text{Ciclo real} = \frac{49,12 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{3 \text{ estaciones}} = 16,37$$

$$\text{Ciclo máximo} = \frac{49,12 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{2,18 \text{ estaciones}} = 22,53$$

5. **Número de trabajadores**

$$\text{Número de trabajadores} = \frac{49,12}{16} = 3,07 = 3 \text{ trabajadores}$$

6. **Determinación de tiempos por estación**

$$\text{Ciclo real} \leq \text{Takt time}$$

$$16,37 \leq 22,53$$

En función a este valor las operaciones se deberán agrupar en 3 estaciones ya que el ciclo real es menor al takt time, por lo que en la tabla 73 se presenta el tiempo de las nuevas estaciones y en la figura 36 el diagrama de precedencia con las estaciones agrupadas. Se mantendrá la cantidad 3 operarios en todo el proceso.

Tabla 73. Tiempos por estaciones agrupadas

N°	Estación	Tiempo (min)	Tiempo total (min)
1	Tronzado I	12,01	12,01
2	Roscado interno I	14,57	14,57
3	Roscado interno II	22,54	22,54

Fuente: Elaboración propia

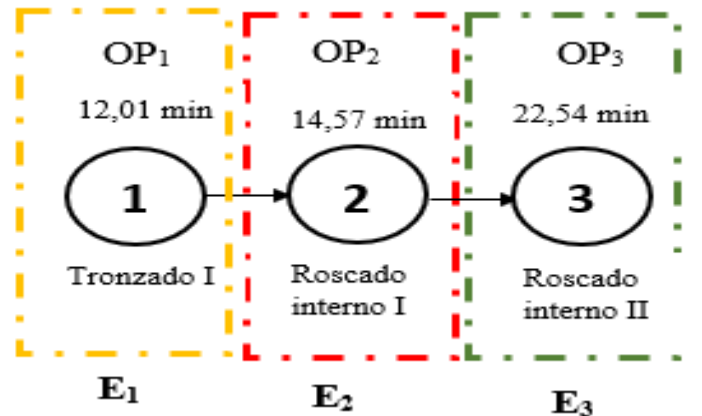


Figura 36. Diagrama de precedencia según las nuevas estaciones

Fuente: Elaboración propia

- **Ensamblaje final**

1. **Equilibrio del tiempo de las actividades**

$$\text{Tiempo equilibrado} = \frac{48,04 \text{ min/und}}{5} = 9,61 \text{ min}$$

Ajuste o mejora en los procesos de 0,61 min que permita tener un tiempo equilibrado de 9 minutos.

2. **Producción diaria**

$$\text{Producción diaria} = \frac{8 \text{ h} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}}}{9 \text{ min}} = 53,33 \text{ und}$$

3. **Número de estaciones**

$$\text{Número de estaciones} = \frac{48,04 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{16,35 \frac{\text{min}}{\text{und}}} = 2,94 \text{ estaciones} = 3$$

4. **Takt time, ciclo real y ciclo máximo**

$$\text{Ciclo real} = \frac{48,04 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{3 \text{ estaciones}} = 16,01$$

$$\text{Ciclo máximo} = \frac{48,04 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{2,94 \text{ estaciones}} = 16,34$$

5. Número de trabajadores

$$\text{Número de trabajadores} = \frac{48,04}{9} = 5,34 = 5 \text{ trabajadores}$$

6. Determinación de tiempos por estación

Ciclo real \leq Takt time

$$16,0 \leq 16,34$$

En función a este valor las operaciones se deberán agrupar en 3 estaciones ya que el ciclo real es menor al takt time, por lo que en la tabla 74 se presenta el tiempo de las nuevas estaciones y en la figura 37 el diagrama de precedencia con las estaciones agrupadas. Se mantendrá la cantidad 5 operarios en todo el proceso.

Tabla 74. Tiempos por estaciones agrupadas

N°	Estación	Tiempo (min)	Tiempo total (min)
1	Colocar y fijar tapa roscada	16,35	16,35
2	Colocar y fijar émbolo	12,52	17,82
	Colocar y fijar tubo bruñido	5,30	
3	Colocar y fijar brida	5,57	13,87
	Colocar y fijar tapa soldada	8,30	

Fuente: Elaboración propia

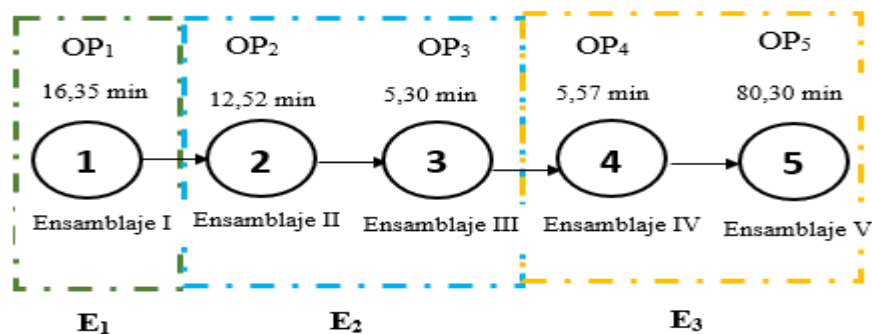


Figura 37. Diagrama de precedencia según las nuevas estaciones

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se balancea la línea para la producción del producto final, tal como se muestra a continuación:

- **Cilindro Hidráulico de doble efecto**

1. **Equilibrio del tiempo de las actividades**

$$\text{Tiempo equilibrado} = \frac{507,39 \text{ min/und}}{7} = 78,48 \text{ min}$$

Ajuste o mejora en los procesos de 0,48 min que permita tener un tiempo equilibrado de 78 minutos.

2. **Producción diaria**

$$\text{Producción diaria} = \frac{8 \text{ h} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}}}{78 \text{ min}} = 6,15 \text{ und}$$

3. **Número de estaciones**

$$\text{Número de estaciones} = \frac{507,39 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{176,21 \frac{\text{min}}{\text{und}}} = 2,87 \text{ estaciones} = 3$$

4. **Takt time, ciclo real y ciclo máximo**

$$\text{Ciclo real} = \frac{507,39 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{3 \text{ estaciones}} = 169,13$$

$$\text{Ciclo máximo} = \frac{507,39 \frac{\text{min}}{\text{und}}}{2,87 \text{ estaciones}} = 176,79$$

5. **Número de trabajadores**

$$\text{Número de trabajadores} = \frac{507,39}{78} = 6,505 = 7 \text{ trabajadores}$$

6. **Determinación de tiempos por estación**

$$\text{Ciclo real} \leq \text{Takt time}$$

$$169,13 \leq 176,79$$

En función a este valor las operaciones se deberán agrupar en 3 estaciones ya que el ciclo real es menor al takt time, por lo que en la tabla 75 se presenta el tiempo de las nuevas estaciones. Se mantendrá la cantidad 7 operarios en todo el proceso.

