

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



**Propuesta de mejora del proceso de fabricación de bocina con pestaña
en la empresa JAMLI SCRL**

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

AUTOR

Luis Alberto Vidaurre Bances

ASESOR

William Enrique Escribano Siesquen

<https://orcid.org/0000-0003-3086-1170>

Chiclayo, 2024

**Propuesta de mejora del proceso de fabricación de bocina con
pestaña en la empresa JAMLI SCRL**

PRESENTADA POR

Luis Alberto Vidaurre Bances

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

Jorge Alberto Villanueva Zapata
PRESIDENTE

Amado Aguinaga Paz
SECRETARIO

William Enrique Escribano Siesquen
VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi familia, porque me ha brindado su apoyo incondicional

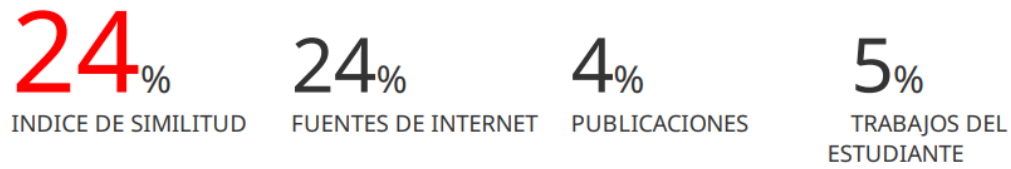
AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.

A mi familia, mis padres y asesores que me brindaron su apoyo a lo largo de la investigación.

Vidaurre

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	9%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	idoc.pub Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	1%
5	dokumen.pub Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%

Índice

Resumen	10
Abstract	11
I. Introducción	12
II. Marco de referencia del problema	13
2.1 Antecedentes del problema.....	13
2.2 Fundamentos teóricos.....	15
2.2.1 Análisis de Pareto	15
2.2.2 Diagramas de pescado.....	16
2.2.3 Diagramas de Gantt	16
2.2.4 Diagrama de operaciones de proceso yde análisis de proceso.....	17
2.2.5 Diagrama hombre máquina.....	19
2.2.6 Distribución de la planta	20
2.2.7 Estudio de tiempos.....	21
2.2.8 Sistema de Westinghouse.....	21
2.2.9 Capacitación.....	22
2.2.10 Proceso de producción	22
2.2.10 Productividad	23
2.2.11 Automatización de procesos industriales	24
2.2.12 Diseño CAD.....	25
III. Resultados	26
3.1 Objetivo 1: Diagnosticar la situación actual del proceso productivo de bocinas con pestaña en la empresa JAMLI S.C.R.L.....	26
3.1.1 La empresa	26
3.1.2 Descripción del sistema de producción.....	28
3.1.3 Análisis para el proceso de producción.....	36
% de actividades productivas: 98%; % de actividades improductivas: 2%	40
3.1.4 Análisis de la información	41
3.1.5 Identificación de problemas en el sistema de producción y sus causas.....	44
3.1.6 Matriz de consistencia.....	54
3.1.7 Causas del problema vs propuestos de solución.....	55
3.1.8 Priorización de propuestas de solución.....	55
3.2 Objetivo 2: Proponer la mejora del proceso de fabricación de bocinas con pestaña en la empresa JAMLI S.C.R.L	58
3.2.1 Propuesta de diseño de puesto de trabajo para forjado en caliente	58
3.2.2 Distribución de planta.....	81

Figura 52. Proyección de distribución de áreas en la empresa	85
3.2.3 Propuesta de implementación de 5S	86
3.2.4 Estandarización de procesos	92
3.2.5 Capacitación al personal	96
3.2.6 Nuevos indicadores	98
3.3 Objetivo 3: Realización del costo beneficio de la propuesta realizada	102
IV. Conclusiones	104
V. Recomendaciones	105
VI. Referencias bibliográficas	106
VII. Anexos	107

Lista de Figuras

Figura 1. Ejemplo de diagrama causa efecto	16
Figura 2. Estructura DOP	18
Figura 3. Símbolos estandarizados ASME	19
Figura 4. Ejemplo de diagrama hombre máquina	20
Figura 5. Sistema de Westinghouse	22
Figura 6. Tecnologías agrupadas en la pirámide de la automatización	24
Figura 7. Frontis empresa	27
Figura 8. Interior empresa	27
Figura 9. Bocina con pestaña de 22,5 mm.....	29
Figura 10. Máquina de corte por plasma CNC de alta precisión	30
Figura 11. Barra redonda lisa de 1 pulgada	31
Figura 12. Aceite emulsionable en agua	31
Figura 13. Almacenado de materia prima	32
Figura 14. Habilitado de materia prima.....	33
Figura 15. Torno revolver.....	33
Figura 16. Proceso de torneado.....	34
Figura 17. Proceso de taladrado en torno	34
Figura 18. Herramienta de corte rápido	34
Figura 19. Proceso de tronzado.....	35
Figura 20. Taladro columna.....	35
Figura 21. Broca avellanadora	35
Figura 22. Diagrama de flujo en bloques bocina con pestaña.....	36
Figura 23. Diagrama de operaciones de proceso bocina con pestaña.....	38
Figura 24. Diagrama de análisis de proceso bocina con pestaña	39
Figura 25. Cursograma bocina con pestaña	40
Figura 26. Diagrama de Ishikawa	44
Figura 27. Etapa de maquinado	46
Figura 28. Diagrama hombre máquina.....	46
Figura 29. Concepto general de la propuesta elaborada en Solidworks	60
Figura 30. Subsistema de prensa excéntrica (Vista renderizada en Solidworks)	62
Figura 31. Propuesta de matriz de bocina con pestaña realizada en SolidWorks.....	63
Figura 32. Bocina con pestaña	64
Figura 33. Prensa excéntrica propuesta.....	64
Figura 34. Subsistema de prensa excéntrica	65
Figura 35. Detalle matriz propuesta bocina con pestaña	66
Figura 36. Vista explosionada matriz.....	67
Figura 37. Detalle matriz hembra	68
Figura 38. Soporte matriz hembra.....	69
Figura 39. Detalle matriz macho.....	70
Figura 40. Soporte matriz macho	71
Figura 41. Subsistema de horneado (fragua)	72
Figura 42. Ubicación del subsistema de horneado en el plano general de la propuesta .	73
Figura 43. Vista a detalle de subsistema de horneado.....	73
Figura 44. Subsistema de horneado.....	74
Figura 45. Subsistema de transporte vista renderizada.....	75
Figura 46. Integración de carritos en el sistema propuesto.....	75
Figura 47. Subsistema de transporte	76

Figura 48. Imagen referencial para forjado en caliente	80
Figura 49. Imagen referencial horno fragua.....	80
Figura 50. Grafica relacional de actividades	83
Figura 51. Diagrama de relaciones de las actividades.....	84
Figura 52. Proyección de distribución de áreas en la empresa.....	85
Figura 53. DOP Propuesto	98
Figura 54. DAP Propuesto	99
Figura 55. Vista renderizada general del diseño propuesto.....	107

Lista de Tablas

Tabla 1. Lista de productos para unidades motorizadas	28
Tabla 2. Equipos y herramientas requeridas para el proceso	32
Tabla 3. Cálculo de tiempo promedio.....	36
Tabla 4. Producción año 2019.....	41
Tabla 5. Capacitación personal operario.....	45
Tabla 6. 5WH de la etapa de habilitado de materia prima.....	48
Tabla 7. 5WH de la etapa de desbaste, acabado, taladrado y tronzado	49
Tabla 8. 5WH de avellanado.....	50
Tabla 9. Tiempo de transporte actual	51
Tabla 10. Cuadro resumen de indicadores.....	53
Tabla 11. Matriz de consistencia.....	54
Tabla 12. Causas del problema vs propuestos de solución	55
Tabla 13. Escala de valoración de factores.....	55
Tabla 14. Factores de priorización	56
Tabla 15. Criterios de valoración	56
Tabla 16. Matriz de enfrentamiento	57
Tabla 17. Diseño del puesto de trabajo de forjado en caliente.....	61
Tabla 18. IPERC puesto de trabajo forjado bocinas con pestaña.....	77
Tabla 19. Identificación de residuos en el puesto de trabajo de forjado en caliente bocinas con pestaña.....	78
Tabla 20. Datos de consumo eléctrico prensa excéntrica	79
Tabla 21. Tabla de relaciones de áreas	82
Tabla 22. Clasificar	86
Tabla 23. Ordenar	87
Tabla 24. Limpieza	88
Tabla 25. Estandarizar.....	89
Tabla 26. Disciplina	90
Tabla 27. Cronograma de implementación 5S.....	91
Tabla 28. Nuevas actividades del proceso propuesto.....	92
Tabla 29. Tiempos promedios estimados en el proceso de producción propuesto	93
Tabla 30. Actividades de preparación y calibración.....	93
Tabla 31. Cálculo de tiempo normal	94
Tabla 32. Cálculo de tiempo estándar	95
Tabla 33. Programa de capacitación al personal de la empresa.....	96
Tabla 34. Cronograma de capacitaciones anual.....	97
Tabla 35. Proyección del nivel de demanda insatisfecha.....	100
Tabla 36. Cuadro resumen de indicadores.....	101
Tabla 37. Costo beneficio de la propuesta.....	102

Resumen

El estudio se enfoca en la organización del rubro metalmecánico JAMLI S.C.R.L., dedicada a la fabricación de todo tipo de repuestos para mototaxis en la región Lambayeque. Una de las piezas principales que fabrica son las bocinas con pestaña, la cual cuenta con una gran demanda en el mercado no atendida en su totalidad y con procesos de fabricación que presentan una baja productividad debido a diferentes causas, lo que genera un impacto económico negativo de 22 893,6 soles en utilidad contra la empresa. Frente a este problema se planteó la siguiente pregunta ¿de qué manera se puede mejorar el proceso de fabricación de bocinas con pestaña en la empresa JAMLI S.C.R.L.?

Se logró proponer un nuevo puesto de trabajo para el proceso productivo, con base en el forjado en caliente. Asimismo, se planteó una nueva distribución de planta, un plan de implementación de 5S, tiempos estándares para el proceso y finalmente un plan de capacitación al personal. Con la mejora realizada, se logró elevar la productividad en un 400% y de esta manera poder atender el total de la demanda del producto en estudio. Se determinó que el proyecto tendrá una inversión total de S/. 22 495, con una tasa interna de retorno del 53%, un valor neto actual de S/. 49 132,56 a un plazo de 5 años y un período de recuperación de 1 año, 7 meses y 27 días, siendo un proyecto muy viable y rentable para la empresa en estudio.

Palabras clave: bocina con pestaña, mejora de procesos, automatización y control de procesos, metalmecánica, demanda insatisfecha.

Abstract

The study focuses on the organization of the metalworking industry JAMLI S.C.R.L., dedicated to the manufacture of all types of motorcycle taxi parts in the Lambayeque region. One of the main parts that it manufactures are the flanged horns, which have a great demand in the market that is not fully attended and with manufacturing processes that present low productivity due to different causes, which generates a negative economic impact of 22 893,6 soles in profit against the company. Faced with this problem, the following question was raised, in what way can the manufacturing process of flanged horns be improved at the company JAMLI S.C.R.L.?

It was possible to propose a new job for the production process, based on hot forging. Likewise, a new plant layout, a 5S implementation plan, standard times for the process and finally a staff training plan were proposed. With the improvement made, it was possible to increase productivity by 400% and thus be able to meet the total demand for the product under study. It was determined that the project will have a total investment of S / . 22 495 with an internal rate of return of 53%, a net present value of S / . 49 132,56 with a term of 5 years and a payback period of 1 year, 7 months and 27 days, being a very viable and profitable project for the company under study.

Keywords: flanged horn, process improvement, process automation and control, metalworking, unmet demand.

I. Introducción

Según la Sociedad Nacional de Industrias (SNI), la industria metalmecánica creció en un 10,2% entre enero y octubre del 2018, respecto a su similar período en el 2017. Esta subida ha sido impulsada debido a la mayor demanda interna generada por el crecimiento de la inversión pública y privada, ya que este segmento provee de artículos y suministros importantes para la industria, minería, construcción y transporte. Es por ello, que es necesario atender la demanda creciente del sector metalmecánico proponiendo una oferta completa con productos orientados a mejorar su productividad y reducción de costos a lo largo de su proceso, sin descuidar la calidad y la seguridad y salud de los trabajadores que forman parte del sector [1].

JAMLI S.C.R.L. es una empresa metalmecánica ubicada en Lambayeque dedicada a la producción y comercialización de repuestos para mototaxis, un vehículo menor muy conocido y populoso en el Perú. Una de las piezas principales que fabrica, es la bocina con pestaña, con una gran demanda en el mercado que aún no logra ser atendida en su totalidad por la gran cantidad de mototaxis presentes en la región. En Lambayeque nada más, se estima una cantidad de 80 000 mototaxis que circulan en la ciudad, por día [2].

El proceso de fabricación de la bocina con pestaña presenta una baja productividad que no permite cumplir con la demanda total del producto, lo cual le genera importantes pérdidas económicas que ascienden a 22 893,6 soles en utilidad a la empresa en estudio.

Es por ello, que se planteó la siguiente interrogante, ¿de qué manera la mejora de la fabricación de la bocina con pestaña permite cumplir con la demanda de dicho producto?

Como objetivo general de la investigación, se tiene proponer la mejora del proceso de fabricación de la bocina con pestaña en la empresa JAMLI S.C.R.L. Para dar cumplimiento a tal objetivo, se diagnosticará la situación en el período de estudio del proceso de fabricación de la bocina con pestaña. Luego, se propondrá la mejora adecuada para elevar los indicadores del proceso de fabricación, y por último se realizará el análisis costo beneficio del proyecto realizado.

El estudio es importante y se justifica desde el punto de vista económico, debido a que la empresa JAMLI S.C.R.L, contará con un proceso mejorado que le permitirá elevar sus niveles de productividad y por ende, cubrir con su demanda insatisfecha en el producto de la bocina con pestaña. Desde el punto de vista académico el estudio es importante debido a que servirá de referencia para otros investigadores que deseen trabajar investigaciones relacionadas a la mejora de procesos en empresas del rubro.

II. Marco de referencia del problema

2.1 Antecedentes del problema

Carrillo et.al, 2019, en su investigación “Lean Manufacturing: 5S y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmeccánica en Cartagena, Colombia”, tuvo como objetivo establecer una propuesta de implementación de lean manufacturing por medio del uso de herramientas de producción esbelta como TPM y 5S, con el fin de aprovechar oportunidades de mejora y la optimización de recursos y procesos. La metodología se basó en realizar mediciones del sistema actual vs el propuesto, teniendo como principal resultado una mejor operación, el manejo correcto de las rutinas de trabajo, el ambiente de las instalaciones y una mejora de la motivación de todos los colaboradores de la empresa. Se eliminó 371 kg de material innecesario, se aumentó el área de trabajo en un 22% y se redujo en un 47% los mantenimientos correctivos [3]. Este antecedente será de contribución al estudio para visualizar la aplicación de la metodología 5S en una empresa metalmeccánica y los resultados que genera.

Buchari et.al, 2017, en su investigación “Production Layout Improvement by using balancing and Systematic Layout Planning (SLP) at PT.X.YZ”, tuvo como objetivo obtener la asignación de elementos de trabajo a puestos específicos y proponer una mejora en la distribución de planta mediante el sistema SLP. La metodología se basó en diagnosticar la situación actual de la empresa, la cual evidenció una línea de producción desequilibrada, la existencia de un patrón de flujo irregular y una excesiva cantidad de distancias. A continuación, se procedió a equilibrar la línea y a proponer una nueva distribución que tuvo como principal resultado una eficiencia de la línea del 84,86%, una reducción de la longitud de transportes del 37,2% [4]. Este antecedente será de contribución al estudio para visualizar la aplicación de la metodología Systematic Layout Planning (SLP) y los resultados que genera.

Buchari et.al, 2017, en su investigación “Production Layout Improvement by using balancing and Systematic Layout Planning (SLP) at PT.X.YZ”, tuvo como objetivo obtener la asignación de elementos de trabajo a puestos específicos y proponer una mejora en la distribución de planta mediante el sistema SLP. La metodología se basó en

diagnosticar la situación actual de la empresa, la cual evidenció una línea de producción desequilibrada, la existencia de un patrón de flujo irregular y una excesiva cantidad de distancias. A continuación, se procedió a equilibrar la línea y a proponer una nueva distribución que tuvo como principal resultado una eficiencia de la línea del 84,86%, una reducción de la longitud de transportes del 37,2% [4]. Este antecedente será de contribución al estudio para visualizar la aplicación de la metodología Systematic Layout Planning (SLP) y los resultados que genera.

Seclen, 2016, en su investigación “Crecimiento empresarial en las pequeñas empresas de la industria metalmecánica de Lima: un estudio de casos múltiple”, tuvo como objetivo analizar el contexto de crecimiento de las pequeñas empresas de la industria metalmecánica de Lima. Como principal resultado, se halló que las empresas de este rubro tienen una estructura vertical y jerarquizada, donde la toma de decisiones está centrada en una sola persona, que sería el dueño y/o gerente, y que no necesariamente tiene el perfil empresario sino de técnico o universitario con experiencia en la fabricación. Esto limita a las empresas a implementar políticas de calidad y de crecimiento empresarial. Se halló además que no capacitan a su personal, debido al bajo nivel exigido de calidad por parte del mercado nacional, lo cual poco a poco disminuye su nivel de competitividad y productividad. Se halló además que son pocas las personas generadoras de conocimiento, investigación y desarrollo que permita a la empresa mejorar incrementalmente sus procesos y productos [5]. Este antecedente será de contribución al estudio para determinar el perfil necesario para el nuevo puesto de trabajo a implementar y como evidencia de la importancia de la capacitación en los colaboradores de las empresas.

Piñero et.al, 2018, en su investigación “Programa 5S para el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad en los puestos de trabajo”, tuvo como principal objetivo realizar un estudio de la metodología 5S para la mejora de la calidad y productividad en los puestos de trabajo. El tipo de investigación realizada fue documental, ya que permitió estudiar las reflexiones de diferentes autores para evidenciar la importancia y expansión de la aplicación de las 5S en diferentes países de Latinoamérica. Se tuvo como principal resultado que esta herramienta logra el compromiso en el mejoramiento continuo entre todos los trabajadores, el incremento de la competitividad y la calidad en los productos y servicios ofrecidos [6]. Este antecedente será de contribución al estudio para visualizar la

aplicación de la metodología 5S en una empresa metalmecánica y evidenciar la importancia en la productividad de la misma.

Ali et.al, 2016, en su investigación “Productivity Improvement of a manufacturing facility using systematic layout Planning”, tuvo como objetivo explicar la aplicación de la planificación de diseño sistemática (SLP) en el desarrollo de un nuevo diseño de planta. La investigación halló que con el aumento de la población, la demanda hacia las empresas se ha visto muy incrementada, lo que conduce al aumento constante de las tasas de producción. Una alternativa que permite elevar los indicadores de producción y productividad es la metodología SLP que permite un correcto flujo de materiales. El estudio tuvo como resultado cuatro posibles reordenamientos para una multinacional que fabrica un producto con alta variedad con una mejora en la distancia, reducción del tiempo de entrega y aumento el valor agregado. El diseño propuesto también enfatiza una mejor integración en todos los departamentos de producción de la instalación [7]. Este antecedente será de contribución al estudio para visualizar la aplicación de la metodología Systematic Layout Planning (SLP) y los resultados que genera.

2.2 Fundamentos teóricos

2.2.1 Análisis de Pareto

El área de enfoque para la resolución de cualquier problema puede desarrollarse mediante una herramienta desarrollada por el economista Vilfredo Pareto. En el análisis de Pareto, los elementos de interés son reconocidos y medidos con una misma escala para posteriormente ordenarlos en orden descendente, como una distribución acumulativa. De esto se concluye que, el 20% de los elementos evaluados representan el 80% o más de la actividad total. Como consecuencia, a esta herramienta se le conoce como la regla 80 20 [8].

La regla 80 20 aplicada al mundo empresarial puede demostrar que el 80% del inventario total se encuentra en el 20% de los artículos del inventario, o 20% de los trabajos provocan el 80% de los accidentes laborales. Esto permite concentrar y enfocar los esfuerzos sólo en algunos trabajos que generan la mayor parte de los problemas que se viven en el mundo industrial [8].

2.2.2 Diagramas de pescado

Se les conoce también como diagramas causa efecto. Esta herramienta fue desarrollada por Ishikawa a principio de los años de 1950 mientras laboraba en un proyecto de control de calidad para la Kawasaki Steel Company. Ishikawa plantea la definición de un problema no deseable como la cabeza del pescado, y luego, reconocer las causas o factores que contribuyen a su conformación que serían las espinas del pescado. El proceso no se concluye hasta detectar todas las causas o espinas de pescado posibles [8].

Las principales causas, por lo general, se dividen en seis categorías principales: humanas, maquinaria, métodos, materiales, medio ambiente y administrativas. Se recomienda que un buen diagrama de pescado tendrá varios niveles de espinas y brindará un panorama completo del problema. Es más, es posible que dentro del proceso previamente ya se pueda identificar soluciones potenciales. Es por ello, que los diagramas, causa efecto han tenido un éxito rotundo en su aplicación a nivel industrial, sobre todo, en los círculos de calidad desarrollado por empresas japonesas [8].

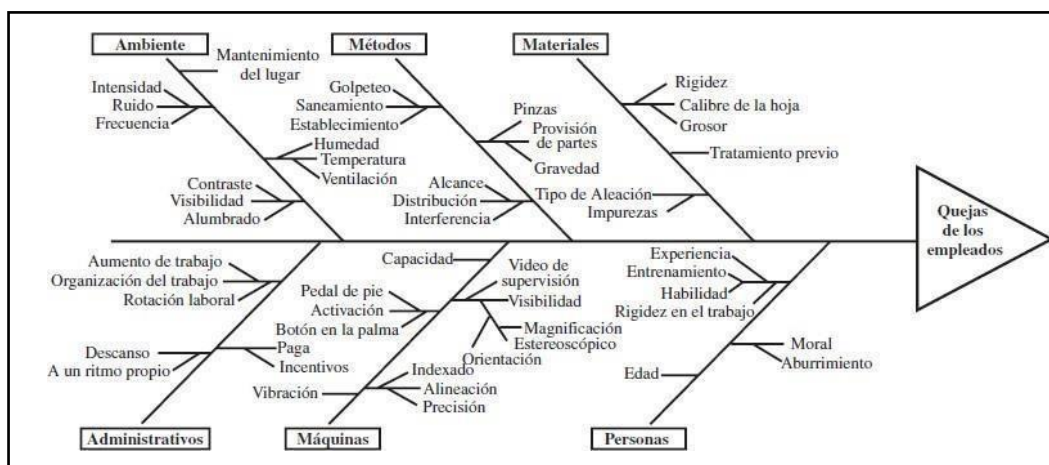


Figura 1. Ejemplo de diagrama causa efecto

2.2.3 Diagramas de Gantt

Nace como una respuesta a querer administrar proyectos y sistemas complejos de una mejor manera. El diagrama de Gantt presenta de una manera sencilla las fechas de

cierre de diferentes actividades de un proyecto en forma de barras graficadas con respecto al tiempo en el eje horizontal. Esta forma de presentación obliga al líder de cualquier proyecto a desarrollar estrategias para cumplir el plan con antelación y proporcionar un vistazo rápido del avance del proyecto en cualquier etapa del mismo [8].

2.2.4 Diagrama de operaciones de proceso y de análisis de proceso

Los diagramas de operaciones de proceso, conocidos como DOP, y los diagramas de análisis de proceso, conocidos como DAP, son herramientas gráficas utilizadas para describir y entender cualquier tipo de proceso. No son usadas para resolver problemas, sino son un medio para lograr determinados fines (reducción de tiempos, de transportes, de esperas, etc) [8].

El diagrama de operaciones de proceso, DOP, muestra la secuencia cronológica de todas las inspecciones y operaciones desde que entra la materia prima hasta que se empaca el producto terminado. Esto permite mostrar al ingeniero analista el efecto de si una operación se cambia en las operaciones precedentes y subsecuentes; visualiza además el método que se está trabajando con todos los detalles posibles y permite finalmente una mejor toma de decisiones. A continuación, se muestra una figura con la estructura mínima que debería tener un DOP [8].

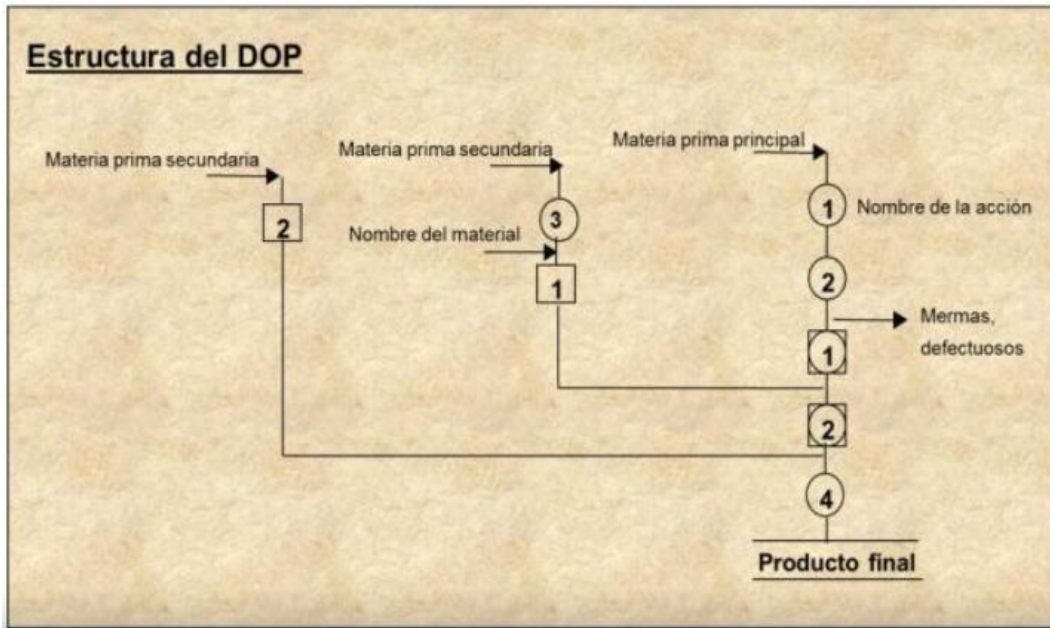


Figura 2. Estructura DOP

En el caso del diagrama de análisis de proceso (DAP), es un diagrama que muestra el recorrido de un producto, señalando todos los hechos que suceden mediante un símbolo correspondiente. Representa todas las actividades y permite documentar actividades realizadas por una persona o equipo, así como para encontrar y eliminar ineficiencias. Los diagramas de análisis de proceso requieren símbolos entre los que se puede nombrar operaciones (círculo), inspecciones (rectángulo), transporte (flechas pequeñas), retrasos (letra D mayúscula) y almacenamiento (triángulo equilátero invertido). Estos símbolos son parte del estándar ya determinados por la ASME [8].





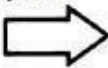




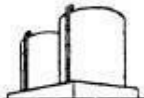










Operación  Un círculo grande indica una operación, como	 Clavar	 Mezclar	 Taladrar orificio
Transporte  Una flecha indica transporte, como	 Mover material mediante un carro	 Mover material mediante una banda transportadora	 Mover material transportándolo (mediante un mensajero)
Almacenamiento  Un triángulo representa almacenamiento, como	 Materia prima en algún almacenamiento masivo	 Producto terminado apilado sobre tarimas	 Archiveros para proteger documentación
Retrasos  Una letra D mayúscula indica un retraso, como	 Esperar un elevador	 Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado	 Documentos en espera a ser archivados
Inspección  Un cuadrado indica inspección, como	 Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad	 Leer el medidor de vapor en el quemador	 Analizar las formas impresas para obtener información

Figura 3. Símbolos estandarizados ASME

2.2.5 Diagrama hombre máquina

Es una herramienta utilizada para medir, estudiar, analizar y mejorar una estación de trabajo a la vez. Permite mostrar la relación de tiempo exacta entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de la operación de la máquina. Esto brinda al analista plantear mejoras hacia una utilización más eficiente del equipo y del tiempo del colaborador, teniendo un balance correcto del ciclo de trabajo en general [8].

Al elaborar un diagrama hombre máquina, es importante contar con información clave como detalles acerca de la máquina, del colaborador que labora en el puesto, la descripción de la operación, el método actual o el método propuesto, la fecha y la persona que elabora el diagrama. Siempre un diagrama hombre máquina muestra las

áreas destinadas al tiempo ocioso por parte de la máquina y del trabajador. Es en estas áreas las ideales para empezar a llevar a cabo las mejoras [8].

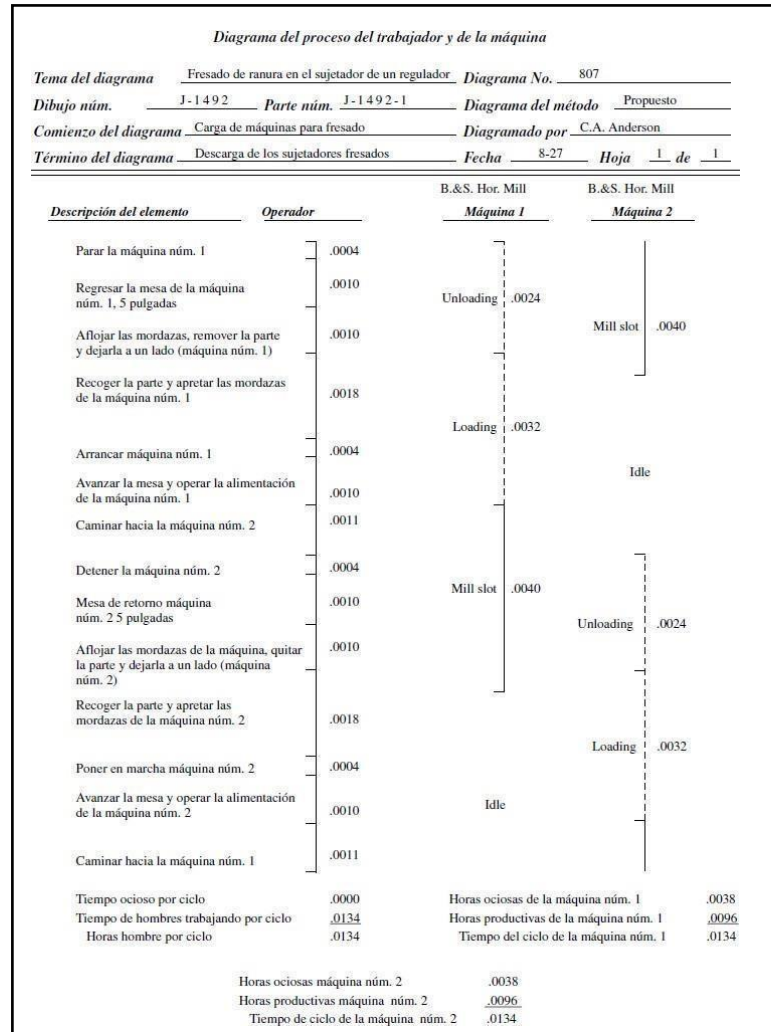


Figura 4. Ejemplo de diagrama hombre máquina

2.2.6 Distribución de la planta

El fin de una distribución de planta se trata de desarrollar un sistema de producción que permita la fabricación del número deseado de productos a bajo costo y con la calidad que se requiere. La distribución de planta constituye un elemento importante de todo sistema de producción que incluye manejo de materiales, control de inventarios y despacho. Lo ideal es integrar cuidadosamente todos los elementos paracumplir con el objetivo establecido. La mala distribución de planta da como resultado costos elevados, debido a los extensos desplazamientos, retrasos y paros de trabajo debido a cuellos de botella en el desperdicio de transporte [8].

2.2.7 Estudio de tiempos

La medición del trabajo representa una mejor forma de establecer estándares de producción. Los estándares de tiempo establecidos con precisión hacen posible incrementar la eficiencia de la maquinaria y de los trabajadores, mientras que los que no están estandarizados permiten costos altos, inconformidades con el personal y posiblemente fallas de toda la empresa [8].

El analista o responsable de estudios de tiempos debe estar seguro que está aplicando el método correcto, registrar con detalle los tiempos tomados, evaluar con total sinceridad el desempeño del trabajador y abstenerse de hacer alguna crítica. La labor del responsable del estudio de tiempo debe ser exacto y confiable. Se recomienda que los instrumentos o equipos requeridos como mínimo incluyan un cronómetro, una calculadora, un tablero con un formato de estudio de tiempos y claro está, un equipo de video grabación también puede ser útil [8].

2.2.8 Sistema de Westinghouse

Es un sistema de calificación que se ha usado durante mucho tiempo. Este sistema considera cuatro factores para evaluar el desempeño del operario: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia [8].

La habilidad es la destreza para seguir con el método dado y es el resultado de las aptitudes y experiencias del trabajador. El esfuerzo es una demostración de la voluntad para trabajar de manera efectiva. Es la velocidad con la que se aplica la habilidad. Las condiciones son aquellas que afectan al trabajador y no a la operación, dentro de las cuales están incluidas el ruido, la luz, la ventilación y la temperatura. El último factor es la consistencia, que tiene que ver, vaya a la redundancia, con que tan consistente es el trabajo del operario. Valga a decir verdades, siempre tiene a haber alguna variabilidad debida a los mismos perturbadores que todo de producción tiene [8].

<u>HABILIDAD</u>			<u>ESFUERZO</u>		
+ 0.15	A1	Extrema	+ 0.13	A1	Excesivo
+ 0.13	A2	Extrema	+ 0.12	A2	Excesivo
+ 0.11	B1	Excelente	+ 0.10	B1	Excelente
+ 0.08	B2	Excelente	+ 0.08	B2	Excelente
+ 0.06	C1	Buena	+ 0.05	C1	Buena
+ 0.03	C2	Buena	+ 0.02	C2	Buena
0.00	D	Regular	0.00	D	Regular
- 0.05	E1	Aceptable	- 0.04	E1	Aceptable
- 0.10	E2	Aceptable	- 0.08	E2	Aceptable
- 0.16	F1	Deficiente	- 0.12	F1	Deficiente
- 0.22	F2	Deficiente	- 0.17	F2	Deficiente

<u>CONDICIONES</u>			<u>CONSISTENCIA</u>		
+ 0.06	A	Ideales	+ 0.04	A	Perfecta
+ 0.04	B	Excelentes	+ 0.03	B	Excelente
+ 0.02	C	Buenas	+ 0.01	C	Buena
0.00	D	Regulares	0.00	D	Regular
- 0.03	E	Aceptables	- 0.02	E	Aceptable
- 0.07	F	Deficientes	- 0.04	F	Deficiente

Figura 5. Sistema de Westinghouse

2.2.9 Capacitación

Los trabajadores son importantes en toda compañía. Sin trabajadores calificados, aptos y capacitados, los indicadores de producción serían menores, la calidad del producto sería menor y la productividad a niveles generales decaería con el tiempo. Es por ello, que cada vez que se plantea una nueva propuesta de mejora y se adecúa el estándar establecido, es clave que los trabajadores se capaciten de forma apropiada para aplicar el método propuesto y llegar así al estándar deseado [8].

2.2.10 Proceso de producción

Definida como la serie de operaciones que logran el avance del producto hacia el tamaño, forma y especificaciones finales. En otras palabras, es el procedimiento seguido en una planta industrial para convertir la materia prima en productos acabados [8].

2.2.10 Productividad

La única forma y manera en que una organización puede crecer e incrementar sus utilidades y ganancias es mediante el aumento de su productividad. Las herramientas claves que generan una mayor productividad implican métodos, estudio de tiempos y diseño de trabajo. Algunos indicadores de productividad son [9]:

- Producción

$$Producción = \frac{Tiempo\ base\ (tb)}{Ciclo\ (c)}$$

El tiempo base puede ser una hora, una semana o un año. El ciclo representa el cuello de botella de la línea productiva y es la estación de trabajo que más tiempo demora.

- Productividad

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

La cantidad de recurso empleado puede ser la materia prima, cantidad de trabajadores, capital económico, etc. Es la producción por unidad de recurso utilizado. Indicadores derivados de la productividad según el tipo de recurso empleado puede generar productividad de mano de obra, productividad de maquinaria, productividad de materiales y productividad total.

- Incremento de la productividad

$$\Delta = \frac{Productividad\ final - Productividad\ inicial}{Productividad\ inicial} \times 100$$

La fórmula presentada anteriormente nos permite medir el incremento de la productividad luego de una propuesta de mejora.

- **Eficiencia física**

$$\text{Eficiencia física} = \frac{\text{Salida útil de MP}}{\text{Entrada de MP}}$$

Es la cantidad de materia prima utilizada en el producto terminado entre la cantidad de materia prima que entró. Es igual o menor a 1.

- **Eficiencia económica**

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

Es la división entre ventas o ingresos y egresos o inversiones para conseguir dicha venta. Debe ser mayor a 1 para poder concluir que se obtienen beneficios.

2.2.11 Automatización de procesos industriales

Conceptualizada como el conjunto de tecnologías agrupadas que permiten alcanzar el desarrollo en cualquier tipo de industrias. Automatizar un proceso industrial implica elevar los indicadores de calidad, producción y disminuir los accidentes e incidentes en el rubro de seguridad industrial [10].