Tabla 75. Agrupación por estaciones

N°	Estación	Tiempo (min)	Tiempo total (min)
1	Tapa soldada	57,76	176,06
	Tubo bruñido	69,18	
	Vástago	49,12	
2	Émbolo	136,21	175,95
	Ensamblaje I	16,35	
	Ensamblaje II	12,52	
	Ensamblaje III	5,57	
	Ensamblaje IV	5,30	
3	Ensamblaje V	8,30	155,38
	Tapa roscada	94,68	
	Brida	52,40	

Fuente: Elaboración propia

Tal como se ha observado anteriormente, para la elaboración de las 6 piezas que conforman el cilindro de doble efecto, se requiere usar el torno. Esta máquina determina la producción, puesto que en él se realizan los torneados, desbastes, chaflanados, y roscados, cuyos tiempos son los mayores que los demás procesos, convirtiéndolo en cuello de botella. Por lo tanto, se prefiere la compra de un nuevo torno (ver anexo 16 y 17), con el fin de disminuir el tiempo de ciclo del producto aumenta la producción.

Por otro lado, la empresa actualmente cuenta con 3 operarios y de acuerdo al balance de línea requiere de 7 para disminuir los tiempos muertos y aumentar la eficiencia de línea. Los 4 operarios serán distribuidos de tal forma que cada operación logre ser manejada por un operario, por lo tanto, un operario trabajará para la máquina de taladro, otro para el tronzo y soldado, otro para el ensamble y uno para el área de torneado.

A continuación, se presenta la tabla resumen de los principales indicadores encontrados. En la tabla 76 se puede observar una producción diaria de 6 unidades. Asimismo, se deben establecer en 4 estaciones de trabajo, con 7 trabajadores, en promedio. Por último, se calculó un takt time de 176,21 minutos y un tiempo de producción de 507,39 minutos.

Tabla 76. Resumen de los indicadores en el balance de línea

Producto	Tiempo de producción (min)	Takt time (min)	Capacidad (und/mes)	Tiempo de ciclo equilibrado (min)	Producción diaria (und)	N° de estaciones	N° de operarios
Tapa soldada	57,76	21,5	186	9,63	53	3	7
Tubo bruñido	69,18	16,49	156	7,64	68	5	10
Brida	52,40	18,48	206	8,73	60	3	7
Émbolo	136,21	59,39	79	27,24	17	3	5
Tapa roscada	94,68	21,46	114	13,53	36	5	7
Vástago	49,12	22,54	219	16,37	30	3	3
Ensamblaje	48,04	16,35	224	9,61	53	3	5
Cilindro hidráulico	507,39	176,21	21	78,48	6	3	7

Fuente: Elaboración propia

La siguiente figura muestra las nuevas estaciones:

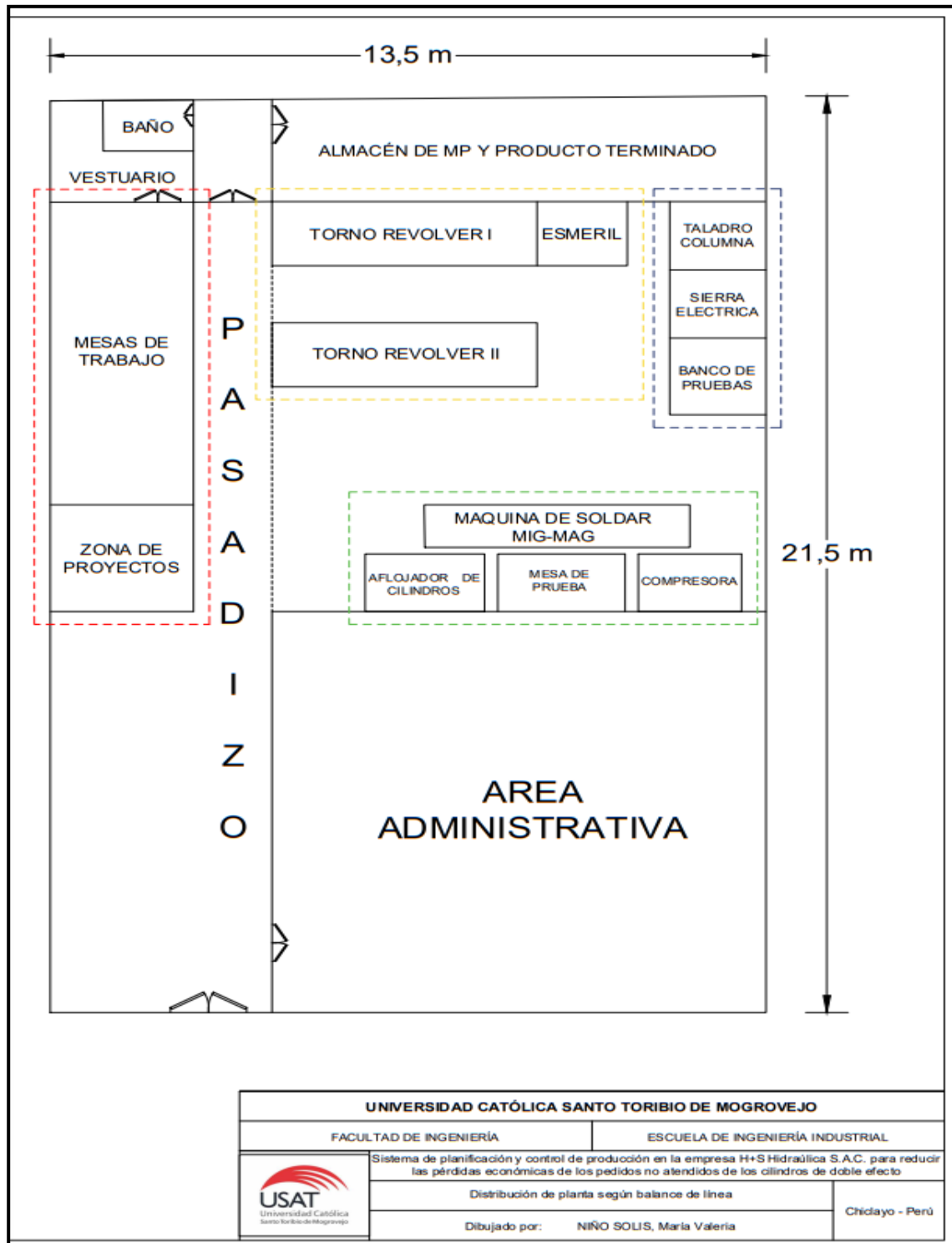


Figura 38. Distribución de planta según estaciones

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinado las nuevas estaciones de trabajo y el número de trabajadores, hallamos nuevamente el % de balance de y la eficiencia de la línea; siguiendo el mismo procedimiento que está detallado en la parte del diagnóstico.

3.1.4.2 Nuevos indicadores del proceso

Tabla 77. Nuevos indicadores del proceso

Producto	Tapa soldada	Tubo bruñido	Brida	Émbolo	Tapa roscada	Vástago	Ensamblaje final	Cilindro Hidráulico
Producción tiempo equilibrado	1 378	1 768	1 560	442	936	780	1 378	156
Capacidad diseñada	1 240	1 591	1 404	397	842	702	1 240	140
Capacidad utilizada	186	156	206	79	114	219	224	21
Capacidad ociosa	1 053	1 435	1 197	318	728	482	1 015	119
Utilización	15,08%	9,81%	14,68%	19,93%	13,54%	31,32%	18,13%	15,16%
Productividad de MP	689	84,19	1 560	442	468	18,14	19,69	2,23
Productividad de MO	196,86	252,57	222,86	63,14	133,71	111,43	196,86	22,29
Productividad H-h	64,09	107,22	84,42	7,44	43,62	34,61	84,28	0,88
Tiempo de valor agregado	57,76	69,18	52,4	136,21	94,68	49,12	48,04	507,39
Tiempo de valor no agregado	21,1	21,6	14,79	25,16	31,62	9,4	-	123,67

Fuente: Elaboración propia

Tal como se muestra en la tabla 78 el cuello de botella lo sigue teniendo el proceso de elaboración del émbolo, pero este ha disminuido a 59,39 minutos. Asimismo, la eficiencia de línea ha aumentado a un 95,98%, y el porcentaje de balance en 41,14%. Estas nuevas estaciones han permitido disminuir el tiempo muerto a 21,24 minutos y aumentar 4 trabajadores.

Para calcular el tiempo muerto, utilizaremos la misma fórmula antes utilizada, la cual toma en cuenta el número de estaciones, el cuello de botella y el tiempo de producción. Esto se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 78. Cálculo del nuevo tiempo muerto

Producto	Número de estaciones	Cuello de botella	Tiempo de producción	Tiempo muerto
Tapa soldada	3	21,5	57,76	6,74
Tubo bruñido	5	16,49	69,18	13,27
Brida	3	18,48	52,40	3,04
Émbolo	3	59,39	136,21	41,96
Tapa roscada	5	21,46	94,68	12,62
Vástago	3	22,54	49,12	18,5
Ensamblaje final	3	16,35	48,04	1,01
Cilindro hidráulico	3	176,21	507,39	21,24

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Tabla 79. Cálculo de los nuevos indicadores en base a la mejora propuesta

Producto	Tiempo muerto (min)	Minuto total del operario	Cuello de botella (min)	Número de operarios	Total minutos por línea	Eficiencia de la línea	% de balance
Tapa soldada	6,74	57,76	21,5	7	150,5	89,55%	38,38%
Tubo bruñido	13,27	69,18	16,49	10	164,9	83,91%	41,95%
Brida	3,04	52,40	18,48	7	129,36	94,52%	40,51%
Émbolo	41,96	136,21	59,39	5	296,95	76,45%	45,87%
Tapa roscada	12,62	94,68	21,46	7	150,22	88,24%	63,03%
Vástago	18,5	49,12	22,54	3	67,62	72,64%	72,64%
Ensamblaje final	1,01	48,04	16,35	5	81,75	97,94%	58,76%
Cilindro hidráulico	21,24	507,39	176,21	7	1 233,47	95,98%	41,14%

Fuente: Elaboración propia

3.1.4.3 Cuadro Comparativo de Indicadores

La siguiente tabla muestra la comparación de indicadores, antes de la mejora y después de ella. En esta se puede observar que la producción ha aumentado en 110 unidades mensuales, y esto se debe por la presencia de 3 nuevos operarios y una máquina nueva que facilita el proceso de torneado, el cual era considerado el cuello de botella para todas las operaciones.

Tabla 80. Cuadro comparativo de indicadores del cilindro de doble efecto

Indicador	Sin mejora	Con mejora
Porcentaje de valor agregado	80,40%	95,82%
Porcentaje de no valor agregado	19,60%	4,18%
Producción (und/mes)	52	156
Capacidad utilizada	17	21
Capacidad diseñada	46	140
Capacidad ociosa (und/mes)	29	119
Utilización	36,96%	15,16%
Productividad de materia prima (kg/mes)	0,24	2,23
Productividad de mano de obra (operario/mes)	5,67	22,29
Productividad horas – hombre (min/mes)	0,08	0,88
N° de operarios	3	7
N° de estaciones	7	4

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Tabla 81. Nuevos indicadores del balance de línea para la tapa soldada

Tapa soldada	Sin mejora	Con mejora
Tiempo muerto (min)	71,88	6,74
Minuto total del operario	30,22	57,76
Cuello de botella	25,35	21,5
N° de operarios	3	7
Total de minutos por línea	75,37	150,5
Eficiencia de la línea	52,31%	89,55%
% de balance	40,09%	38,38%

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Tabla 82. Nuevos indicadores del balance de línea para el tubo bruñado

Tubo bruñado	Sin mejora	Con mejora
Tiempo muerto (min)	90,46	13,27
Minuto total del operario	26,43	69,18
Cuello de botella	20,49	16,49
N° de operarios	3	10
Total de minutos por línea	60,41	164,9
Eficiencia de la línea	50,08%	83,19%
% de balance	43,74%	41,95%

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Tabla 83. Nuevos indicadores del balance de línea para la brida

Brida	Sin mejora	Con mejora
Tiempo muerto (min)	55,75	3,04
Minuto total del operario	29,66	52,40
Cuello de botella	21,26	18,48
N° de operarios	3	7
Total de minutos por línea	61,47	129,36
Eficiencia de la línea	54,66%	94,52%
% de balance	48,24%	40,51%

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Tabla 84. Nuevos indicadores del balance de línea para el émbolo

Émbolo	Sin mejora	Con mejora
Tiempo muerto (min)	180,98	41,96
Minuto total del operario	62,35	136,21
Cuello de botella	68,47	59,39
N° de operarios	3	5
Total de minutos por línea	205,41	296,95
Eficiencia de la línea	47,14%	76,45%
% de balance	30,35%	45,87%

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Tabla 85. Nuevos indicadores del balance de línea para la tapa roscada

Tapa roscada	Sin mejora	Con mejora
Tiempo muerto (min)	84,86	12,62
Minuto total del operario	37,39	94,68
Cuello de botella	30,17	21,46
N° de operarios	3	7
Total de minutos por línea	90,5	150,22
Eficiencia de la línea	59,81%	88,24%
% de balance	41,31%	63,03%

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Tabla 86. Nuevos indicadores del balance de línea para el vástago