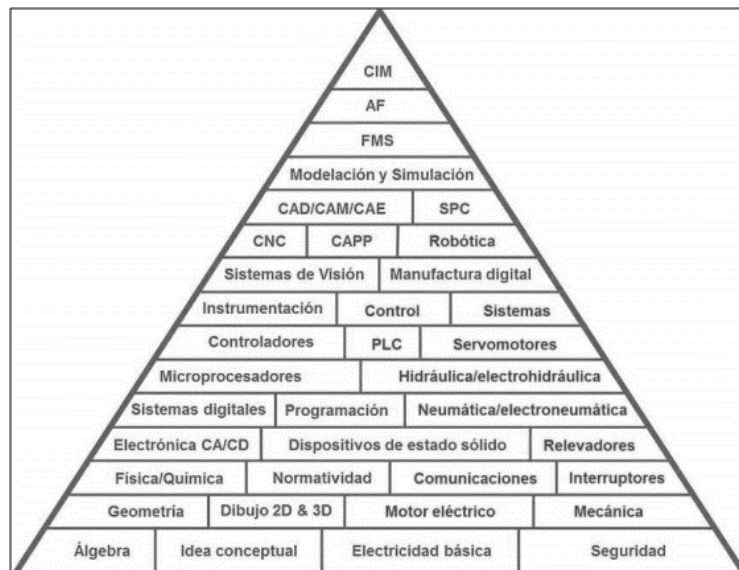


Figura 6. Tecnologías agrupadas en la pirámide de la automatización

Las tecnologías o conocimientos nacen del álgebra, electricidad básica, geometría, dibujo básico, mecánica básica, electrónica digital y cada vez se van agrupando hasta contar con sistemas digitales, neumática, hidráulica, servomotores, PLC, CNC, robótica, SCADA y CIM. Un elemento importante para la automatización de cualquier proceso es el uso de los controladores lógicos programables, conocidos como PLC por sus siglas en inglés. Estos operan mediante señales de entradas y salidas con el fin de controlar máquinas y procesos industriales. Su facilidad y rapidez para programar, su velocidad de procesamiento, su flexibilidad a todo tipo de industrias y la gran cantidad de operaciones que puede procesar lo han convertido como el dispositivo electrónico más óptimo y usado para brindar soluciones en la automatización y control de procesos industriales [10].

2.2.12 Diseño CAD

CAD proviene del nombre diseño asistido por computadora. El diseño CAD permite al ingeniero interactuar virtualmente con el diseño que realiza, proporcionándole toda la información necesaria del equipo a trabajar, asegurando un 90% del éxito y únicamente un 10% de adecuaciones, sin tener que tener el equipo o máquina de manera física. Uno de los softwares más utilizados es el software Solidworks, el cual permite realizar renderizado de imágenes 3D, croquis en 2D y 3D, diseño de superficies, ensamblajes y generación de planos para ploteo [10].

III. Resultados

3.1 Objetivo 1: Diagnosticar la situación actual del proceso productivo de bocinas con pestaña en la empresa JAMLI S.C.R.L.

3.1.1 La empresa

Corporación JAM LI S.C.R.L., es una organización que pertenece al rubro metalmecánico, que inició sus actividades desde el año 2016, y cuyo rubro de trabajo principal gira actualmente en torno a la fabricación de repuestos de unidades motorizadas y de la industria en general. La empresa cuenta con 2 sedes, una en Tumbes y otra en Lambayeque. Para el estudio se tomará en cuenta la sede del departamento de Lambayeque.

A continuación, se presentan datos generales de la empresa donde se realiza la investigación:

- **Razón Social:** Corporación JAM LI.
- **Tipo de empresa:** Sociedad Comercial de Responsabilidad Limitada (S.C.R.L.).
- **RUC:** 20409254498.
- **Año de inicios de actividades:** 2016.
- **Domicilio Fiscal:** Urbanización Los Sauces Manzana B1 Lote 12. Distrito de Pimentel, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.
- **Actividad económica principal:** Industrias básicas de hierro y de acero.
- **Representante legal:** Jorge Bautista Tang.
- **Responsable administración sede Chiclayo:** Dalia Flores Vera.
- **Misión:** Brindar soluciones tecnológicas personalizadas, mediante productos, máquinas, repuestos y servicios de ingeniería y consultoría

- **Principales competidores:** Las empresas con las que compite Corporación JAM LI S.C.R.L., son todas aquellas organizaciones dedicadas a la fabricación, comercialización e importación de productos y repuestos de mototaxis ya sea en el departamento de Lambayeque como en el norte del Perú.
- **Cantidad de trabajadores:** La empresa en estudio en el período de investigación cuenta con 1 administrador, 4 operarios y 2 practicantes.
- **Fotografía de frontis e interior de la empresa:**



Figura 7. Frontis empresa



Figura 8. Interior empresa

3.1.2 Descripción del sistema de producción

a. Productos y servicios

Corporación JAM LI S.C.R.L., fabrica y comercializa sus productos en todo el norte del Perú. Sus principales clientes están dedicados al rubro de la metalmecánica, ventas de repuestos de unidades motorizadas y ensamble de las mismas. La empresa cuenta con los siguientes productos y servicios:

- **Fabricación de repuestos de unidades motorizadas y de la industria en general.**

Dentro de los principales productos que produce y al año 2020, los productos para unidades motorizadas que fabrica la empresa se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Lista de productos para unidades motorizadas

Ítem	Nombre producto	Medida en milímetros (diámetro – longitud - interno)	Color y/o presentación
1	Bocina trapecio con pestaña	22,5 x 25 x 12	Crudo
2	Bocina trapecio con pestaña	23 x 25 x 12	Crudo
3	Bocina trapecio con pestaña	23,5 x 25 x 12	Crudo
4	Bocina trapecio con pestaña	24 x 25 x 12	Crudo
5	Bocina trapecio sin pestaña	25,4 x 35 x 12	Crudo
6	Bujes 3/8 completo	24 x 18 x 3/8	Zinc / tropicalizado
7	Bujes 3/8 x 24 mm	24 x 18 x 3/8	Zinc / tropicalizado
8	Eje carrito 35 mm solo		Crudo
9	Eje carrito 35,5 mm solo		Crudo
10	Eje carrito 35 mm con tuerca		Crudo
11	Eje de carrito 35,5 mm con tuerca		Crudo

12	Separador delantero grande CB-CG	17,2 X 44 X 13	Zinc
13	Separador delantero grande CB - CG	17,2 X 51 X 13	Zinc
14	Separador posterior chico CB – CG	25,4 x 18 x 15	Zinc
15	Separador posterior grande CG - CG	21,3 x 84 x 17	Zinc
16	Tope de carrito 14 mm	25,4 x 22 x 14	Crudo
17	Tope de carrito 15 mm	25,4 x 22 x 15	Crudo
18	Uñas de trapecio R o L		Crudo
19	Trapecio cuadrado con U CG.GL B/ Fierro		Negro
20	Carretos 3/8 x 35 cm con eje, tuerca y tope		Negro
21	Carretos 3/8 x 35,5 cm con eje, tuerca y tope		Negro

Fuente: Empresa

Elaboración: Propia

La investigación se centra en la bocina con pestaña de 22,5, cuya fotografía se muestra en la siguiente imagen. La bocina con pestaña en Corporación JAM LI es uno de los productos con mayores índices de producción y con mayor demanda insatisfecha como se evidenciará más adelante, asimismo, en un gran producto con una excelente oportunidad de mejora dentro de su proceso de fabricación.



Figura 9. Bocina con pestaña de 22,5 mm

- **Servicio de corte en plasma**

Corporación JAM LI S.C.R.L., brinda servicios de corte en plasma a clientes y proveedores que lo requieran a precios de acorde al mercado y con una calidad competitiva en el proceso y acabado. A continuación se muestra una imagen de la máquina de corte por plasma CNC de alta precisión.



Figura 10. Máquina de corte por plasma CNC de alta precisión

- **Servicio de mantenimiento en general a maquinaria**

Corporación JAM LI S.C.R.L., brinda servicios de mantenimiento en general a maquinaria, en especial, a la dedicada al rubro metalmecánico y de manufactura.

- **Servicio de consultoría en ingeniería**

Corporación JAM LI S.C.R.L., brinda servicios de consultoría en ingeniería, en especial, a organizaciones dedicadas al rubro metalmecánico y de manufactura.

b. Materia prima

El producto en estudio es la bocina con pestaña. Para su producción se utilizan la siguiente materia prima.

- Barra redonda lisa de 1 pulgada de diámetro por 6 metros de largo. Es la materia prima principal que posteriormente será mecanizada. En la siguiente figura se muestra su presentación.



Figura 11. Barra redonda lisa de 1 pulgada

- Aceite emulsionable en agua. Utilizado como refrigerante para el proceso de mecanizado de bocinas con pestaña en las etapa de torneado, taladrado y avellanado, con el fin de garantizar un acabado ideal. En la siguiente figura se muestra su presentación.

c. Maquinaria



Figura 12. Aceite emulsionable en agua

El producto en estudio es la bocina con pestaña. Para su producción se requieren de los equipos y herramientas que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2. Equipos y herramientas requeridas para el proceso

Nombre	Tipo	Función para producción de bocina con pestaña
Sierra eléctrica mecánica	Máquina	Reducción de longitud de barra redonda lisa
Tornorevólver	Máquina	Torneado, chaflanado y taladrado
Taladro columna	Máquina	Avellanado
Zincado	Máquina	Baño del producto para evitar oxidación
Herramientas de corte, cuchillas de acero rápido HSS	Herramienta	Mecanizado del producto
Broca de acero rápido	Herramienta	Taladrado del producto
Avellanador de acero rápido	Herramienta	Avellanado

d. Proceso de producción

A continuación se describe el proceso de producción para la bocina con pestaña de 22,5mm.

- **Materia prima:** La materia prima ingresa al almacén que son barras-ejes redondas de 1" pulgada de diámetro por 6 metros de longitud.



Figura 13. Almacenado de materia prima

- **Habilitado de materia prima:** las barras redondas son habilitadas en una sierra eléctrica mecánica, donde son seccionadas a 3 metros de longitud, ya que la máquina donde van a ser maquinada tiene una longitud de alimentación máxima de 3 metros.



Figura 14. Habilitado de materia prima

- **Maquinado – desbaste y acabado:** la barra-eje redonda es habilitada en la máquina torno revolver donde se realiza el proceso de desbaste y acabado hasta las medidas especificadas. El torno revolver mecánico funciona bajo levas.



Figura 15. Torno revolver

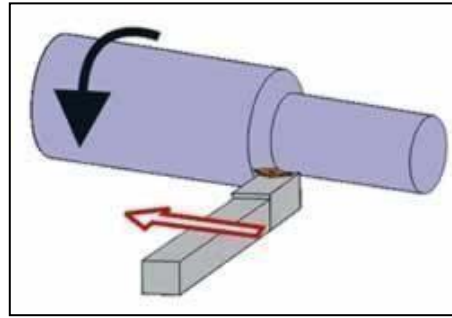


Figura 16. Proceso de torneado

- **Maquinado - taladrado:** Del mismo modo la operación del taladrado se realiza en el mismo torno revolver mecánico, con una herramienta – broca de acero rápido, a una profundidad según las especificaciones que viene hacer de 28 mm de longitud.

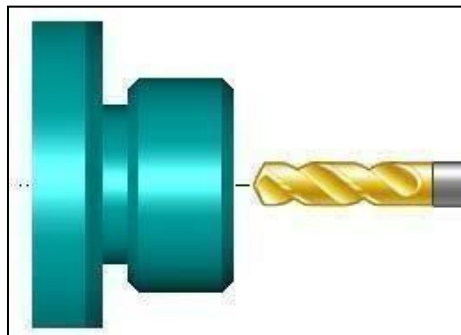


Figura 17. Proceso de taladrado en torno

- **Maquinado - tronzado:** Esta operación también se realiza en la misma máquina, con una herramienta de corte de acero rápido, que es afilado y preparado por el mismo operario.



Figura 18. Herramienta de corte rápido

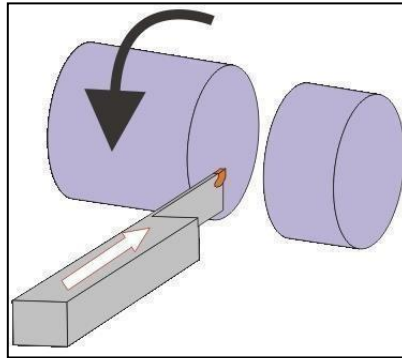


Figura 19. Proceso de tronzado

- **Avellanado:** esta operación se realiza en una máquina que es el taladro de columna eléctrico mecánico, con una herramienta llamada avellanador, con la finalidad de quitar las aristas cortantes que deja la operación del taladrado, quedando el producto terminado.

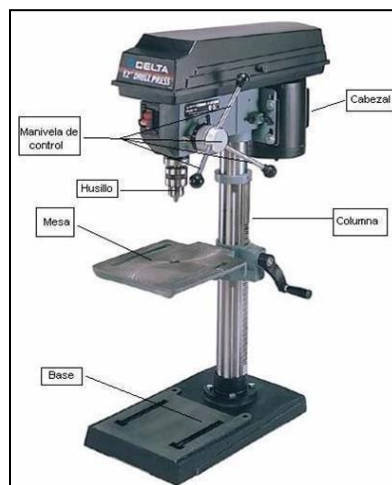


Figura 20. Taladro columna



Figura 21. Broca avellanadora

A continuación, se presenta el diagrama de flujo en bloques del proceso de producción de bocina.

Diagrama de flujo en bloques

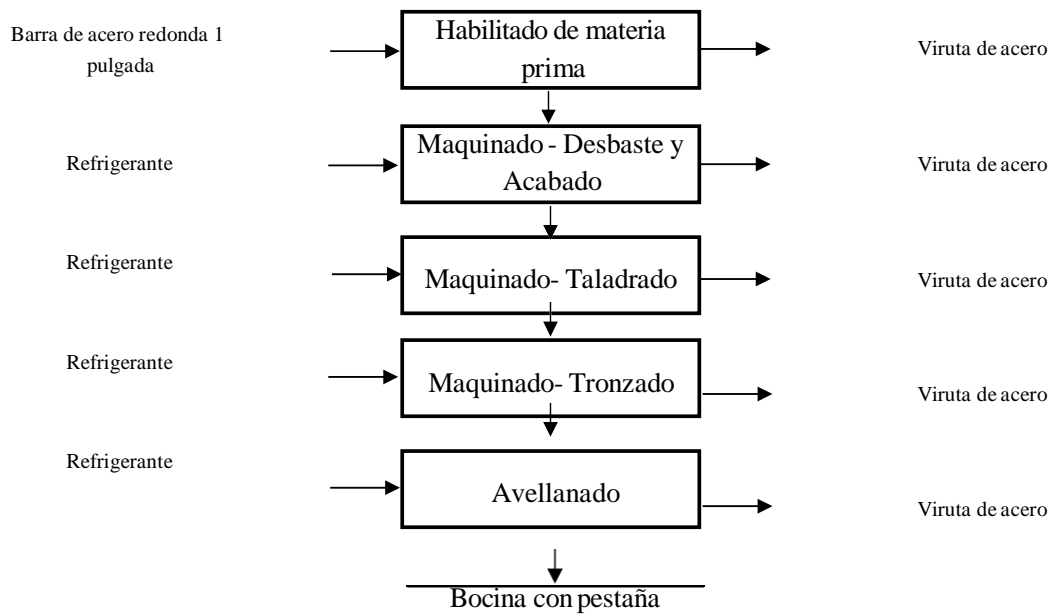


Figura 22. Diagrama de flujo en bloques bocina con pestaña

3.1.3 Análisis para el proceso de producción

A continuación se presentan los diagramas de operaciones de proceso y diagrama de análisis de proceso para la fabricación de la bocina con pestaña, con sus respectivos tiempos e indicadores. Se determinó el tiempo promedio en base al cálculo del número de observaciones con la metodología de Mundel. A continuación se presenta el estudio de tiempos realizado en la empresa en el año 2020 para la fabricación de un lote (1 unidad) de bocina con pestaña de 22,5 mm.

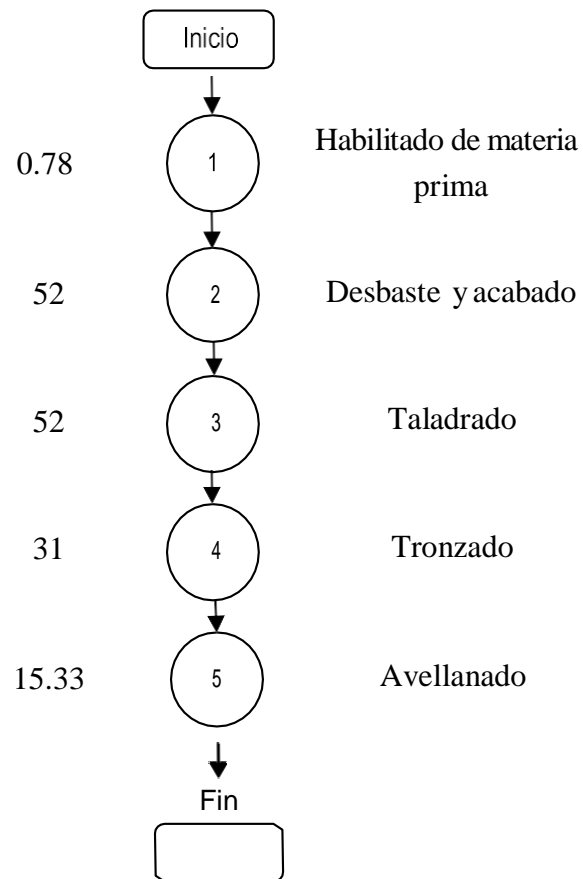
Tabla 3. Cálculo de tiempo promedio

N°	Actividad	Toma base (s)	Ciclo observado (s)										Amax	Bmin	Mundel	N° observ.	Tiempo promedio (s)	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
1	Transporte MP hacia habilitado	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.25	0.26	0.26	0.25	0.02	1	0.26
2	Habilitado de materia prima	0.78	0.78	0.77	0.78	0.77	0.79	0.79	0.77	0.76	0.77	0.77	0.80	0.76	0.03	1	0.78	
3	Transporte hacia torno	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	1.00	0.00	1	1.00	

4	Desbaste y acabado	52	52	54	53	55	53	51	54	54	53	50	55.00	50.00	0.05	1	52.00
5	Taladrado	52	52	54	53	55	53	51	54	54	53	50	55.00	50.00	0.05	1	52.00
6	Tronzado	30	30	32	33	32	29	29	33	31	31	32	33.00	29.00	0.06	2	31.00
7	Transporte a taladro vertical	0.9	0.9	0.9	1	0.9	0.9	1	0.9	0.9	1	0.9	1.00	0.90	0.05	1	0.90
8	Avellanado	15	15	16	15	16	16	16	14	14	15	15	16.00	14.00	0.07	3	15.33
9	Transporte a almacén	0.9	0.9	0.9	1	1	0.9	0.9	0.9	0.9	1	0.9	1.00	0.90	0.05	1	0.90

Algunas observaciones es que el tiempo de transporte de materia prima corresponde a una barra redonda de 6 metros. Asimismo, de una barra de 6 metros se obtienen aproximadamente 230 bocinas con pestaña de 22,5 mm. Los tiempos de transporte para el avellanado y el almacén de producto terminado fueron con base en 100 unidades por

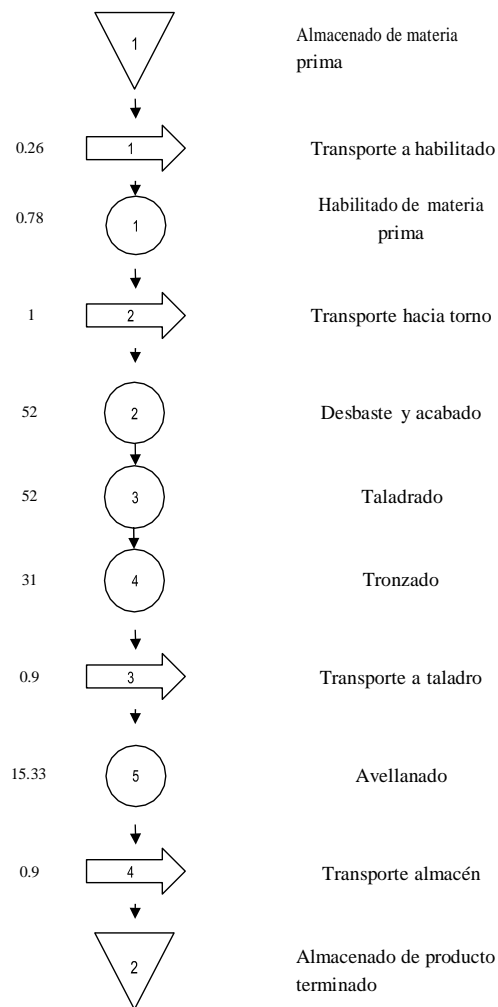
contenedor. Se utilizó la metodología Mundel para el cálculo de observaciones. En base a la tabla anterior, se presenta el DOP de la bocina con pestaña con 22,5 mm.