Vástago	Sin mejora	Con mejora
Tiempo muerto (min)	18,13	18,5
Minuto total del operario	36,53	49,12
Cuello de botella	25,55	22,54
N° de operarios	2	3
Total de minutos por línea	51,11	67,62
Eficiencia de la línea	76,36%	72,64%
% de balance	71,47%	72,64%

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Tabla 87. Nuevos indicadores del balance de línea para el ensamblaje

Ensamblaje	Sin mejora	Con mejora
Tiempo muerto (min)	33,73	1,01
Minuto total del operario	9,61	48,04
Cuello de botella	16,35	16,35
N° de operarios	1	5
Total de minutos por línea	16,35	81,75
Eficiencia de la línea	58,75%	97,94%
% de balance	58,75%	58,76%

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Tabla 88. Nuevos indicadores del balance de línea para el cilindro hidráulico

Cilindro hidráulico	Sin mejora	Con mejora
Tiempo muerto (min)	498,55	21,24
Minuto total del operario	252,38	507,39
Cuello de botella	161,37	176,21
N° de operarios	3	7
Total de minutos por línea	484,12	1 233
Eficiencia de la línea	55,86%	95,98%
% de balance	50,07%	41,14%

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

3.1.5 Análisis costo beneficio

El análisis financiero se centra en determinar la posibilidad de reducir las pérdidas económicas de acuerdo a las mejoras planteadas en la presente investigación, entre ellas están:

- **Mejora I:** Aplicar el sistema de planeación de requerimiento de materiales (MRP) en la empresa metalmecánica H+S Hidráulica S.A.C. para determinar los requerimientos y la demanda de cada pieza o componente que forman parte del cilindro de doble efecto, teniendo en cuenta un periodo de tiempo determinado.
- **Mejora III, IV, V, VI, VII:** Mejorar el flujo de producción a través del balance de línea para disminuir los tiempos de espera elevados y desperdicios que no agreguen valor al producto. También, determinar el número de operarios para cada operación, así con la minimización de las estaciones para el mejor flujo de la producción.

A continuación, se describe de forma detallada los gastos y beneficios que llevaría la implementación de la propuesta, así mismo el beneficio monetario que generaría.

3.1.5.1 Costos y gastos en cada tapa de implementación

3.1.5.1.1 Pago al personal

Con la propuesta se pretende contratar a 4 operarios más, por lo tanto, se va a determinar el costo fijo mensual que realiza la empresa por el servicio que realizan. A continuación, se presenta las remuneraciones detalladas que percibirían los trabajadores anualmente.

Tabla 89. Remuneración anual para trabajadores

Operario	Cantidad	Salario mensual (S/)	Beneficios (51%)	Sub total Mensual/Op	Total Anual/Op
Tornero II	1	1 200	600	1 800	21 600
Soldador	1	1 000	500	1 500	18 000
Operario - taladro	1	980	490	1 470	17 640
Operario - tronzado	1	980	490	1 470	17 640
TOTAL	4	4 160	2 080	6 240	74 880

Fuente: Elaboración propia

3.1.5.1.2 Compra de materiales

Para la producción de cilindro de doble efecto se requiere comprar acero, sello, limpiadores de jebe y guías, por lo tanto, con la mejora planteada la producción ha aumentada como se detalla a continuación.

Tabla 90. Costo de materiales por unidad de venta

Materiales	Unidad	Precio	Índice de consumo	Monto por unidad (\$)
Acero	kg	1,14	278,52	317,51
Retén o sello	und	0,75	6	4,50
Guías	und	0,6	3	1,80
Limpiador de jebe	und	1	2	2,00
<i>Costo Total de Materiales Directos</i>				325,81
Aceite refrigerante	L	11,11	0,25	2,78
<i>Costo Total de Materiales Indirectos</i>				2,78
Costo de materiales por unidad de venta				328,59

Fuente: Elaboración propia

3.1.5.1.3 Compra de torno paralelo GH-1340A

Durante el diseño del sistema de planificación y control de la producción se ha determinado la compra de un torno paralelo GH-1340A la cual tiene un costo de S/ 28 706,8.

Tabla 91. Depreciación de maquinaria

Descripción	Activos total S/	Valor de recuperación S/	Valor a depreciar S/	Meses a depreciar	Depreciación mensual
Torno paralelo GH-1340A	S/28 706,80	S/0,00	S/28 706,80	12	S/2 392,23

Fuente: Elaboración propia

3.1.5.1.4 Consumo de energía eléctrica

La compra de un nuevo torno generará que se consuma más energía eléctrica, es por ello que se ha determinado dentro de los costos indirectos el costo de suministro el cual es de 2HP que equivale a 1,49 kWh.

Tabla 92. Consumo de energía eléctrica por el nuevo torno

Año	Consumo de energía			Costo por kWh	Costo anual (S/)
	kWh	kWdía	kWmes		
1	1,49	11,93	286,35	2,57	8 831,00

Fuente: Elaboración propia

3.1.5.2 Beneficios

Entre los beneficios que se obtienen con la implementación del sistema están los siguientes:

- ✓ **Beneficios económicos**
 - Ahorro por la compra de materiales a tiempo.
 - Ahorro por producción en menor tiempo.
 - Ahorro por reducción de tiempo muerto.
- ✓ **Beneficios laborales**
 - Mejor desempeño laboral.
 - Trabajadores con menos estrés.
 - Aumento de productividad.

A continuación, se presentan los beneficios en unidades monetarias de acuerdo a las mejoras que se pueden lograr con el diseño del sistema de planificación y control de producción.

Tabla 93. Beneficios en unidades monetarias

Mes	Producción sin mejora (und)	Producción con mejora (und)	Producción (und)	Precio de Venta (S/)	Total de Ingresos (S/)
Enero	22	156	134	960	128 640
Febrero	20	156	136	960	130 560
Marzo	18	156	138	960	132 480
Abril	17	156	139	960	133 440
Mayo	16	156	140	960	134 400
Junio	17	156	139	960	133 440
Julio	21	156	135	960	129 600
Agosto	20	156	136	960	130 560
Setiembre	19	156	137	960	131 520
Octubre	16	156	140	960	134 400
Noviembre	16	156	140	960	134 400
Diciembre	14	156	142	960	136 320
Total	216	1 872	1 656		1 589 760

Fuente: Elaboración propia

3.1.5.3 Flujo de caja

La siguiente tabla muestra el flujo de caja, el cual representa el movimiento de efectivo que tiene la empresa pues se registra los ingresos y egresos en base a la mejora. Tal como se observa la inversión realizada, compra del torno paralelo, se recupera en el primer año, por lo que solo se hallará el costo/ beneficio de la propuesta.

Tabla 94. Flujo de caja de la propuesta

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
INGRESOS												
Cobranzas ventas	128 640	130 560	132 480	133 440	134 400	133 440	129 600	130 560	131 520	134 400	134 400	136 320
Total ingresos	128 640	130 560	132 480	133 440	134 400	133 440	129 600	130 560	131 520	134 400	134 400	136 320
EGRESOS												
Costo de inversión	2 392,23	2 392,23	2 392,23	2 392,23	2 392,23	2 392,23	2 392,23	2 392,23	2 392,23	2 392,23	2 392,23	2 392,23
Mano de obra	6 240,00	6 240,00	6 240,00	6 240,00	6 240,00	6 240,00	6 240,00	6 240,00	6 240,00	6 240,00	6 240,00	6 240,00
Materiales d.	43 658,92	44 310,54	44 962,17	45 287,98	45 613,79	45 287,98	43 984,73	44 310,54	44 636,35	45 613,79	45 613,79	46 265,42
Materiales in. Suministro	372,22	377,78	383,33	386,11	388,89	386,11	375,00	377,78	380,56	388,89	388,89	394,44
Depreciación	735,92	735,92	735,92	735,92	735,92	735,92	735,92	735,92	735,92	735,92	735,92	735,92
Total egresos	199,35	199,35	199,35	199,35	199,35	199,35	199,35	199,35	199,35	199,35	199,35	199,35
Saldo bruto	53 598,64	54 255,82	54 913,00	55 241,59	55 570,18	55 241,59	53 927,23	54 255,82	54 584,41	55 570,18	55 570,18	56 227,36
Impuesto a la renta (30%)	75 041,36	76 304,17	77 566,99	78 198,40	78 829,81	78 198,40	75 672,76	76 304,17	76 935,58	78 829,81	78 829,81	80 092,63
Saldo (después de impuestos)	22 512,40	22 891,25	23 270,09	23 459,52	23 648,94	23 459,52	22 701,83	22 891,25	23 080,67	23 648,94	23 648,94	24 027,79
Depreciación	52 528,95	53 412,93	54 296,90	54 738,89	55 180,87	54 738,89	52 970,94	53 412,93	53 854,91	55 180,87	55 180,87	56 064,84
Saldo final (Defecit/Superavit)	S/199,35	S/199,35	S/199,35	S/199,35	S/199,35	S/199,35	S/199,35	S/199,35	S/199,35	S/199,35	S/199,35	S/199,35
	S/52 728	S/53 612	S/54 496	S/54 938	S/55 380	S/54 938	S/53 170	S/53 612	S/54 054	S/55 380	S/55 380	S/56 264
	304,81	278,00	251,20	237,79	224,39	237,79	291,41	278,00	264,60	224,39	224,39	197,58

Fuente: Elaboración propia

Tal como se muestra en la tabla 95, el indicador de costo/beneficio es de 2,41 soles. Esto quiere decir que por cada sol invertido se obtiene un beneficio de 1,41 soles, por lo tanto, la inversión en este proyecto es rentable.

Tabla 95. Costo - beneficio de la propuesta

Concepto	Total
Costos totales	658 956,03
Beneficios totales	1 589 760,00
Costo / Beneficio	2,41

Fuente: Elaboración propia

3.1.6 Planes de acción para la mejora

Tabla 96. Plan de acción para la mejora

OBJETIVO DE MEJORAMIENTO: Reducir las pérdidas económicas por pedidos no atendidos de cilindros hidráulicos de doble efecto.																		
ACTIVIDAD	RESPON-SABLE	CRONOGRAMA												RECURSOS			PRESU-PTO.	RESULTADO (ENTREGABLE)
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MAT	MO	EQU		
1. Pronóstico de ventas																		Producción a elaborar para los 5 años siguientes
2. Planificación de la producción	Jefe de producción													Formatos		1 PC		Plan de producción y requerimiento de materiales
3. Realizar balance de línea	Jefe de producción													Tablas		1 PC		Reducción de cuellos de botella y tiempos ociosos.
4. Control de la producción	Jefe de producción													Formatos		1 PC		Pedidos entregados en el plazo establecido.

Fuente: Elaboración propia

3.1.7 Evaluación del impacto de la propuesta

El diseño de un sistema de planificación y control de la producción para reducir las pérdidas económicas en una empresa metalmecánica ayudará a la mejor organización y toma de decisiones tanto en el área administrativa como de producción, puesto que podrán trabajar a la par y cumplir con todos los pedidos a tiempo, mejorando de esta forma la reputación de la empresa en el sector.

- Justificación económica

El sistema permitirá hacer buen uso de los recursos, por lo que se verá reflejado en la reducción de costos de producción asociados a la mano de obra, maquinaria, materia prima y tiempo de producción. Esto permitirá el cumplimiento del plazo de entrega de los pedidos y con ello aumento de la rentabilidad de la empresa.

- Justificación social

Durante el desarrollo de los resultados, específicamente en la descripción del problema, la desorganización de las áreas genera estrés, desmotivación y bajo rendimiento en los operarios, por ello es importante diseñar este sistema que permita generar un ambiente más competitivo y un clima laboral adecuado para el mejor desenvolvimiento de los participantes.

- Justificación metodológica

A través de esta investigación se pretende sustituir la planificación empírica actual que desarrolla la empresa H+S Hidráulica S.A.C., por un nuevo sistema de planificación y control de la producción, para que de esta forma se aumente la productividad y contribuya al logro de los objetivos de la empresa.

IV. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

1. Se logró mejorar los problemas del sistema de planificación y control de la producción, reduciendo las pérdidas económicas en un 88,80%, lo que en términos monetarios significa 35 808 soles.
2. Se identificó los problemas de planificación y control de la producción en la empresa H+S Hidráulica S.A.C., determinando cuatro causas que conllevan un nivel de servicio de 55,32% y que generan una pérdida económica de 40 320 soles por productos no atendidos, estos son: desabastecimiento de materiales (43,88%), actividades que no agregan valor al producto (46,75%), baja productividad (0,24 de materia prima y 5,67 de mano de obra) y escasos recursos (máquinas y personal).
3. Se diseñó un sistema de planificación y control de la producción utilizando el Plan de Requerimiento de Materiales (MRP) y el Balance de línea. A través de la primera herramienta se logró determinar qué materiales se deben de comprar, el tiempo y la cantidad a solicitar mediante el uso de un modelo de gestión de inventarios de tipo período múltiple. La segunda herramienta, permite la utilización mejor del personal, de la instalación y equidad entre las cargas de trabajo de los empleados, quienes pueden trabajar en simultaneidad por la adquisición de una nueva máquina de torno y por el contrato de 4 trabajadores. Esto ha permitido aumentar la eficiencia de la línea a 95,98%, la producción en 156 und/mes y la productividad de mano obra a 22,29 und/operario. Además, el tiempo muerto se redujo a 21,24 minutos y el balance de línea aumentó a 9,95%.
4. El sistema de planificación y control de la producción permitirá no tener paradas por desabastecimiento de materiales y cumplir con los plazos de entrega establecidos, obteniendo como resultado del análisis económico financiero un costo beneficio de S/ 2,41, lo cual significa que por cada sol invertido se obtiene una ganancia de 1,41 soles.