Símbolo	Significado	Cantidad	Tiempo (s)
○	Operación	5	151.11
□	Inspección	0	0
◻	Inspección y operación	0	0
Total			151.11

Figura 23. Diagrama de operaciones de proceso bocina con pestaña

En base a la tabla anterior, se presenta el DAP de la bocina con pestaña con 22,5 mm.



Símbolo	Significado	Cantidad	Tiempo (seg)
	Operación	5	151.11
	Inspección	0	
	Inspección y operación	0	
	Transportes	4	3.06
	Almacenado	2	0
	Espera	0	0
Total			154.17

Figura 24. Diagrama de análisis de proceso bocina con pestaña

A continuación, en base al DAP anterior, se presenta el cursograma analítico del proceso de fabricación de bocinas con pestaña.

Cursograma analítico proceso de fabricación de bocina con pestaña 22,5 mm						
Diagrama: Bocina con pestaña 22,5 mm		Actividad	Actual	Resumen	Propuesto	Economía
Actividad: Habilitado, Maquinado, Avellanado		Operación	5			
Método: Actual		Inspección	0			
Lugar: Empresa JAM LI S.C.R.L		Espera	0			
Operario: 1		Transporte	4			
Elaborado por: Luis Vidaurre Bances		Almacenamiento	2			
Fecha de elaboración: Febrero 2020		Distancia (m)	40			
Aprobado por: Ing. Joselito Sánchez Pérez		Tiempo (s)	154.17			

Ítem	Descripción	Tiempo (s)	Distancia (m)	○	□	⊗	➔	▽	◐	Observaciones
1	Almacenado de materia prima									
2	Transporte hacia habilitado	0.26	5							
3	Habilitado de materia prima	0.78								
4	Transporte hacia torno	1	10							
5	Desbaste y acabado	52								
6	Taladrado	52								
7	Tronzado	31								
8	Transporte hacia taladro	0.9	10							
9	Avellanado	15.33								
10	Transporte hacia almacén	0.9	15							
11	Almacenado de producto terminado									

Figura 25. Cursograma bocina con pestaña

En base al cursograma presentado se procede a calcular el porcentaje de actividades productivas e improductivas. El total de tiempos de transporte, almacén y espera suman 3,06 segundos. El total de operaciones, inspecciones suma 151,11 segundos.

% de actividades productivas: 98%; % de actividades improductivas: 2%

3.1.4 Análisis de la información

La única forma y manera en que una organización puede crecer e incrementar sus utilidades y ganancias es mediante el aumento de su productividad. Se determinaron los principales indicadores a la información de la empresa.

A continuación se presenta la producción real, la demanda obtenida de notas de pedido y el cálculo de demanda insatisfecha de la empresa durante el año 2019.

Tabla 4. Producción año 2019

Mes	Producción real (unidades)	Demanda (unidades)	Demanda insatisfecha
Enero	8283	13742	5459
Febrero	8072	13424	5352
Marzo	7305	14552	7247
Abril	7878	12463	4585
Mayo	7015	13380	6365
Junio	8765	13962	5197
Julio	8781	14895	6114
Agosto	8993	14973	5980
Septiembre	8339	14980	6641
Octubre	8859	12325	3466
Noviembre	7888	13280	5392
Diciembre	7076	12612	5536
Total	97254	164588	67334

- Demanda insatisfecha

$$Demanda\ insatisfecha = Demanda\ real - Producción\ real$$

Durante el período evaluado, se contó una demanda insatisfecha de 67 334 unidades. Teniendo en cuenta una utilidad por bocina con pestaña de 0,34 soles; y un precio de venta por bocina de 0,85 soles; se tiene una pérdida económica actual por costo de oportunidad en utilidades y ventas de:

$$\text{Pérdida económica} = 0,34 \times 67\,334 = 22\,893,6 \text{ soles en utilidad}$$

$$\text{Pérdida económica} = 0,85 \times 67\,334 = 57\,233,9 \text{ soles en ventas}$$

- **Porcentaje de demanda insatisfecha**

$$\% \text{ de demanda insatisfecha} = 100 \times \left(1 - \frac{\text{Producción real}}{\text{Demanda real}} \right)$$

$$\% \text{ de demanda insatisfecha} = 100 \times \left(1 - \frac{97\,254}{164\,588} \right)$$

Durante el período evaluado, se cuenta con un porcentaje de demanda insatisfecha del 41%.

- **Producción teórica**

$$\text{Producción teórica} = \frac{\text{Tiempo base (tb)}}{\text{Ciclo (c)}}$$

$$\text{Producción teórica} = \frac{11\,520 \text{ minutos mes}}{0,87 \text{ min}} = 13\,292 \text{ unidades mes}$$

En base al DOP, el cuello de botella se presenta en la etapa desbaste, acabado y taladrado, con un tiempo de 52 segundos, lo que en minutos equivale a 0,87 minutos. Se consideró un horario de trabajo de 48 horas semanales, lo que equivale en un período de 4 semanas (1 mes), 11 520 minutos.

En base al cálculo realizado, durante el período evaluado, se cuenta con una producción teórica de 13 292 unidades.

- **Productividad de mano de obra**

La fórmula de la productividad depende de la entrada requerida. Para el estudio, se calculó la productividad de mano de obra.

$$\text{Productividad de mano de obra} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Cantida de operarios}}$$

8104 unidades unidades promedio mes

$$\text{Productividad de MO} = \frac{8104 \text{ unidades}}{4 \text{ operarios}} = 2026 \frac{\text{unidades}}{\text{operario}}$$

Durante el período estudiado, se tuvo una productividad de mano de obra anual promedio de 2026 unidades promedio mes por operario.

- **Eficiencia económica**

$$\text{Eficiencia económica} = \frac{\text{Ventas}}{\text{Inversión}}$$

$$\text{Eficiencia económica} = \frac{82\,665,9 \text{ soles}}{49\,599,54 \text{ soles}} = 1,67$$

Para el año 2019, las ventas de bocinas con pestañas ascendieron a un total de 82 665,9 soles en bocinas con pestaña. La inversión realizada fue de 49 599 soles. La eficiencia económica resultante fue de 1,67; es decir, que por cada sol obtenido, se obtienen 67 céntimos de ganancia.

3.1.5 Identificación de problemas en el sistema de producción y sus causas.

3.1.5.1 Diagnóstico por causas

Se determinaron cuatro causas que conllevan a una demanda insatisfecha de las bocinas con pestaña. En la siguiente figura se muestra el diagrama de Ishikawa del estudio.

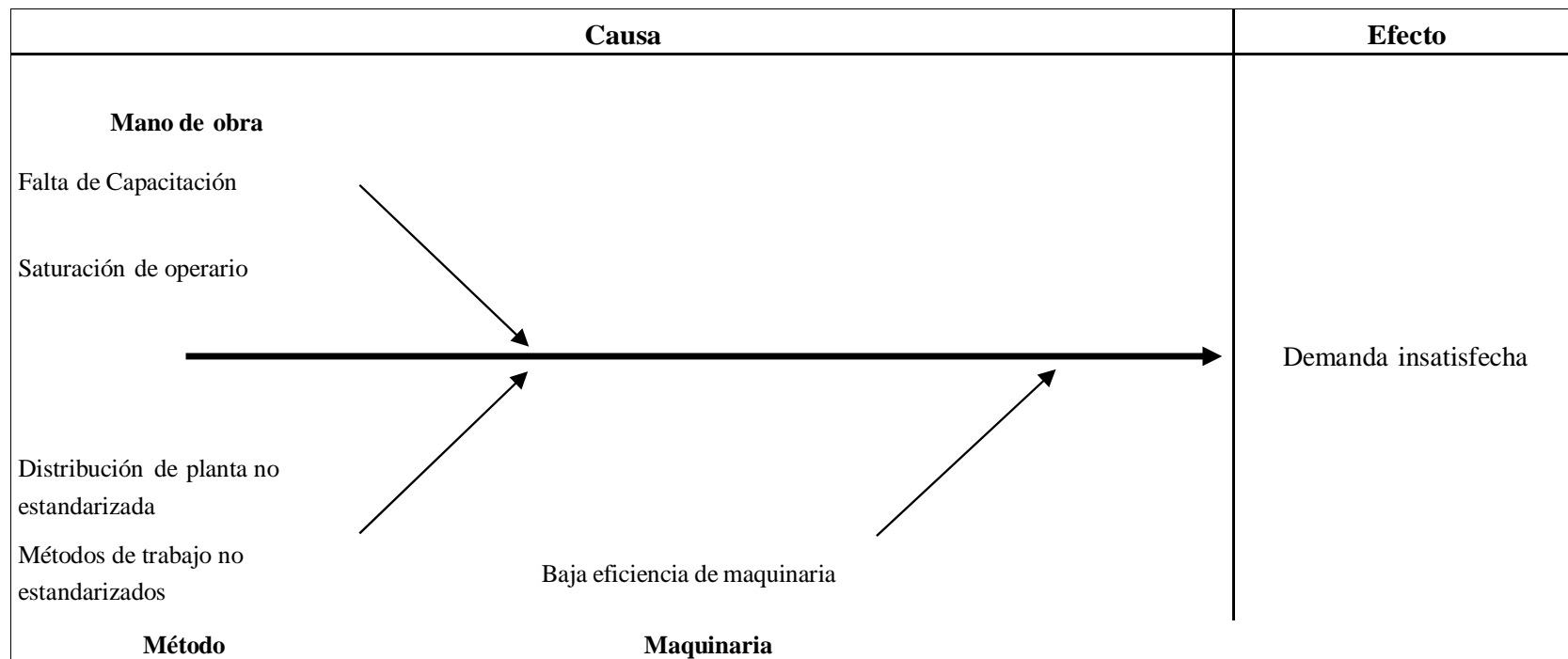


Figura 26. Diagrama de Ishikawa

Problema: Demanda insatisfecha

A. Mano de Obra

- **Causa 1: Falta de capacitación.**

- **Evidencia**

Se evidenció que los operarios de la empresa JAM LI S.C.R.L, durante el período evaluado del estudio no han recibido ninguna capacitación adicional a la que se le dio al inicio de sus labores. En la siguiente tabla se evidencia la cantidad de trabajadores que en el último año no han recibido capacitación en su puesto de trabajo.

Tabla 5. Capacitación personal operario

Operario	Área	Función	Nivel de educación	Recibió capacitación último año
1	Habilitado de materia prima	Habilita la barra de 6 metros en barras aptas para el torno.	Técnico	No
2	Torno	Realiza en torno las operaciones de desbaste, acabado, taladrado y tronzo.	Técnico	No
3	Avellanado	Realiza la operación de avellanado en el taladro vertical.	Técnico	No
4	Almacenero	Se encarga de recibir la materia prima, ordenar los productos terminados y registrarlos para una correcta gestión de inventarios.	Técnico	No

- **Indicador**

Un indicador clave es el porcentaje de personal capacitado durante el período evaluado.

$$\% \text{ de personal capacitado} = 0\%$$

- **Causa 2: Saturación del Operario**

- **Evidencia**

Los operarios que participan de la fabricación de bocinas con pestaña durante un turno completo deben laborar según la orden de producción. El operario, específicamente, en el proceso de maquinado, está durante 8 horas maquinando la pieza, realizando las operaciones de desbaste, acabado, taladrado y tronzado en el torno. En la siguiente figura se presenta una fotografía del operario en la etapa de maquinado.



Figura 27. Etapa de maquinado

Durante toda la etapa de maquinado el operario de producción está trabajando sin descanso. Es por ello, que es necesario realizar un diagrama hombre máquina para evidenciar la relación entre los tiempos del operador y los tiempos del equipo, determinando así la saturación del trabajador.

Diagrama hombre máquina					
Operación: Maquinado					
Máquina: Torno		Fecha: Febrero del 2020			
Diagramador: Luis Vidaurre		Ciclo: 145 segundos			
Hombre	Tiempo (s)		Máquina	Tiempo (s)	
Alimenta máquina	5		Sin uso		
Opera máquina	52		Desbaste y acabado	52	
Opera máquina	52		Taladrado	52	
Opera máquina	31		Tronzado	31	
Bota producto	5		Sin uso		

Figura 28. Diagrama hombre máquina

- **Indicador**

Un indicador clave es la saturación del operario. La saturación del operario es el porcentaje de la división de la cantidad de tiempo que el operario suma valor al producto entre el tiempo total de ciclo. En base al diagrama hombre máquina propuesto en donde se observa que el tiempo de ciclo es de 15,2 segundos, se logra determinar que la saturación del operario es del 100 %.

$$\text{Saturación del operario} = \left(\frac{145}{145}\right) \times 100$$

$$\text{Saturación del operario} = 100\%$$

El indicador nos da entender que el trabajador está muy saturado en las actividades realizadas en el cuello de botella, que incluye la máquina de torneado, en específico, las operaciones de desbaste y acabado; taladrado y tronzado.

B. Método

• **Causa 1: Métodos de trabajo no estandarizados**

- **Evidencia**

Se evidenció el método de trabajo actual de cada etapa del proceso de fabricación de la bocina con pestaña, identificando el método de trabajo actual y posibles áreas de mejora mediante la herramienta de 5WH. Se evidencia que no se cuenta con un método estandarizado, asimismo, no se cuenta con procedimientos, manuales, instructivos ni tiempos estándares para cada etapa del proceso.

Tabla 6. 5WH de la etapa de habilitado de materia prima

Etapa: Habilitado de materia prima		
¿Qué se hace?		
Se corta la barra redonda de 6 metros en 2 barras redondas de 3 metros.	¿Por qué se hace?	Para una correcta alimentación del torno.
	¿Es necesario hacerlo?	Sí, es necesario para que la siguiente etapa pueda realizarse.
	¿Cuál es la finalidad?	Habilitar la materia prima para continuar de manera eficaz y efectiva la siguiente etapa.
	¿Qué otra cosa podría hacerse para alcanzar el mismo resultado?	Ninguna.
¿Dónde se hace?		
En el área de habilitado de materia prima, con una cortadora de discos.	¿Por qué se hace ahí?	Está cerca del almacén de materia prima.
	¿Se conseguirán ventajas haciéndolo en otro lado?	No
	¿Podría combinarse con otro elemento?	No
	¿Dónde podría hacerse mejor?	En un lugar que cumpla con las condiciones de seguridad, libre de obstáculos, ordenado.
¿Cuándo se hace?		
Es la primera operación para la fabricación de las bocinas con pestaña.	¿Por qué se hace en ese momento?	Para alimentar previamente al torno.
	¿Sería mejor realizarlo en otro momento?	No.
	¿El orden de las acciones es el apropiado?	Sí.
	¿Se conseguirán ventajas cambiando el orden?	No.
¿Quién lo hace?		
El operario de habilitado de materia prima con ayuda del operario de almacén.	¿Tiene las calificaciones apropiadas?	No, ya que no han recibido capacitaciones en el último año.
	¿Qué calificaciones requiere el trabajo?	Persona hábil con la máquina cortadora de discos, con conocimientos en ergonomía, seguridad y salud en el trabajo, con trabajo en equipo, comunicación efectiva y proactividad.
	¿Quién podría hacerlo mejor?	Un operario que cumpla con las calificaciones previamente descritas.
¿Cómo se hace?		
Se alimenta la barra en la cortadora de discos, se mide una distancia de 3 metros y se corta con la cortadora de discos.	¿Por qué se hace así?	Siempre se ha hecho así, desde que inició la empresa.
	¿Es preciso hacerlo así?	Puede hacerse mejor.
	¿Cómo podríamos hacerlo mejor?	En una prensa excéntrica mediante una matriz que cizalle de manera más rápida las barras redondas, de la mano de las consideraciones de seguridad y salud necesarias.

Tabla 7. 5WH de la etapa de desbaste, acabado, taladrado y tronzado.

Etapa: Maquinado de materia prima		
¿Qué se hace?		
En el torno se realiza las operaciones de desbaste, acabado,	¿Por qué se hace?	Es necesario para dar forma a la bocina con las medidas especificadas.
	¿Es necesario hacerlo?	Sí.
taladrado y tronzado para dar forma a la bocina con pestaña.		Obtener el producto según dimensiones
	¿Cuál es la finalidad?	requeridos.
	¿Qué otra cosa podría hacerse para alcanzar el mismo resultado?	Ninguna.
¿Dónde se hace?		
El área de tornos.	¿Por qué se hace ahí?	Porque está ubicada la máquina necesaria para realizar los procesos de maquinado.
	¿Se conseguirán ventajas haciéndolo en otro lado?	Sí, ver una máquina automatizada que mejore tiempos y la saturación del operario.
	¿Podría combinarse con otro elemento?	No.
	¿Dónde podría hacerse mejor?	En un área donde se encuentre una máquina semi automatizada, con todas las consideraciones de seguridad y salud en el trabajo.
	¿Cuándo se hace?	
Se hace después del habilitado de materia prima.	¿Por qué se hace en ese momento?	Porque aquí la barra redonda ya está apta para pasar por las diversas operaciones de maquinado.
	¿Sería mejor realizarlo en otro momento?	No.
	¿El orden de las acciones es el apropiado?	Sí.
	¿Se conseguirán ventajas cambiando el orden?	No.
¿Quién lo hace?		
Operario de torno.	¿Tiene las calificaciones apropiadas?	No, ya que no ha recibido capacitación en el último año.
	¿Qué calificaciones requiere el trabajo?	Persona hábil con máquinas metalmecánicas, con conocimientos en ergonomía, seguridad y salud en el trabajo, con trabajo en equipo, comunicación efectiva y proactividad.
	¿Quién podría hacerlo mejor?	Un operario que cumpla con las calificaciones previamente descritas.
¿Cómo se hace?		
Se alimenta la barra al torno y de manera manual se procede a realizar las operaciones de desbaste, acabado, taladrado y tronzado.	¿Por qué se hace así?	Siempre se ha hecho así, desde los inicios de la empresa.
	¿Es preciso hacerlo así?	Puede mejorar.
	¿Cómo podríamos hacerlo mejor?	En una prensa excéntrica donde se forjen en caliente las bocinas con pestaña mediante una matriz, de esta manera se tendría únicamente que taladrar y avellanar la pieza.