4.2 Recomendaciones

1. Se recomienda que la contratación de los 4 nuevos operarios debe involucrar una capacitación para lograr que se integren rápidamente y se adapte al ritmo de producción establecido con el nuevo balance de línea.

2. Al ser esta una investigación, base de conocimiento para investigadores interesados en estos temas, se recomienda aplicar otras herramientas de planeación y control de la producción, como la planeación agregada, la cual es de importancia para mitigar las debilidades de una organización y buscar siempre la mejora continua.
3. Se recomienda que para futuras investigaciones se aplique la herramienta VSM (Value Stream Mapping) para analizar los flujos de materiales e información que se requieren para cumplir con los requerimientos de los clientes.

V. Referencias bibliográficas

- [1] J. Okpara y W. P., «SAM Advanced Management Journal», vol. 72, nº 2, pp. 24-34, 2007.
- [2] B. Avolio, A. Mesones y E. Roca, «Factores que limita el crecimiento de la micro y pequeña empresas en el Perú (MYPES),» *Revista PUCP*, p. 71, 2011.
- [3] M. d. I. Producción, «Estudio de la Situación Actual de las empresas peruanas,» Lima, 2015.
- [4] C. Guzmán, «Andina,» 7 noviembre 2016. [En línea]. Available: <https://andina.pe/agencia/noticia-solo-40-los-2000-talleres-metalmechanica-lambayeque-son-formales-638979.aspx>. [Último acceso: 19 setiembre 2018].
- [5] G. Miño, J. Moyano y C. Santillán, «Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro,» *Redalyc*, vol. XL, nº 2, pp. 110-122, Mayo-agosto 2019.
- [6] S. Sudharsan, A. Balthilak y S. B., «Balancing of Production Line in a Bearing Industry to improve Productivity,» *The Hilltop Review*, vol. 9, nº 2, pp. 98-114, 2017.
- [7] R. Oliveira, R. Silva, A. Manicoba y W. Ferreira, «Dimensionamento do lote no MRP consequenciamento de itens: aplicação em uma empresa de fabricação de PVC,» *Exacta*, vol. 14, nº 4, pp. 567-578, 2016.
- [8] A. Ahmad, A. Nurul y I. Azianti, «Improvement of overall efficiency of production line by using line balancing,» *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 11, nº 12, pp. 7752-7758, 2016.
- [9] G. Miño, E. Saumell, A. Toledo, A. Roldan y R. Moreno, «Planeación de requerimientos de materiales por el sistema MRP. Caso Laboratorio Farmacéutico Oriente. Cuba,» *Scielo*, pp. 208-219, 2015.
- [10] L. Soares, S. Sehnem y M. Andrade, «Análise do planejamento e controle de produção no setor de usinagem, corte e conformação em indústria metal-mecânica,» *Revista de Gestão e Tecnologia*, vol. 4, nº 1, pp. 22-34, 2014.
- [11] J. Rodriguez, «Estudio de sistemas y procedimientos administrativos, México: ECAFSA – Thomson Learning, 2002.
- [12] R. Silva, «Características de los sistemas en las organizaciones perspectivas,» *Redalyc*, nº 23, pp. 149-163, 2009.
- [13] B. Herrera, «ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LAS MYPES y PYMES,» *QUIPUKAMAYOC*, vol. 18, nº 35, pp. 69-89, 2011.
- [14] R. Schroeder, S. Meyer y J. Rungtusanatham, «Inventarios sujetos a una demanda independiente,» de *Administración de operaciones. Conceptos y casos contemporáneos*, México, McGraw-Hill, 2011, pp. 356-387.
- [15] J. Heizer y B. Render, *Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones tácticas*, Madrid: Pearson Educación S.A., 2008.

- [16] F. Alissio, Administración y dirección de la producción - Enfoque estratégico y de calidad, Colombia: Pearson, 2004.
- [17] R. Carro y D. González, «Diseño y selección de procesos,» Facultad de ciencias económicas y Sociales, 2012.
- [18] R. García, Estudio del trabajo, Mexico: McGraw - Hill Interamericana, 2005.
- [19] J. Heizer y B. Render, Dirección de la producción y de operaciones., Madrid: Pearson Education S.A., 2007.
- [20] C. Rojas, Diseño y control de producción, Libertad, Trujillo, 1996.
- [21] D. Sipper y R. Bulfin, Planeación y control de la producción, México: McGraw-Hill Companies, Inc. , 1998.
- [22] S. Corona, «Sistemas de planificación: planificación de necesidades MRP,» de *Implantación de un sistema de aprovisionamiento automático en una empresa del sector aeronáutico*, 2014, pp. 34-62.
- [23] J. Heizer y R. Bary, Principios de administración de operaciones, México: Pearson, 2009.
- [24] C. Portal, «Gestión de stock,» Mc Graw Hill, Paraguay, 2018.
- [25] S. Pértegas y S. Pita, «La distribución normal,» Fistera, Coruña, 2001.
- [26] J. Burbano y A. Ortiz, Presupuestos. Enfoque moderno de planeación y control de recursos, Santafé de Bogotá, Colombia: Editorial Nomos S.A., 1995.
- [27] N. y. Dreivalds, Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño de trabajo, México: Mc Graw-Hill, 2009.
- [28] M. López, G. Martínez, A. Sosa y J. Sosa, «Balanceo de líneas utilizando herramientas de manufactura esbelta,» *El Buzón de Pacioli*, n° 74, 2011.
- [29] R. García, «Balanceo de líneas de producción,» 2017.
- [30] K. Georfe, Introducción al estudio del trabajo, Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo Ginebra, 1996.
- [31] J. Rosero, S. Téllez y P. Omar, «Gestión energética integral en procesos industriales,» *Revista Visión Electrónica*, vol. 7, n° 2, pp. 175-184, 2013.
- [32] L. Botero, «Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción,» *Revista Universidad EAFIT*, n° 128, 2002.
- [33] Truper, «Compresor de aire,» Truper, 2018. [En línea]. Available: <https://www.truper.com/pdf/manuales/19010-11.pdf>. [Último acceso: 23 noviembre 2019].
- [34] Máquinas y Herramientas del Sol S.A. de C.V., «MHS,» [En línea]. Available: http://maquinas-herramientas.com.mx/?page_id=3109. [Último acceso: 14 Octubre 2019].

VI. Anexos

Anexo 1. Especificaciones técnicas de la maquinaria en la empresa H+S Hidráulica S.A.C.

Taladro columna		Torno revolver		Máquina de soldar Mig Mag	
Especificación	Valor	Especificación	Valor	Especificación	Valor
Capacidad de taladrado	60mm	Volteo sobre carro transversal	8-1/4"	Alimentación monofase	230V
Mesa	700x600	Volteo en escote	20"	A	50 -140
Recorrido vertical	800mm	Husillo principal	camlock N°4.	IP	23
Cono Morse	4	Gama de 12 velocidades	40-1800 RPM	Peso	30 Kg
Velocidades	9(50-1084)	Motor principal	3 HP	Regulación	Conmutador
Motor	7,5cv	Peso neto:	1 200kg	Temporizador de soldadura	Por puntos
Compresora de aire		Sierra eléctrica		Esmeril	
Motor	220 V	Tensión de alimentación	220 V	Potencia	3/4 HP
Frecuencia	50 Hz	Frecuencia de alimentación	50 Hz	Velocidad	3600 RPM
Potencia	2 HP	Potencia nominal	1 800 W	Diámetro máximo del disco	8pulg - 203 mm
Presión	195 psi / 13.4 bar	Velocidad sin carga	5 200/min	Eje	5/8 pulg
Tanque	100 L			Peso	18 kg

Fuente: [33]

Anexo 2. Tiempo de producción de la tapa soldada

Tapa soldada					
N	Proceso	Tiempo de observaciones (min)			Tiempo promedio (min)
		O1	O2	O3	
1	Tronzado I	12,05	11,21	11,26	11,51
2	Transportar pieza tronzada	0,59	0,47	0,55	0,54
3	Torneado I	25,11	24,21	24,13	24,48
4	Transportar masa torneada	0,47	0,59	0,58	0,55
5	Preparación de la pieza	0,58	0,48	0,59	0,55
6	Centrado I	1,49	1,57	1,37	1,48
7	Transportar masa centrada	0,42	0,55	0,49	0,49
8	Torneado II	7,33	8,1	7,32	7,58
9	Preparación de la máquina	0,41	0,52	0,52	0,48
10	Roscado interno	25,1	25,06	25,21	25,12
11	Preparación de la máquina	0,38	0,49	0,53	0,47
12	Chaflanado	5,14	5,2	5,03	5,12
13	Transporte de tapa soldada	0,49	0,53	0,45	0,49
Total		79,56	78,98	78,03	78,86

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Anexo 3. Tiempo de producción del vástago

Vástago					
N	Proceso	Tiempo de observaciones (min)			Tiempo promedio (min)
		O1	O2	O3	
1	Tronzado I	14,12	14,1	14,09	14,10
2	Transportar barra cortada	0,41	0,47	0,39	0,42
3	Roscado I	17,43	17,24	17,49	17,39
4	Preparación de máquina	0,55	0,48	0,52	0,52
5	Roscado II	26,1	25,42	25,14	25,55
6	Transportar vástago	0,58	0,52	0,53	0,54
Total		59,19	58,23	58,16	58,53

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Anexo 4. Tiempo de producción de tubo bruñido

Tubo bruñido					
N	Proceso	Tiempo de observaciones (min)			Tiempo promedio (min)
		O1	O2	O3	
1	Tronzado I	12,16	12,32	13,08	12,52
2	Transportar tubo cortado	0,48	0,53	0,51	0,51
3	Centrado I	3,13	3,21	3	3,11
4	Transportar pieza centrada	0,42	0,41	0,39	0,41
5	Torneado I	20,33	19,59	20,49	20,14
6	Transportar pieza torneada	0,51	0,53	0,57	0,54
7	Tronzado II	5,42	5,53	5,48	5,48
8	Transportar pieza tronzada	0,51	0,53	0,42	0,49
9	Desbaste	4,22	4,12	4,13	4,16
10	Transporte pieza con desbaste	0,49	0,59	0,52	0,53
11	Centrado II	2,55	2,59	2,59	2,58
12	Transportar pieza centrada	0,41	0,54	0,52	0,49
13	Torneado II	13,54	13,58	13,59	13,57
14	Preparación de la maquinaria	0,46	0,49	0,53	0,49
15	Roscado interno	18,59	18,55	18,5	18,55
16	transportar pieza con rosca	1,31	1,1	1,05	1,15
17	Soldadura	5,56	5,59	5,52	5,56
18	transporte de tubo bruñido	0,56	0,52	0,44	0,51
Total		90,65	90,32	91,33	90,77

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Anexo 5. Tiempo de producción del émbolo

Émbolo					
N	Proceso	Tiempo de observaciones (min)			Tiempo promedio (min)
		O1	O2	O3	
1	Tronzado I	7,39	7,59	7,58	7,52
2	Transportar pieza tronzada	0,43	0,48	0,52	0,48
3	Centrado I	4,39	4,36	4,33	4,36
4	Transporte pieza centrada	0,58	0,41	0,45	0,48
5	Torneado I	42,59	42,26	41,58	42,14
6	Preparación de la máquina	1,09	1,19	1,14	1,14
7	Torneado II	68,39	68,47	68,55	68,47
8	Preparación de la máquina	0,47	0,52	0,46	0,48
9	Roscado interno	35,22	35,12	35,17	35,17
10	Transporte de émbolo	1,09	1,11	1,19	1,13
Total		161,64	161,51	160,97	161,37

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Anexo 6. Tiempo de producción de la brida

Brida					
N	Proceso	Tiempo de observaciones (min)			Tiempo promedio (min)
		O1	O2	O3	
1	Tronzado I	7,18	7,18	7	7,12
2	Transportar pieza tronzada	0,4	0,42	0,41	0,41
3	Centrado I	2,54	2,38	2,49	2,47
4	Transportar pieza centrada	1,12	1,12	1,1	1,11
5	Torneado I	14	14,21	14,14	14,12
6	Transporte pieza torneada	0,43	0,59	0,59	0,54
7	Centrado II	9,14	9,45	9,37	9,32
8	Transporte pieza centrada	0,41	0,59	0,58	0,53
9	Torneado II	20,54	20,34	20,59	20,49
10	Preparación de la máquina	1,19	1,12	1,05	1,12
11	Avellanado	9,48	9,51	9,49	9,49
12	Transporte de brida	0,41	0,54	0,48	0,48
Total		66,84	67,45	67,29	67,19

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Anexo 7. Tiempo de producción de la tapa roscada