Tabla 8. 5WH de avellanado

Etapa: Avellanado		
¿Qué se hace?		
Se les hace los bordes interiores con la herramienta llamada broca avellanadora.	¿Por qué se hace?	Porque se requiere según las especificaciones del producto.
	¿Es necesario hacerlo?	Sí es necesario
	¿Cuál es la finalidad?	Cumplir con los detalles técnicos del producto.
	¿Qué otra cosa podría hacerse para alcanzar el mismo resultado?	Ninguna.
¿Dónde se hace?		
En el taladro columna	¿Por qué se hace ahí?	Porque allí se ubicará la herramienta llamada broca avellanadora.
	¿Se conseguirán ventajas haciéndolo en otro lado?	No.
	¿Podría combinarse con otro elemento?	No.
	¿Dónde podría hacerse mejor?	En un área donde se encuentre la máquina, con todas las consideraciones de seguridad y salud en el trabajo.
¿Cuándo se hace?		
Se hace luego del proceso de tronzado.	¿Por qué se hace en ese momento?	Porque la pieza ya está lista para ser avellanada.
	¿Sería mejor realizarlo en otro momento?	No.
	¿El orden de las acciones es el apropiado?	Sí.
	¿Se conseguirán ventajas cambiando el orden?	No.
¿Quién lo hace?		
Operario de taladro.	¿Tiene las calificaciones apropiadas?	No, ya que no ha recibido capacitación en el último año.
	¿Qué calificaciones requiere el trabajo?	Persona hábil con máquinas metalmecánicas, con conocimientos en ergonomía, seguridad y salud en el trabajo, con trabajo en equipo, comunicación efectiva y proactividad.
	¿Quién podría hacerlo mejor?	Un operario que cumpla con las calificaciones previamente descritas.
¿Cómo se hace?		
Se coge la pieza con un alicate y se ubica debajo de la broca avellanadora para que el operario pueda avellanarla.	¿Por qué se hace así?	Siempre se ha hecho así, desde los inicios de la empresa.
	¿Es preciso hacerlo así?	Puede mejorar.
	¿Cómo podríamos hacerlo mejor?	En una máquina automatizada que realice el proceso sin mucho requerimiento del personal operario.

- **Indicador**

Un indicador clave es el porcentaje de procedimientos, instructivos y manuales elaborados y aprobados.

$$\% \text{ de documentación} = 0\%$$

• **Causa 2: Distribución de planta no adecuada**

- **Evidencia**

Una de las causas de contar con demanda insatisfecha es la distribución de planta actual. Dentro de la planta no se cuenta con diseños de puestos de trabajo implementados para la fabricación de las bocinas con pestaña y asimismo falta reforzar las condiciones de seguridad y salud en el trabajo en planta. Esto permite que el trabajador no trabaje con los requerimientos deseados, lo cual termine afectando su productividad a lo largo del turno. En la siguiente figura, se puede observar una fotografía de la distribución de planta actual.

Se evidenció asimismo, los tiempos de transporte para la fabricación de la bocina con pestaña. Esto se debe a una falta de definición de áreas clave como el almacén de materia prima, almacén de productos, almacén de subproductos y los espacios definidos para cada máquina. En la siguiente tabla se muestra los tiempos de transporte totales para la fabricación de 1 bocina con pestaña.

Tabla 9. Tiempo de transporte actual

Transporte	Detalle	Tiempo (s)	Distancia (m)
1	Transporte de materia prima hacia habilitado	0.26	5
2	Transporte de material habilitado hacia torno	1	10
3	Transporte de bocinas sin avellanar hacia taladro columna	0.9	10
4	Transporte de producto terminado hacia almacén	0.9	15

- **Indicador**

Un indicador clave es el total de tiempos de transportes.

$$\text{Total de tiempo de transporte para 1 unidad} = 3,06 \text{ s}$$

Para una producción promedio real de 8104 unidades mes, se tiene un total de tiempos de transporte de:

$$\text{Total de tiempo de transporte por mes promedio} = 6,89 \text{ horas mes}$$

En el mes, se invierten aproximadamente 6,89 horas (cercano a un turno de producción), únicamente en tiempos de transportes. Otro indicador clave es la distancia recorrida para 1 bocina con pestaña.

$$\text{Total de distancia de transporte para 1 unidad} = 40m$$

Es necesario trabajar en una distribución que pueda mejorar estos indicadores.

C. Maquinaria

- **Causa 1: Baja eficiencia de maquinaria**

- **Evidencia**

En base en el diagrama hombre máquina presentado anteriormente se evidencia que el equipo solo suma valor un tiempo 135 segundos, en comparación a todo el tiempo total de ciclo de 145 segundos. Con este dato podemos calcular la eficiencia de la máquina.

- **Indicador**

Un indicador clave es la eficiencia de la máquina, que es el porcentaje de la división de la cantidad de tiempo que el equipo suma valor entre el tiempo total de ciclo. En base al diagrama hombre máquina, se procede a calcular la eficiencia de la máquina.

$$\text{Eficiencia de la máquina} = \left(\frac{\text{Tiempo productivo de la máquina}}{\text{Tiempo de ciclo}} \right) \times 100$$

$$\text{Eficiencia de la máquina} = \left(\frac{135}{145}\right) \times 100 = 93,1\%$$

Se tiene un desperdicio de aproximadamente el 7% de uso y eficiencia de la maquinaria por cada ciclo de producción del producto. Este tiempo muerto de la máquina debería ser aprovechado al 100% para agregar el máximo valor a la maquinaria.

A continuación se presenta el cuadro resumen de indicadores.

Tabla 10. Cuadro resumen de indicadores

Indicador	Valor
Producto	Bocinas con pestaña
Demanda total anual	164 588 unidades al año
Producción real anual	97 254 unidades al año
Demanda no atendida anual	67 334 unidades al año
Pérdida económica	22 893 soles al año en utilidad; 57 233 soles en ventas
Producción teórica mes	13 292 unidades al mes
Producción real promedio mes	8104 unidades al mes
Cantidad de operarios	4 operarios
Productividad de mano de obra mes	2026 unidades por operario mes
Actividad cuello de botella	Desbaste y acabado; taladrado (en máquina torno)
Tiempo de cuello de botella	52 segundos
Actividades productivas	98%
Actividades improductivas	2%
% de personal capacitado en el último año	0%
% procedimientos aprobados	0%
Tiempos de transporte por unidad	3,06 segundos
Distancia de transporte por unidad	40 metros
Saturación del operario	100%
Eficiencia de la máquina	93%
Eficiencia económica	0,67 soles por cada sol invertido

3.1.6 Matriz de consistencia

A continuación, se presenta la matriz de consistencia el estudio.

Tabla 11. Matriz de consistencia

Área	Problemas	Causas	Metodologías	Técnicas	Logros	Indicador
Producción	Demanda insatisfecha	Métodos de trabajo no estandarizado	Estandarización de procesos	Sistemas de Gestión (Elaboración de documentación) Cálculo de tiempo estándares	Métodos de trabajo estandarizados	% de documentación = 0%
		Eficiencia de la máquina	Diseño de puestos de trabajo	Tecnología de manufactura Mejora de procesos	Incremento de la producción de mangas plásticas.	% eficiencia de máquina cuello de botella= 93,1 %
		Saturación del operario				% saturación del operario = 100%
		Distribución de planta inadecuada	Redistribución de planta	SLP y Diseño de puestos de trabajo	Ambientes y puestos adecuados	Indicadores de producción y productividad
		Falta de capacitación de personal	Plan de capacitación	Diseño de programas de capacitación	Personal con las competencias necesarias	% Actividades improductivas y productivas= 2%; 98% Tiempos y distancias de transporte.
					% Personal capacitado= 0%	

3.1.7 Causas del problema vs propuestos de solución

A continuación, se presenta en la siguiente tabla las causas del problema vs propuestas de solución.

Tabla 12. Causas del problema vs propuestos de solución

Causas	Propuesta de solución
Métodos de trabajo no estandarizado	Sistemas de Gestión (Elaboración de documentación) y cálculo de tiempo estándares
Eficiencia de la máquina	Diseño de puestos de trabajo basado en tecnologías de manufactura / mejora de procesos.
Saturación del operario	
Distribución inadecuada de planta	SLP, Diseño de puestos de trabajo, 5S y Condiciones de Seguridad en el Trabajo
Falta de capacitación del personal	Programa de capacitación

3.1.8 Priorización de propuestas de solución

Se procedió a realizar una matriz de enfrentamiento en dónde se comparan las causas del problema entre sí, descritas previamente en la matriz de consistencia. Esto permitirá evaluar la importancia relativa respecto a otra, hacia la problemática principal. Para proceder a la comparación, se utilizará la siguiente escala de valoración de factores.

Tabla 13. Escala de valoración de factores

1	Más importancia / importancia similar
0	Menos importante

A continuación se presenta la tabla con los factores de priorización realizados.

Tabla 14. Factores de priorización

Criterios	Métodos de trabajo no estandarizados	Eficiencia de la máquina	Saturación del operario	Distribución inadecuada de planta	Falta de capacitación al personal	Total	%	Orden
Métodos de trabajo no estandarizados		0	0	0	1	1	8%	4
Eficiencia de la máquina	1		1	1	1	4	31%	2
Saturación del operario	1	1		1	1	4	31%	1
Distribución inadecuada de planta	1	0	1		1	3	23%	3
Falta de capacitación al personal	0	1	0	0		1	8%	5
Total						13	1	

Culminada la matriz de enfrentamiento y ya priorizadas las causas, se utilizará una nueva escala de valoración para priorizar las propuestas de solución brindadas para dar solución a cada causa que conlleva al problema de la baja productividad. Con esta metodología se permitirá conocer el orden del desarrollo de las metodologías como propuestas de mejora. Para ello, se utilizó la siguiente escala de valoración.

Tabla 15. Criterios de valoración

Criterios	
2	Deficiente
4	Regular
6	Bueno
8	Muy bueno
10	Excelente

Y los resultados son los siguientes.

Tabla 16. Matriz de enfrentamiento

Causa	Propuesta	Estandarización de procesos		Diseño de puesto de trabajo		Distribución de plantas		Capacitación al personal		5S y SST	
	Pond.	Calif.	Puntos	Calif.	Puntos	Calif.	Puntos	Calif.	Puntos	Calif.	Puntos
Métodos de trabajo no estandarizados	31%	10	3.08	10	3.08	6	1.85	10	3.08	6	1.85
Eficiencia de la máquina	31%	6	1.85	10	3.08	6	1.85	4	1.23	4	1.23
Saturación del operario	8%	4	0.31	10	0.77	6	0.46	8	0.62	10	0.77
Distribución inadecuada de planta	23%	4	0.92	4	0.92	10	2.31	4	0.92	10	2.31
Falta de capacitación al personal	8%	6	0.46	6	0.46	6	0.46	10	0.77	8	0.62
Total	100%		6.62		8.31		6.92		6.62		6.77

De la tabla anterior, se puede concluir que el orden de las propuestas a realizar será el siguiente

1. Diseño de puesto de trabajo
2. Distribución de plantas.
3. Aplicación de 5S y consideraciones de SST.
4. Estandarización de procesos.
5. Capacitación al personal

3.2 Objetivo 2: Proponer la mejora del proceso de fabricación de bocinas con pestaña en la empresa JAMLI S.C.R.L.

En el segundo objetivo se trabajaron las propuestas descritas previamente y mejorar el proceso productivo de bocinas con pestaña para aumentar la productividad de las mismas.

3.2.1 Propuesta de diseño de puesto de trabajo para forjado en caliente.

Al momento de proponer una nueva forma de trabajo para elevar la productividad de una etapa del proceso, las posibilidades existentes son variadas dependiendo de la realidad de la empresa. Es por ello, que antes de llegar a la propuesta que se detallará más adelante, se determinó que lo mejor fue adaptar los equipos presentes hacia un nuevo puesto de trabajo en vez de adquirir una máquina con mayores capacidades tecnológicas como un torno CNC. Esto debido a la comparación que se realizó con los diversos aspectos que describe el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, que son los siguientes:

Necesidad de sustitución de la máquina: Según el estudio, no se consideró necesario la sustitución del equipo debido a que, mediante el nuevo puesto de trabajo, es posible aumentar significativamente la productividad en la fabricación de bocinas con pestaña, obteniendo mejor eficiencia de los equipos actuales con los que cuenta la empresa que son el torno y prensa excéntrica.

Costo económico de la máquina: Adquirir un torno CNC en el Perú oscila una inversión de entre 100 000 a 120 000 soles (30000 – 40000 dólares aproximadamente) según el equipo a comprar. La propuesta del puesto de trabajo realizada no sobrepasa los 10 000 soles, esto debido a que se pueden fabricar en la misma empresa.

Costos de reparación de la máquina: Los costos de mantenimiento en el nuevo puesto de trabajo únicamente incluyen la reparación de las matrices para el proceso corte y forja. Un torno CNC, incluiría una inversión en repuestos que muchas veces por la capacidad del equipo suelen tener un costo elevado de adquisición, a parte del envío, ya que generalmente vienen del extranjero.

Rendimiento productivo. Para las necesidades actuales de demanda insatisfecha un torno CNC definitivamente permitiría la fabricación más rápida de bocinas con pestañas, pero no va de acorde a la brecha de nivel servicio que fácilmente puede ser alcanzada con la modificación y mejora del puesto de trabajo. Adquirir un torno CNC podría elevar tanto la productividad del proceso lo que generaría una sobre producción de bocinas con pestaña, respecto a la demanda, que podría ocasionar menor tiempo de utilización del torno CNC.

Seguridad: Un nuevo torno CNC involucra nuevos y diferentes condiciones de seguridad para los trabajadores, que involucraría una adaptación desde cero para todos los colaboradores. Con el nuevo diseño a trabajar, los operarios utilizarán equipos que ya conocen como el torno, taladro vertical, horno fragua y prensa excéntrica. Además, se contará igualmente con todas las medidas de seguridad correspondiente.

Capacitación de personal y espacio en planta: Adquirir un torno CNC exige una especialización en este tipo de máquinas por parte de los operarios e implicaría una asignación de un espacio extra de trabajo en metros cuadrados en la empresa, el cual ya no se tiene.

Finalmente, para el diseño del nuevo puesto de trabajo, es importante mencionar que se tuvo en cuenta el proceso de adquisición de los nuevos materiales y/o equipos que requieran, los aspectos técnicos, de conocimiento, económicos y preventivos implicados para una correcta integración en el proceso con el fin de elevar la productividad en la fabricación de las bocinas con pestaña.

Fue necesario proponer un nuevo diseño del puesto de trabajo en el proceso de fabricación de bocinas con pestaña para mejorar los tiempos de desbaste, acabado y tronzado. El concepto general del diseño nace principalmente bajo este principio y para ello, se pensó en un proceso de forjado en caliente mediante una prensa excéntrica que de forma continua pueda prensar la materia prima hacia el diseño de la bocina con pestaña previamente ubicado en una matriz. En la siguiente imagen, se muestra el concepto general del diseño.

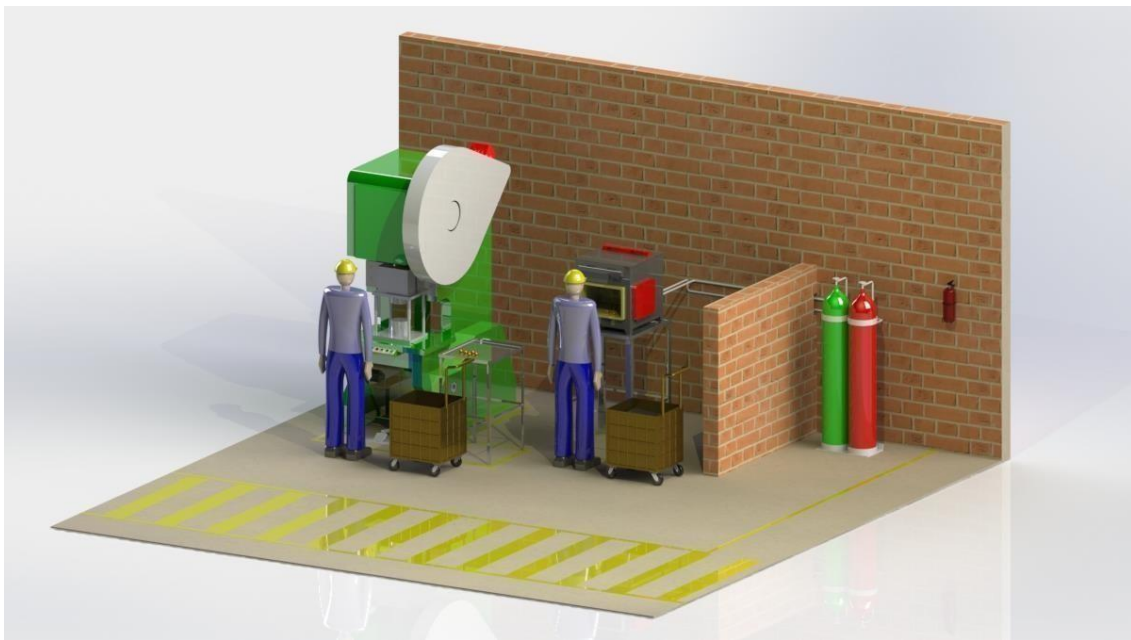


Figura 29. Concepto general de la propuesta elaborada en Solidworks

En base a la figura anterior, fue necesario implementar un nuevo puesto de trabajo al que se le llamó forjado en caliente. Para determinar los puntos principales del nuevo puesto, se recurrió a la metodología de diseño de puestos de trabajo, cuyo resultado se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 17. Diseño del puesto de trabajo de forjado en caliente

Ítem	Dato
Nombre del puesto de trabajo	Forjado en caliente de bocinas con pestaña
Trabajadores del puesto	2 operarios. 1 operario para el horneado y otro operario para el forjado en caliente en prensa excéntrica.
Máquinas y herramientas del puesto	1 prensa excéntrica adaptada con matriz diseñada para las bocinas con pestaña. 1 horno fragua alimentado por oxígeno y acetileno. Carrito transportador para tochos de bocina con pestaña. Pinza para transporte de tochos en horno y prensa.
Horario propuesto de trabajo	40 horas semanales de lunes a viernes (recomendación de OIT) Turno mañana: 8 am – 12:30 pm. Turno tarde: 2:00 pm – 5:30 pm.
Ritmo de trabajo propuesto	El ritmo de trabajo propuesto será flexible según la programación de producción.
Pausas y comidas propuestas	Almuerzo: 12:30 pm a 2:00 pm. Pausas activas propuestas de 10 minutos a las 10:00 AM – 4:00 PM.
Rotación de turnos	No habrá rotación de turnos debido a que son turnos de 40 horas semanales turno día.
Perfil y calificaciones de los trabajadores:	1 operario de horno fragua y 1 operario de forjado en caliente con: - Estudios técnicos en metalmecánica, procesos de manufactura y afines. - Experiencia comprobada mayor a 1 año en proceso de forja en caliente y uso de hornos fragua. - Conocimiento en primeros auxilios, manejo de extintores, proceso en caliente y seguridad y salud en el trabajo. - Honesto, cuidadoso, preciso, proactivo y orientado a resultados.
Mobiliario de oficina	Bidón de agua. Pizarra con plumón para anotar avisos, datos, notas. Cuaderno de apuntes.
Disposiciones de seguridad y salud en el trabajo.	1 operario de horno fragua y 1 operario de forjado en caliente con: Zapatos de seguridad dieléctricos, overol antiestático e ignífugo. Delantales, guantes de cuero y tapones para cabeza antinflama. Gafas de seguridad confortables y antinflama, taponeras de seguridad antinflama. Taponeras auditivas.