Tapa roscada					
N	Proceso	Tiempo de observaciones (min)			Tiempo promedio (min)
		O1	O2	O3	
1	Tronzado I	10,3	10,1	10,2	10,20
2	Transportar pieza tronzada	0,24	0,29	0,41	0,31
3	Centrado I	4,21	4,1	4,11	4,14
4	Transporte pieza centrada	0,48	0,5	0,54	0,51
5	Torneado I	25,05	24,59	25,54	25,06
6	Torneado II	30,19	30,1	30,21	30,17
7	Preparación de la máquina	1,44	1,46	1,42	1,44
8	Chaflanado	11,21	11,14	11,14	11,16
9	Preparación de la máquina	1,45	1,49	1,41	1,45
10	torneado III	15,48	15,41	15,35	15,41
11	Preparación de la máquina	1,51	1,4	1,49	1,47
12	Roscado externo	24,12	24,48	24,58	24,39
13	Transporte de tapa roscada	0,39	0,38	1	0,59
Total		126,07	125,44	127,4	126,30

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Anexo 8. Tiempo de producción del ensamblaje

Ensamblaje					
N	Proceso	Tiempo de observaciones (min)			Tiempo promedio (min)
		O1	O2	O3	
1	Ensamblaje I	16,29	16,32	16,45	16,35
2	Ensamblaje II	12,59	12,56	12,41	12,52
3	Ensamblaje III	5,58	5,53	5,59	5,57
4	Ensamblaje IV	5,41	5,29	5,2	5,30
5	Ensamblaje V	8,35	8,41	8,14	8,30
Total		48,22	48,11	47,79	48,04

Fuente: H+S Hidráulica S.A.C.

Anexo 9. Ponderación de las herramientas a utilizar

Criterio	Planificación de la capacidad	Gestión de inventarios	Planeación agregada	Plan de requerimiento de materiales (MRP)	Balance de línea
Concepto	Es la producción de unidades que puede darse en una instalación en un determinado periodo de tiempo	Esfuerzos que realiza una empresa para gestionar adecuadamente sus inventarios mediante el uso de una estrategia conducida por un modelo.	Determinar la combinación de ritmo de producción, mano de obra y nivel de existencias que minimiza costes y logra satisfacer la demanda prevista.	Sistema que permite la planificación de materiales y gestión de stock de acuerdo a las necesidades de la empresa.	Herramienta que permite el control de la producción.
Resuelve	¿Cuánto puedo producir?	¿Qué comprar? ¿Cuándo comprar?	¿Cómo satisfacer la demanda? ¿cuánto producir? ¿en qué tiempo?	¿Qué comprar? ¿Cuándo comprar? ¿Cuánto comprar?	¿Cómo controlar la producción?
Inputs	<ul style="list-style-type: none"> - Demanda actual y futura. - Aprovechar oportunidades. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demanda de seguridad. - Plazo de entrega. - Tiempo de reaprovisionamiento. - Inventario 	<ul style="list-style-type: none"> - Costos de mantener inventario. - Costo por desabastecimiento. - Costo de subcontratación - Costo de contratación - Costo de despido. 	<ul style="list-style-type: none"> - El programa maestro de producción. - Los registros del estado del inventario. - La lista de materiales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempos de fabricación. - Productividad - Estaciones de trabajo. - Número de operarios.
Finalidad	Aumentar la utilización y la eficiencia.	Aumentar el nivel de servicio	Satisfacer la demanda	Cumplir las fechas de entrega.	Igualar los tiempos de trabajo en todas estaciones del proceso.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10. Cuadro de enfrentamiento de los factores para elegir la herramienta a aplicar

N°	Factores	1	2	3	4	5	6	Punt.	Pond.
1	Aumentar la utilización y la eficiencia	x	0	0	1	0	0	1	4,76%
2	Aumentar el nivel de servicio	1	x	1	1	1	1	5	23,81%
3	Cumplir las fechas de entrega	1	1	x	1	1	1	5	23,81%
4	Tiempo para aplicarlo	0	0	0	x	1	1	2	9,52%
5	El costo de aplicación	1	1	1	1	x	1	5	23,81%
6	Nivel aplicación	1	0	0	1	1	x	3	14,29%
Total								21	100%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11. Calificación según escala

Escala	Calificación
Excelente	10
Muy Bueno	8
Bueno	6
Regular	4
Malo	2

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12. Tabla de ponderación de las herramientas a aplicar

N°	Factores	Peso	Planificación de la capacidad		Planeación agregada		Plan de requerimiento de materiales (MRP)		Balance de línea		ERP	
			Calif.	Punt.	Calif.	Punt.	Calif.	Punt.	Calif.	Punt.	Calif.	Punt.
1	Aumentar la utilización y la eficiencia	4,76%	8	0,38	8	0,38	6	0,29	10	0,48	8	0,38
2	Aumentar el nivel de servicio	23,81%	6	1,43	6	1,43	10	2,38	8	1,90	8	1,90
3	Cumplir las fechas de entrega	23,81%	4	0,95	6	1,43	10	2,38	8	1,90	8	1,90
4	Tiempo para aplicarlo	9,52%	4	0,38	4	0,38	8	0,76	8	0,76	6	0,57
5	El costo de aplicación	23,81%	2	0,48	4	0,95	8	1,90	6	1,43	6	1,43
6	Nivel aplicación	14,29%	4	0,57	4	0,57	8	1,14	6	0,86	6	0,86
			4,19		5,14		8,86		7,33		7,05	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 14. Demanda diaria de cilindros de doble efecto

Artículo	Demanda diaria	Probabilidad
Tubo bruñido	4,615	0,0032
Retén	0,769	0,0194
Tapa Soldada	0,769	0,0032
Brida	0,769	0,0032
Tapa Rosca	2,308	0,0032
Guías	0,769	0,0097
Vástago	0,769	0,0032
Émbolo	1,538	0,0032
Limpiador de jebe	224,615	0,0065
Masa de acero	0,769	0,9450

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15. Tiempos de entrega del proveedor

Artículo	Tiempo de entrega (días)	Probabilidad
Tubo bruñido	1	0,0435
Retén	3	0,1304
Tapa Soldada	1	0,0435
Brida	1	0,0435
Tapa Rosca	2	0,0870
Guías	3	0,1304
Vástago	2	0,0870
Émbolo	2	0,0870
Limpiador de jebe	3	0,1304
Masa de acero	5	0,2174

Fuente: Elaboración propia

Entonces, se obtiene mediante simulación con base en los datos con que se cuenta para cada tiempo de entrega, la demanda diaria promedio, con la finalidad de obtener el coeficiente de correlación entre ambas variables. Al aplicar la fórmula de la desviación estándar, no sale el siguiente valor:

$$\sigma_d = 1,3011$$

Anexo 16. Torno Paralelo GH-1340A



Fuente: [34]

Anexo 17. Ficha técnica del torno paralelo

Característica	Valor
Volteo sobre la bancada	330 mm (13")
Volteo sobre el carro	185 mm
Volteo sobre escote	476mm
Distancia entre puntos	1000mm
Diámetro del husillo	38 mm
Gama de 8 velocidades	70-2000 RPM
Roscas en mm, pulgadas, modulares	
Motor principal	2 HP
Peso Neto	550 kg

Fuente: [34]