Fuente: Elaboración Propia.

Para una mejor explicación, se procedió a dividir el sistema propuesta en diferentes subsistemas, y de esta forma, poder describir cada uno de manera independiente y ver su aplicabilidad hacia el diseño final. Lo subsistemas son los siguientes:

- Subsistema de prensa excéntrica (forja)
- Subsistema de horneado (fragua)
- Subsistema de transporte y almacenamiento

A. Subsistema de prensa excéntrica

La empresa cuenta con una prensa excéntrica de 100 toneladas, la cual será necesaria para los procesos de forjado en caliente y cizalla de las barras. A continuación se presenta una vista excéntrica del subsistema de prensa excéntrica.

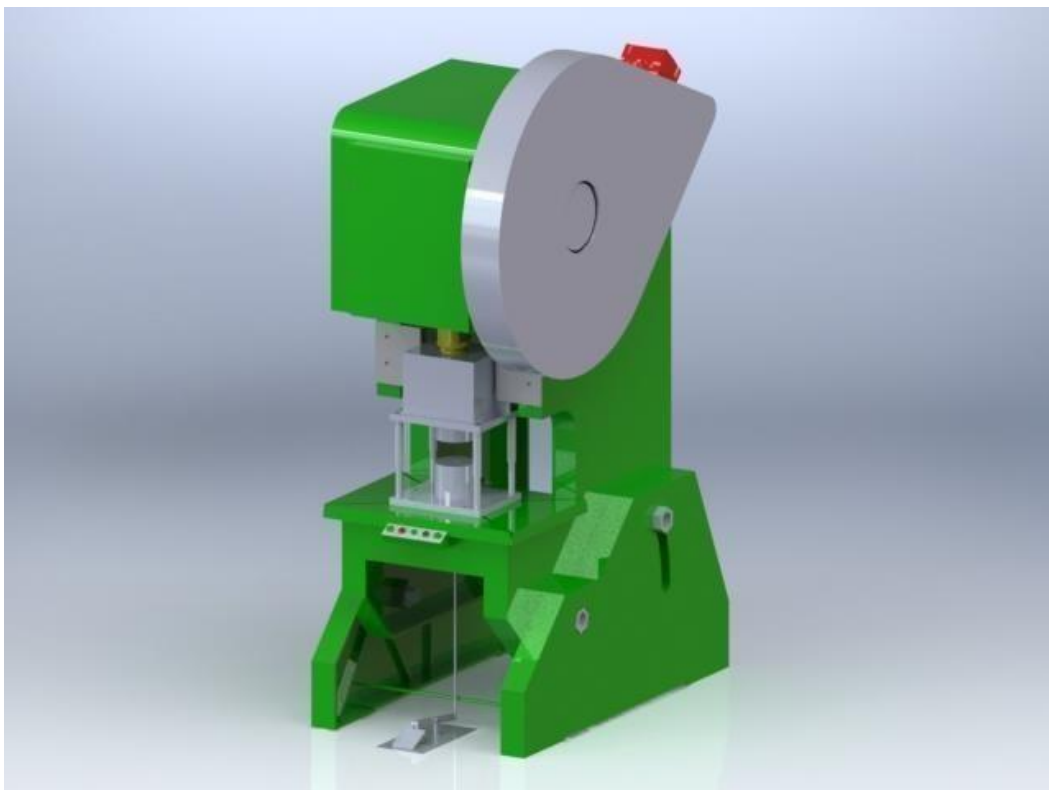


Figura 30. Subsistema de prensa excéntrica (Vista renderizada en Solidworks)

La explicación del subsistema se realiza a continuación.

Para los procesos de habilitado de materia prima, anteriormente se ubicaba la barra de 6 metros en una cortadora de discos, que dividía a la barra en 2 partes de 3 metros para que sea alimentado en el torno y pueda empezar a continuación el proceso de maquinado. Lo que se realizará ahora, es que las barras de 6 metros serán divididas en tochos de 30 mm, para posteriormente ser llevadas al proceso de horneado, calentarse, y luego ser transportadas al proceso de forjado en caliente en la prensa excéntrica donde a través de una matriz que tiene ya previamente diseñado el modelo de la bocina con pestaña para cada medida, se dará forma a la pieza, evitando de esta manera su paso por el torno. A continuación se presenta la vista renderizada de la matriz diseñada para las bocinas con pestaña.



Figura 31. Propuesta de matriz de bocina con pestaña realizada en SolidWorks

La matriz está diseñada para obtener las medidas de cada modelo de bocina con pestaña, la cual se puede mostrar a continuación. En los planos que se presentarán hojas más adelante, podrá observarse a mayor detalle las medidas de cada propuesta. Cabe resaltar que la matriz obtiene el producto sin el agujero taladrado (a excepción del centrado en la pieza), que será la única operación a realizar en el torno, pero ya de una manera más rápida porque solo será 1 proceso.

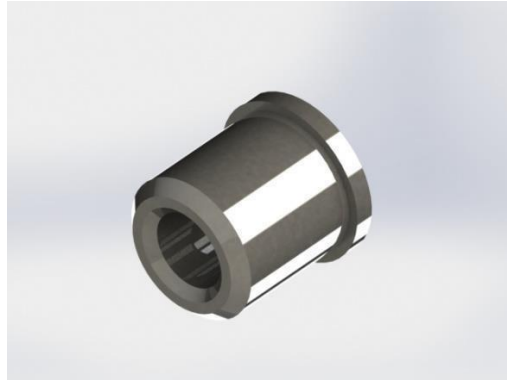


Figura 32. Bocina con pestaña

El principio de funcionamiento del forjado en caliente se basa en que el operario tomará la pieza en caliente de la mesa con un sujetador a presión (teniendo en cuenta todas las medidas de seguridad necesarias), luego ubicará la pieza en la prensa y con la ayuda de un pedal bajará la matriz para de esta la pieza forjada a las medidas de la bocina con pestaña. Posteriormente la pieza será retirada y estará lista para ser llevada al proceso de taladrado. Como se puede observar en la siguiente imagen, la prensa ya tiene ubicada en su interior la matriz de bocina con pestaña lista para ser forjada en caliente. Para el caso del habilitado de materia prima, simplemente se le habilitará una matriz de corte a la altura de los tochos necesarios.

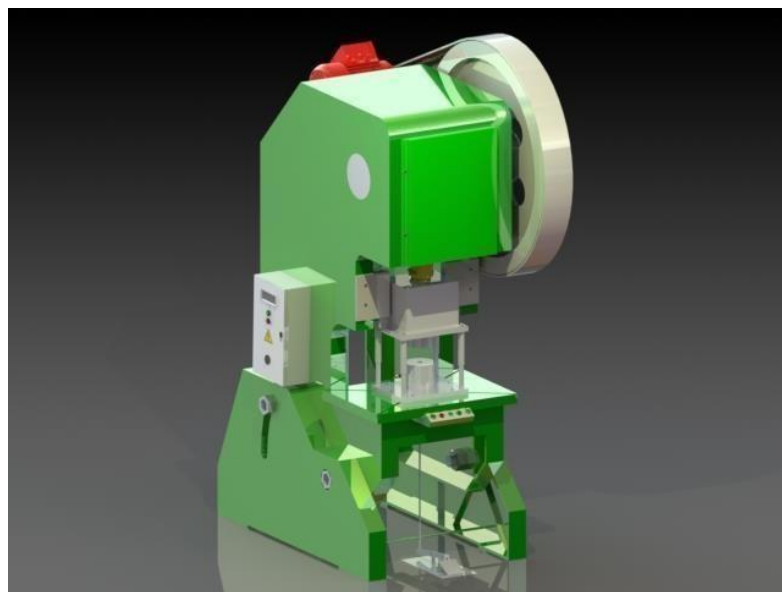


Figura 33. Prensa excéntrica propuesta

En las siguientes hojas se muestra a detalles los planos del subsistema, como las medidas de la matriz a implementar.

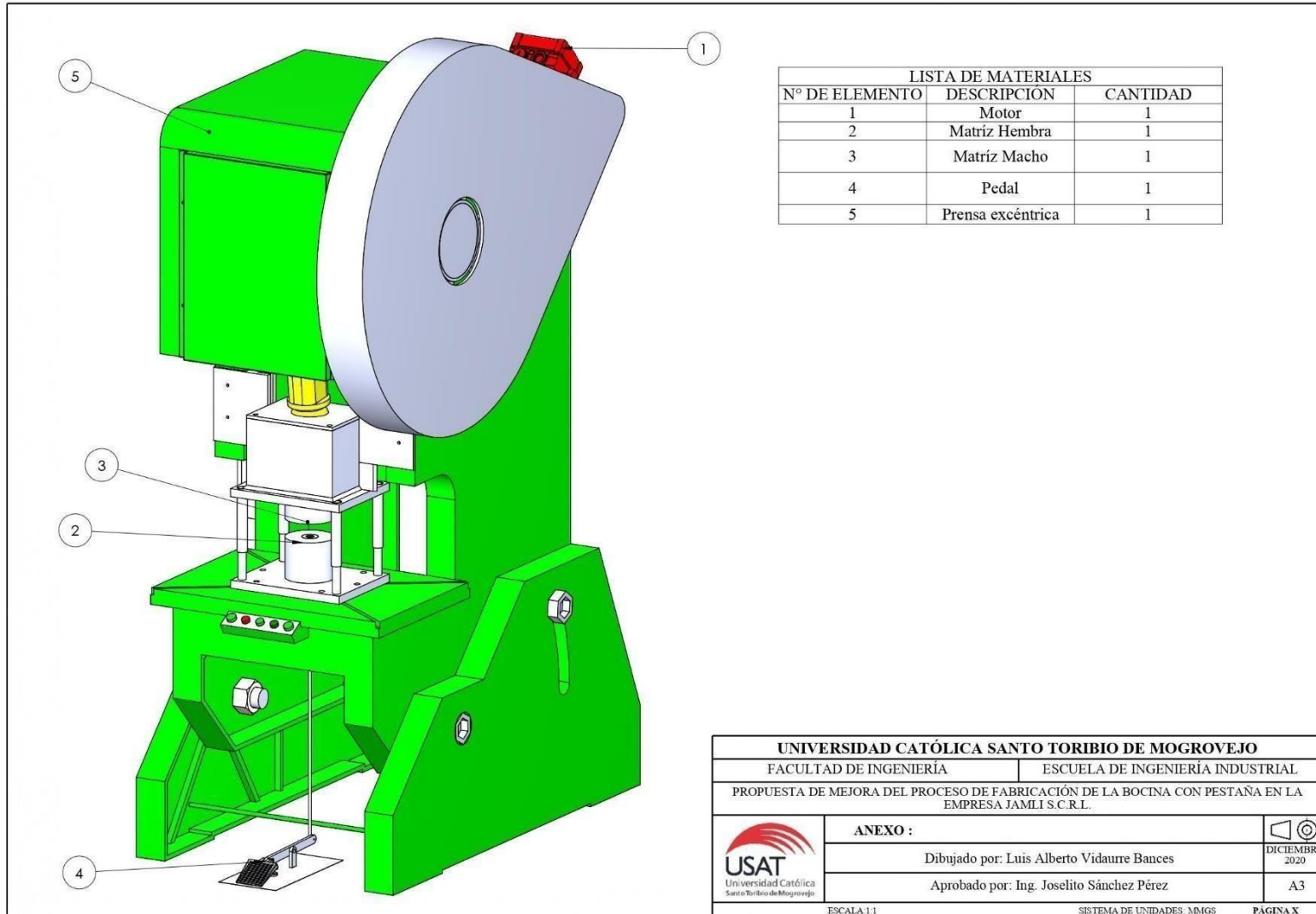


Figura 34. Subsistema de prensa excéntrica

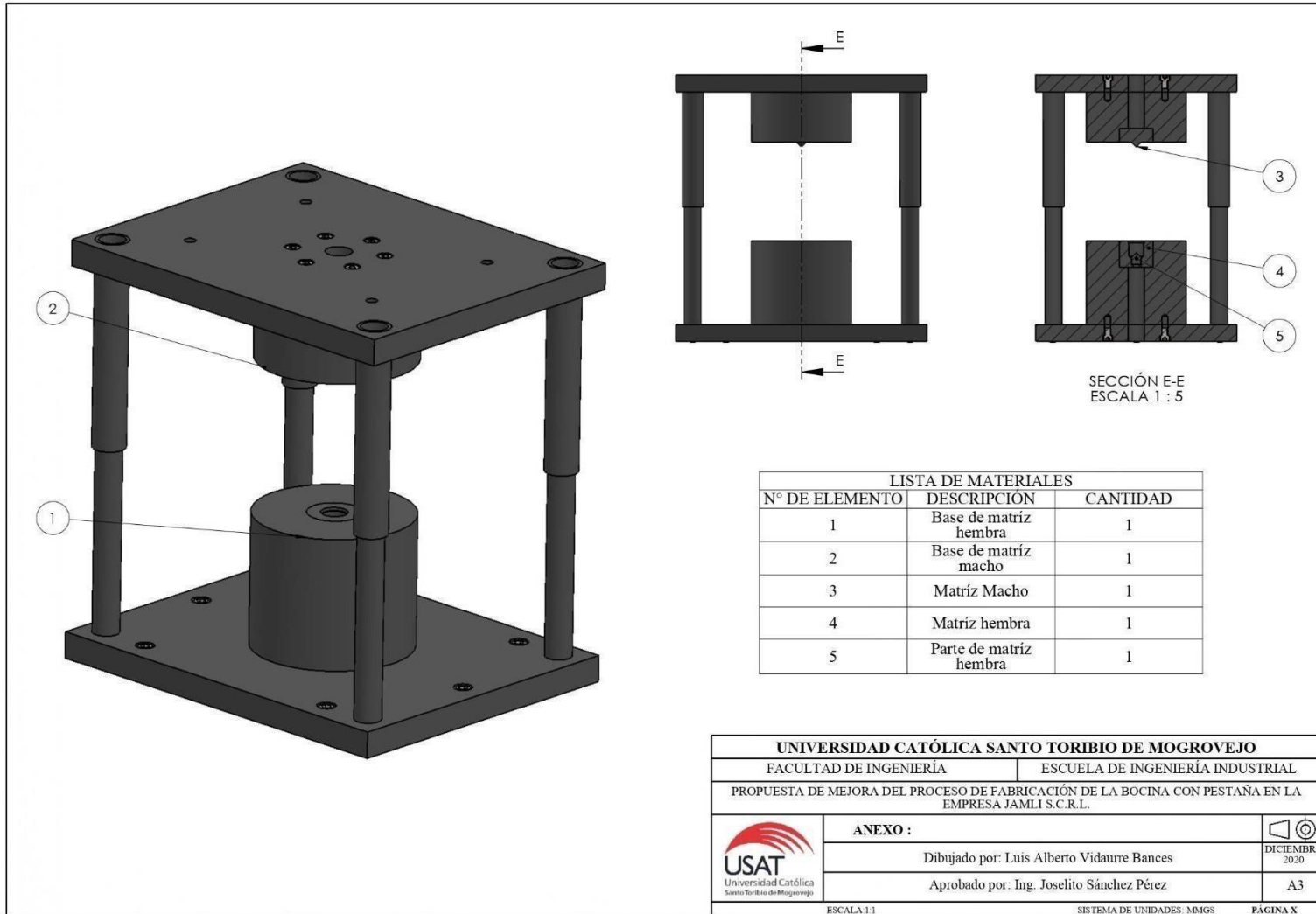


Figura 35. Detalle matriz propuesta bocina con pestaña

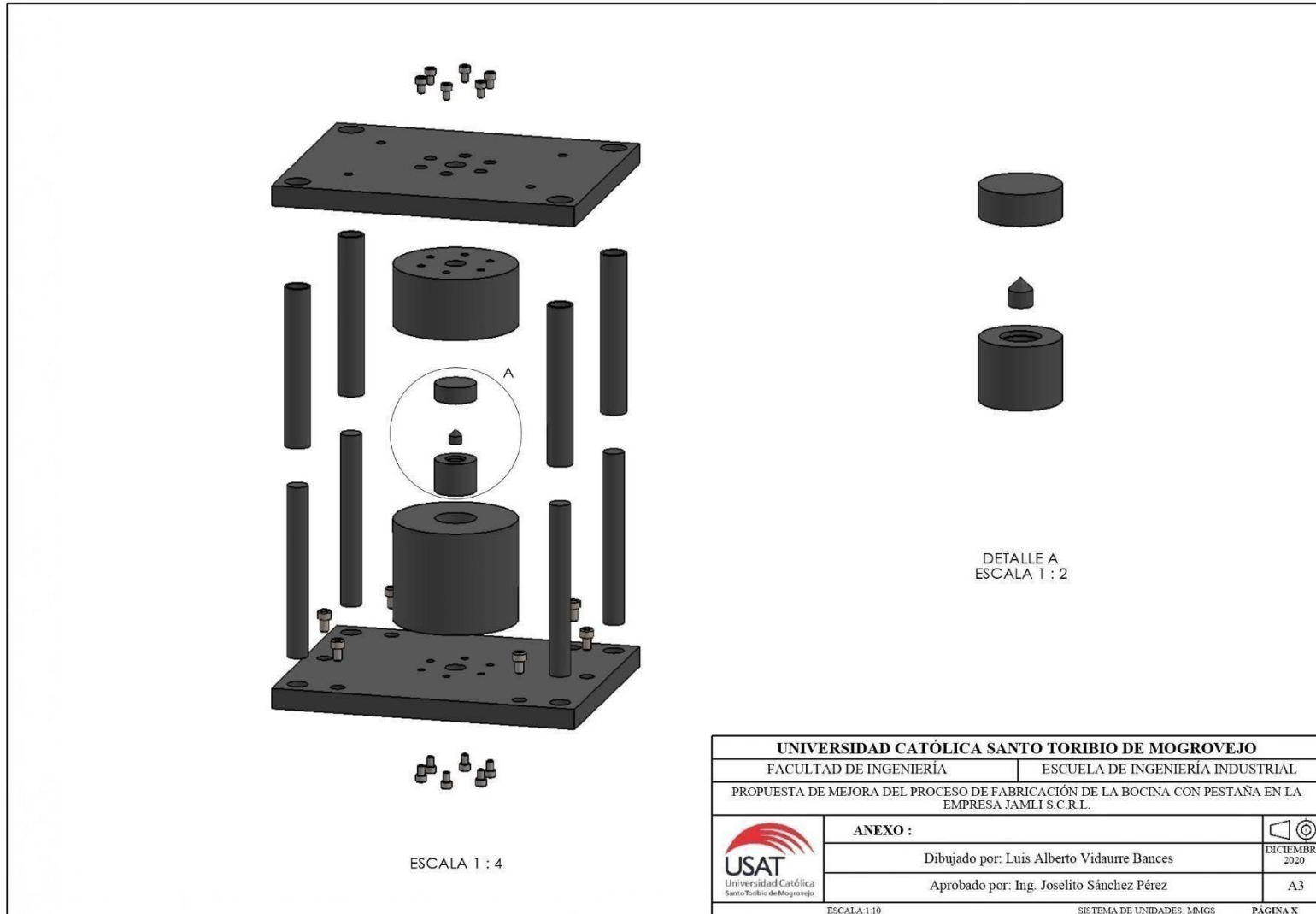


Figura 36. Vista explosionada matriz

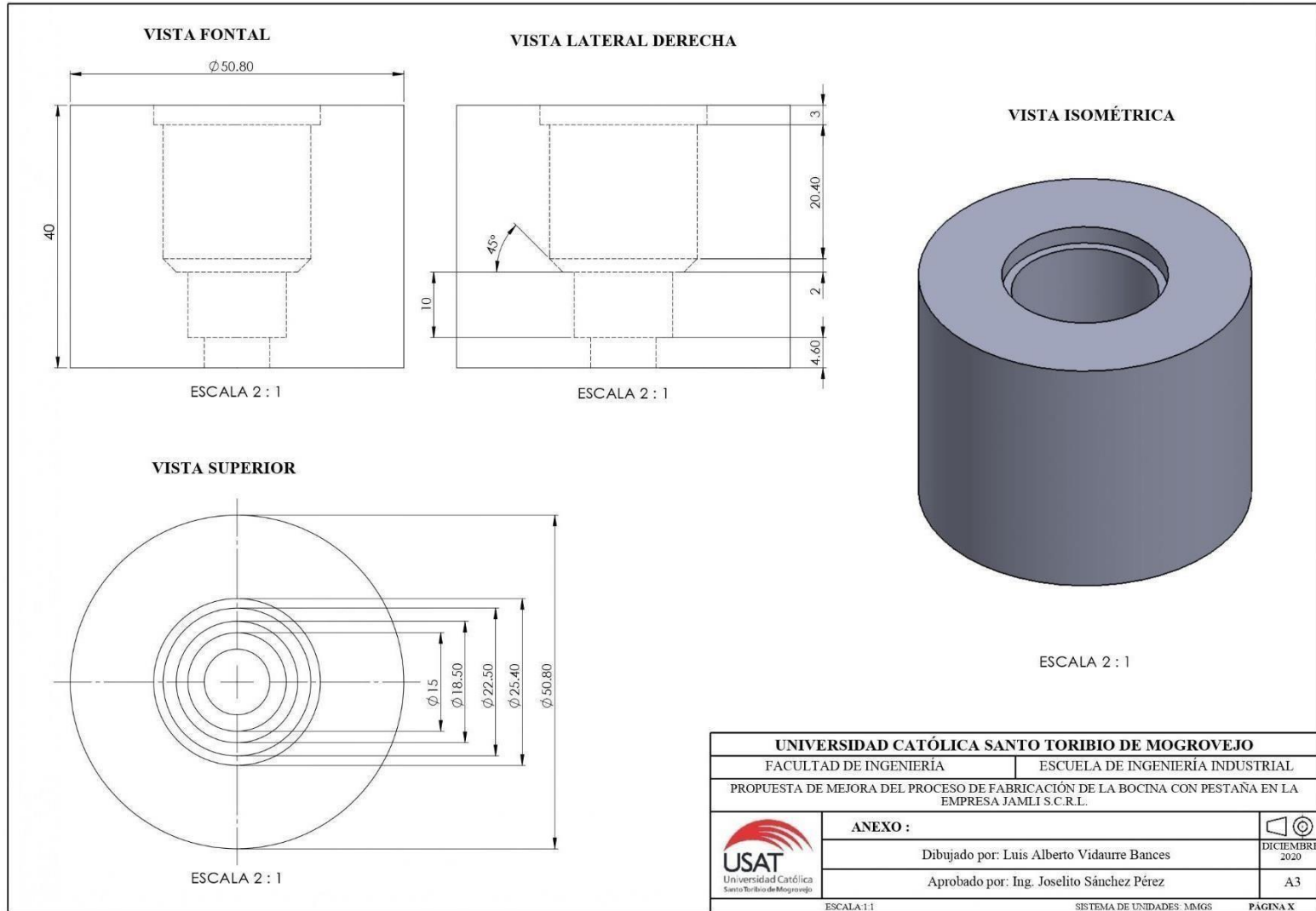


Figura 37. Detalle matriz hembra

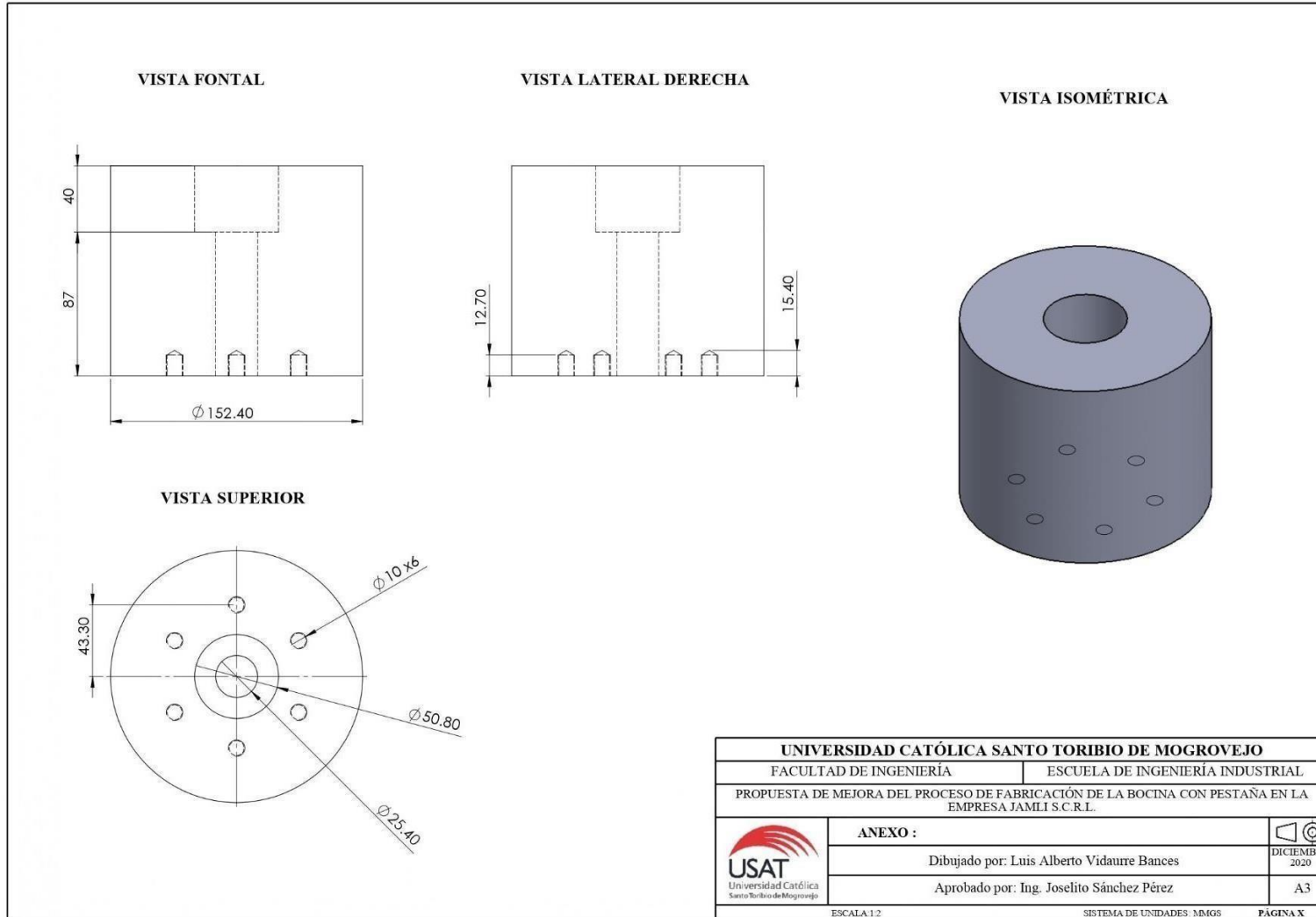


Figura 38. Soporte matriz hembra

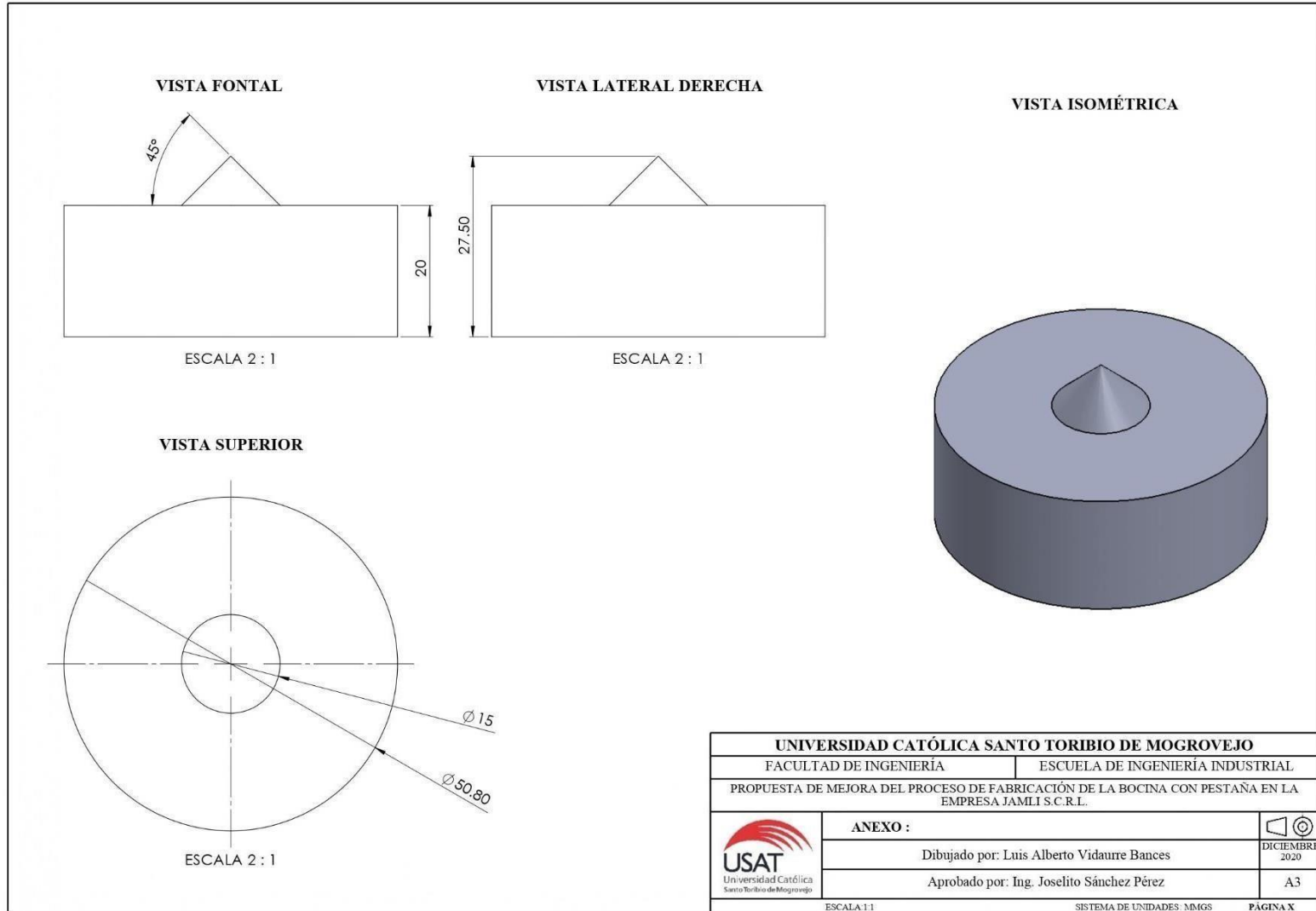


Figura 39. Detalle matriz macho

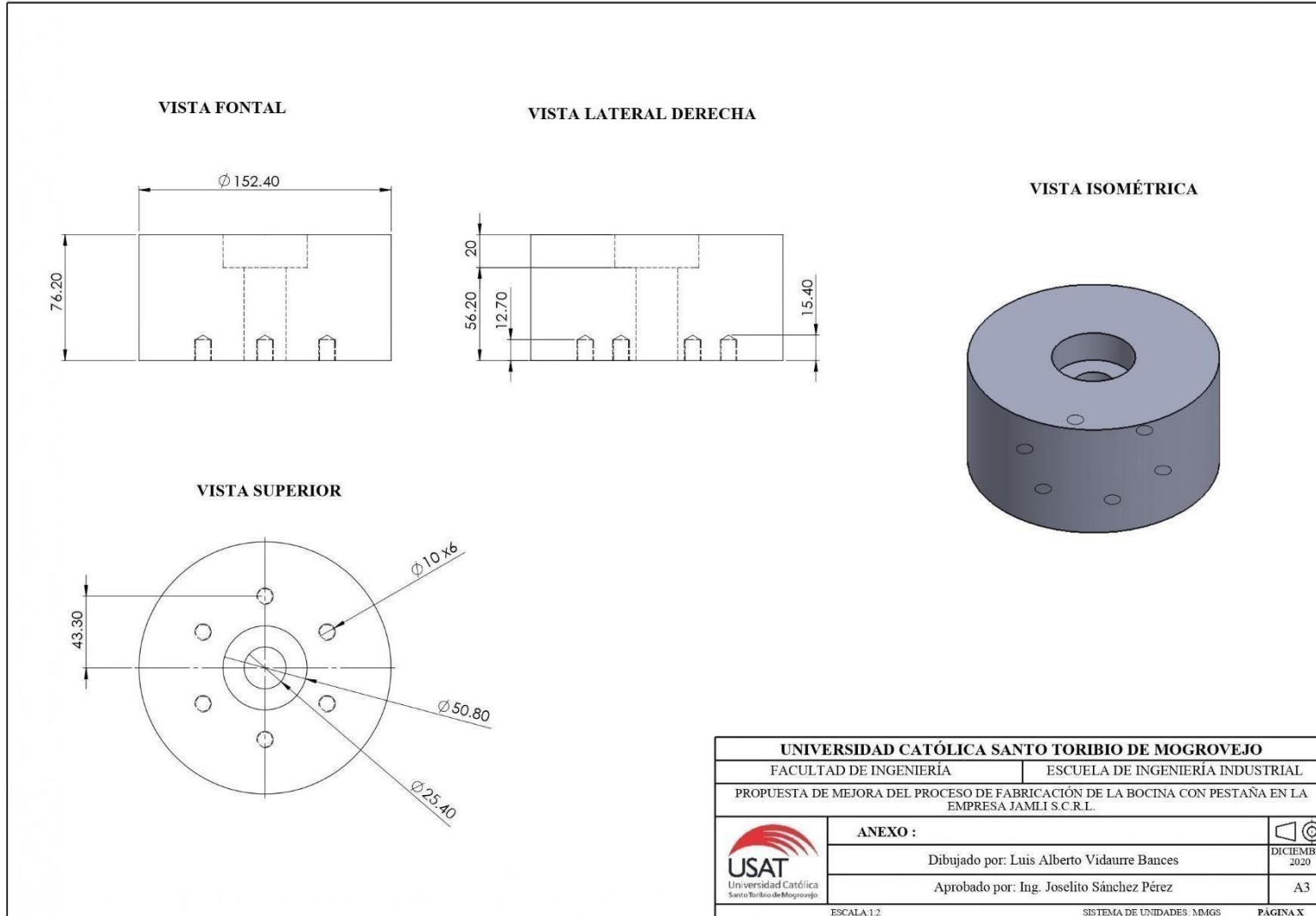


Figura 40. Soporte matriz macho

En las páginas anteriores se han mostrado los detalles de los principales componentes de la prensa excéntrica, así como el detalle para la matriz diseñada para la bocina con pestaña de 22,5 mm. En caso se desee adaptar para otras medidas, lo único que cambia son las medidas de la matriz hembra.

Como se explicó previamente, los tochos (pedazos de barra redonda cizallados o cortadas en la prensa excéntrica), ingresarán en caliente a la prensa excéntrica. Por ello, a continuación se presenta el detalle del subsistema de horneado.

B. Subsistema de horneado (Fragua)

El subsistema de horneado está compuesto por una fragua que es alimentado por dos tanques, uno de oxígeno y otro de acetileno para generar la llama. A continuación se presenta el subsistema de horneado en una vista renderizado.

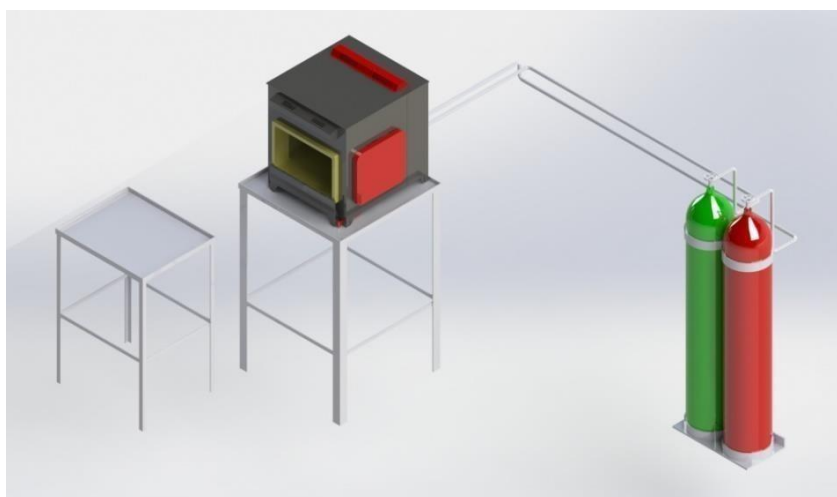


Figura 41. Subsistema de horneado (fragua)

La fragua estará ubicada sobre una mesa a una altura cómoda para el operario. El operario tomará con un sujetador los tochos de bocina, la colocará a la forja y una vez calientes las pondrá en la mesa de la izquierda, para que el operario de prensado pueda tomarla y de esa manera iniciar el proceso de forjado en caliente en prensa excéntrica. Los tanques de oxígeno (verde) y acetileno (rojo), están separados por un muro, con la presencia de un extintor y señalizado totalmente como se muestra en la siguiente figura.

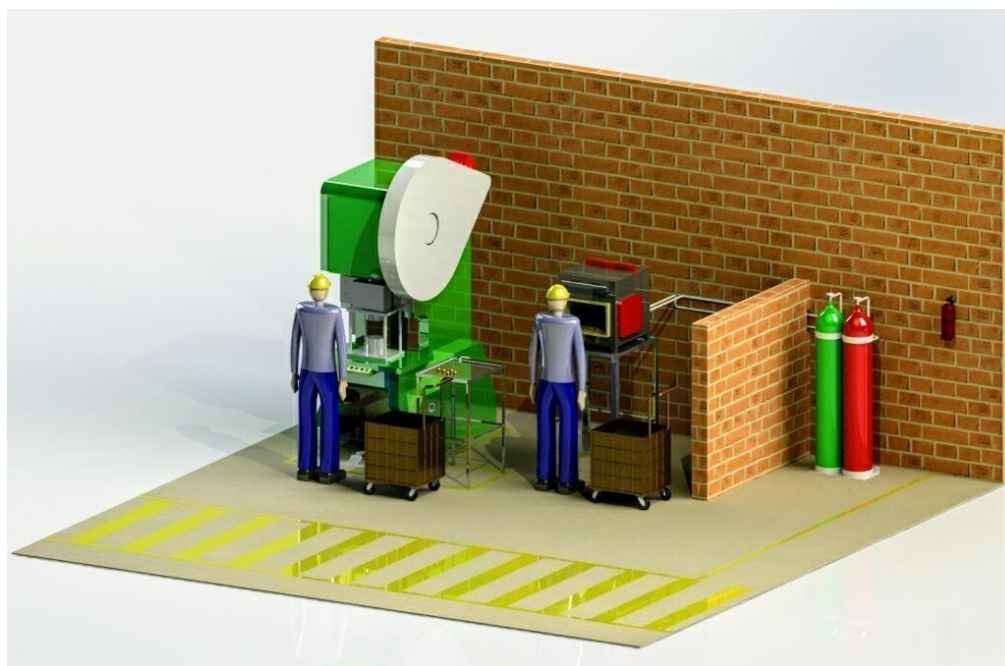


Figura 42. Ubicación del subsistema de horneado en el plano general de la propuesta

A continuación se muestra una figura donde se acerca con mayor detalle la ubicación del subsistema de horneado. Se puede observar de izquierda a derecha el extintor, el tanque de acetileno, el tanque de oxígeno, el muro de contención, las conexiones a la fragua, el soporte de la fragua, el transportador de tochos (que ya de se detallará en el siguiente subsistema), y la mesa donde se ubicarán los tochos calentados listas para pasar al proceso de forjado en caliente en la prensa excéntrica.



Figura 43. Vista a detalle de subsistema de horneado

En la siguiente hoja se muestra a detalles los planos del subsistema de horneado.

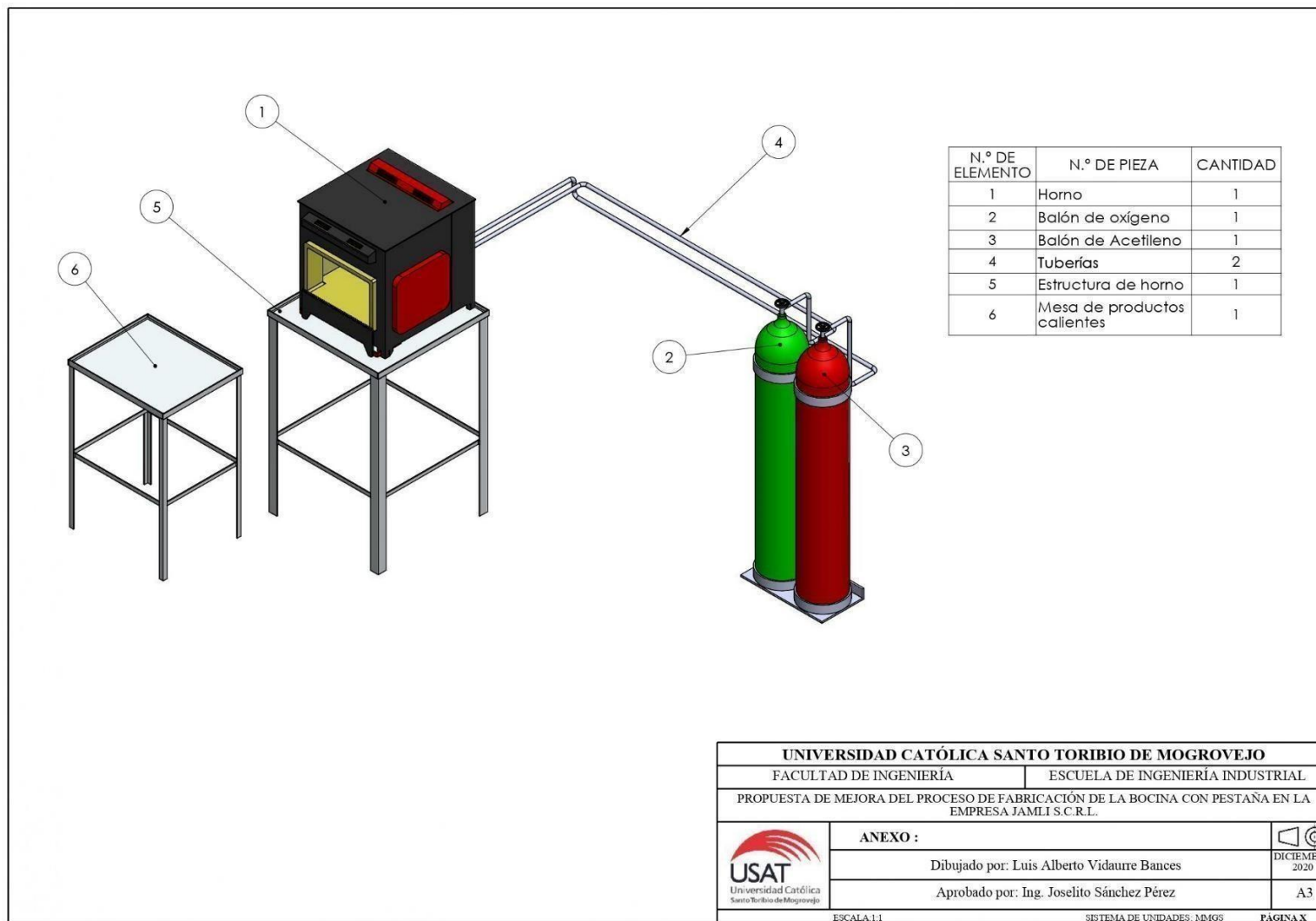


Figura 44. Subsistema de horneado

C. Subsistema de transporte y almacenamiento

Como se ha podido observar en las anteriores imágenes renderizadas, se cuenta con 2 carritos transportadores, cada uno con una función en especial. Un primer carrito transportador tiene como principal función transportar los tochos a la fragua, y el segundo de almacenar las bocinas con pestaña ya forjadas. La capacidad para el producto en estudio es de 3000 unidades. A continuación, se presenta una vista renderizada del mismo.



Figura 45. Subsistema de transporte vista renderizada

En la siguiente imagen se muestra su integración en el sistema general propuesto.



Figura 46. Integración de carritos en el sistema propuesto

En la siguiente hoja se muestra a detalles los planos de los carritos transportadores.

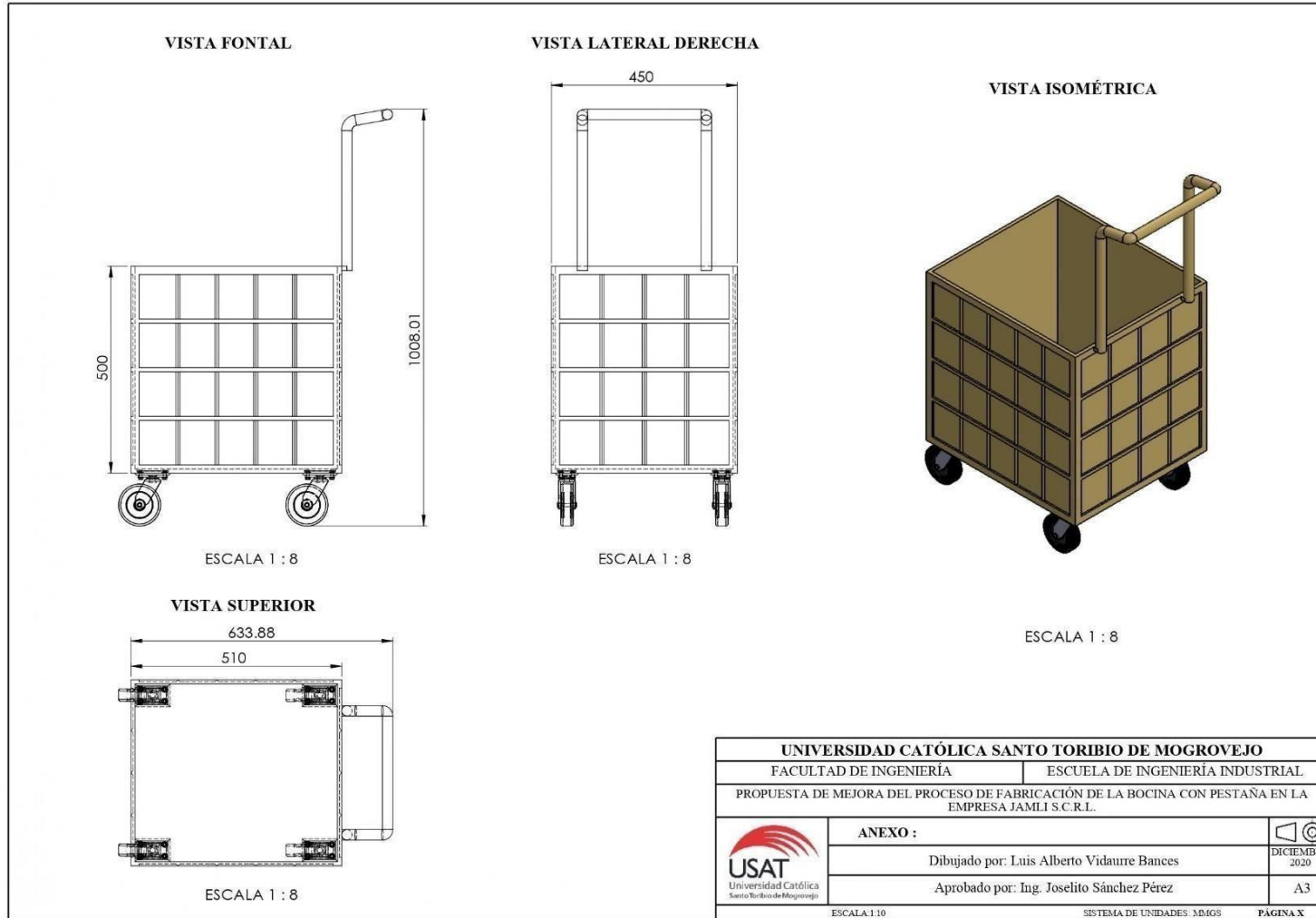


Figura 47. Subsistema de transporte

Para el proceso de forjado fue necesario disponer de medidas de seguridad en el puesto de trabajo, para ello se realizó una matriz IPERC, identificando los peligros, evaluando los riesgos y proponiendo medidas preventivas y de control. Los valores para su cálculo se muestran en el anexo 2.

Tabla 18. IPERC puesto de trabajo forjado bocinas con pestaña

Puesto de Trabajo	Peligro	Riesgo	A	B	C	D	P	G	P X G	NR	MP
Forjado de bocinas con pestaña	Físico	Proyección de partículas durante las operaciones de forja.	1	1	1	3	6	1	6	Tolerable	Se mantendrá una distancia de seguridad y se usarán los equipos de protección personal, fundamentalmente, para ojos y cara.
	Físico	Atrapamiento en prensa.	1	1	1	3	6	2	12	Moderado	Realizar revisiones periódicas e instalar en la máquina un sistema de antirrepetición del golpe.
	Físico	Golpes y sobreesfuerzos por manipulación de piezas.	1	1	1	3	6	2	12	Moderado	Se mantendrá una distancia de seguridad y se usarán los equipos de protección personal.
	Físico	Quemaduras a consecuencia de manipulación de piezas en horno.	1	1	1	3	6	2	12	Moderado	Se mantendrá una distancia de seguridad y se usarán los equipos de protección personal.
	Físico	Estrés térmico por radiación de calor.	1	1	1	3	6	1	6	Tolerable	Se mantendrá una distancia de seguridad, se usarán los equipos de protección personal, se realizarán pausas activas fuera del lugar del proceso y se les dispondrá agua.
	Químico	Inhalación de polvo en el ambiente: metálico, nieblas, gases de combustión.	1	1	1	3	6	2	12	Moderado	Se mantendrá una distancia de seguridad y se usarán los equipos de protección personal.

(A) Índice de personas expuestas. (B) Índice de controles existentes. (C) Índice de capacitación. (D) Índice de exposición al riesgo. (P) Probabilidad. (G) Gravedad. (NR) Nivel de riesgo. (MP) Medidas preventivas.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se mostró la realización de la matriz IPERC, donde se tienen dos posibles peligros con nivel de riesgo tolerable y 4 peligros con nivel de riesgo moderado. Para llegar a esta conclusión fue necesario valorar diversos factores como el índice de personas expuestas en caso de accidentes, el índice de controles actuales existentes, el índice de capacitación hacia los operarios frente a los peligros de su trabajo y los riesgos que conllevaban y el índice de exposición al riesgo que estaban en su día a día. Se dispuso las medidas preventivas necesarias para la correcta supervisión de la actividad de forjado y se sugiere mantener un constante seguimiento a los peligros que pueden causar un nivel de riesgo moderado.

A lo largo del proceso de producción se identificaron asimismo los siguientes residuos. Es por ello, que en la siguiente tabla se muestran los residuos obtenidos del puesto de trabajo de forjado en caliente, sus puntos exactos de generación así como el grado de gestión a realizar para cada uno de ellos.

Tabla 19. Identificación de residuos en el puesto de trabajo de forjado en caliente bocinas con pestaña

Residuo	Punto de generación	Grado de gestión
Cenizas, polvo	Horno	Disposición y almacenamiento adecuado para envío a las EPS.
Partículas metálicas	Cortado, Prensa y Torno	Disposición y almacenamiento adecuado para posterior venta y tratamiento.
Refrigerante	Prensa	Reuso del líquido refrigerante a través de la recirculación hasta su consumo total en la prensa.

Fuente: Elaboración propia

Los 3 residuos principales del proceso de forja en caliente de bocinas con pestaña son las cenizas y/o polvo, proveniente del horno y cuya gestión será la disposición y el almacenamiento adecuado para su envío a las EPS (empresa prestadoras de servicios); las partículas metálicas, provenientes de las etapas de cortado, prensa y torno, cuya gestión será su disposición y almacenamiento adecuado para su posterior venta y tratamiento; y finalmente el refrigerante, cuyo punto de generación es la prensa y su gestión se basará en el reuso del líquido refrigerante a través de su recirculación hasta su consumo total en la prensa.

A continuación se detalla las especificaciones técnicas a utilizar por los equipos en función a su consumo eléctrico, ya la fuerza de la prensa excéntrica.

Tabla 20. Datos de consumo eléctrico prensa excéntrica

Ítem	Dato
Equipo	Prensa excéntrica
Potencia en HP	5 HP
Potencia en Watts	3729 W
Costo kWh BT5B – No residencial	0,5306 soles
kWh	3,729 kWh
Horas de trabajo propuesta	8 horas
Días de trabajo al mes	26
Costo aproximado de operación al mes	411,5 soles
Fuerza	100 TN

Fuente: Elaboración propia

Se consideró la prensa excéntrica de 100 toneladas, cuyo criterio de selección fue debido a que ya se encontraba instalada en la empresa, y se decidió utilizarla para aprovechar al máximo todos los recursos con los que ya se contaba la organización, disminuyendo de esta manera el costo final de la propuesta a realizar.

Con lo que respecta al horno fragua, la temperatura de forjado depende mucho del material a trabajar. La materia prima principal para el forjado en caliente de la bocina

con pestaña es la barra redonda lisa de acero de 7/8 x 6 metros. El tipo de acero de esta barra es de grado SAE 1045, cuyos usos principales son en la fabricación de pernos y tuercas en caliente o mecanizados, así como su uso para fabricar ejes, pines, pasadores, etc. La temperatura para su forjado (según manual de fabricante, anexo 3) es a un rango de temperatura entre 850°C a 1100°C. Al momento de la operación, el operario deberá verificar que el controlador de temperatura del horno marque estos grados de operación, y también podrá guiarse con el color que presenta la pieza que debe ser de un color rojo cereza como el que se muestra en la siguiente figura.



Figura 48. Imagen referencial para forjado en caliente

A continuación se presenta una imagen referencial del horno fragua a fabricar, el cual deberá contar con un controlador de temperatura.



Figura 49. Imagen referencial horno fragua

El principio de funcionamiento del horno fragua, se basa en colocar un lote de producción al horno, y luego, durante un tiempo (que será hallado y calibrado con estudios in situ una vez implementado el horno), llegará al rango de temperatura

determinado (850°C), para que luego el operario proceda a retirarlos y pasarlos a la siguiente de operación de forjado en la prensa excéntrica. Para esto, será necesario instalar un controlador de temperatura que apoye al operario a determinar cuándo es el momento exacto para retirar las piezas (además de guiarse del color de la pieza). Será necesario trabajar por lotes de producción para asegurar la eficiencia del proceso.

3.2.2 Distribución de planta

Se realizó la distribución de planta tomando en cuenta la metodología de SLP (System Layout Planning), la cual permite mejorar el flujo de producción reduciendo tiempos de transporte y distancias. Para ello, en primer lugar es importante determinar las principales áreas de la empresa y a ella, sumarle la nueva área de horneado, que está compuesto por el subsistema de horneado ya explicado previamente. A continuación, se presentan las áreas a determinar para realizar la nueva distribución de planta.

1. Oficinas administrativas (OAD).
2. Almacén de materia prima (AMP).
3. Habilitado de materia prima (HMP)
4. Área de tornos (ATN)
5. Área de prensa excéntrica (APE)
6. Área de horneado (AHN)
7. Área de corte por láser (ACL)
8. Área de soldadura (ASD)
9. Área de pintado (APD)
10. Área de taladros (ATD)
11. Servicios higiénicos (SSHH)
12. Almacén de productos terminados (APT)
13. Almacén de repuestos, herramientas y materiales de mantenimiento (ARHM)
14. Área de ingreso y salida de vehículos (AISV)
15. Almacén de residuos sólidos (ARS)

A continuación se presenta la tabla de relaciones de áreas teniendo en cuenta las iniciales y números de las áreas destinadas.

Tabla 21. Tabla de relaciones de áreas

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		OAD	AMP	HMP	ATN	APE	AHN	ACL	ASD	APD	ATD	SSHH	APT	ARHM	AISV	ARS
1	OAD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	AMP	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	HMP	U	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	ATN	U	U	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	APE	U	U	I	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	AHN	U	U	U	U	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	ACL	U	I	A	U	U	U	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	ASD	U	U	U	I	U	U	U	-	-	-	-	-	-	-	-
9	APD	U	U	U	U	U	U	U	I	-	-	-	-	-	-	-
10	ATD	U	U	U	I	A	U	U	U	U	-	-	-	-	-	-
11	SSHH	I	U	U	U	U	U	U	U	U	U	-	-	-	-	-
12	APT	I	I	U	U	U	U	U	U	I	U	A	-	-	-	-
13	ARHM	U	I	U	U	U	U	U	I	I	I	I	U	-	-	-
14	AISV	I	A	U	U	U	U	U	U	U	U	U	A	I	-	-
15	ARS	U	U	U	I	U	U	U	U	U	I	U	U	U	U	-

A continuación se muestra el diagrama de relaciones de actividades.

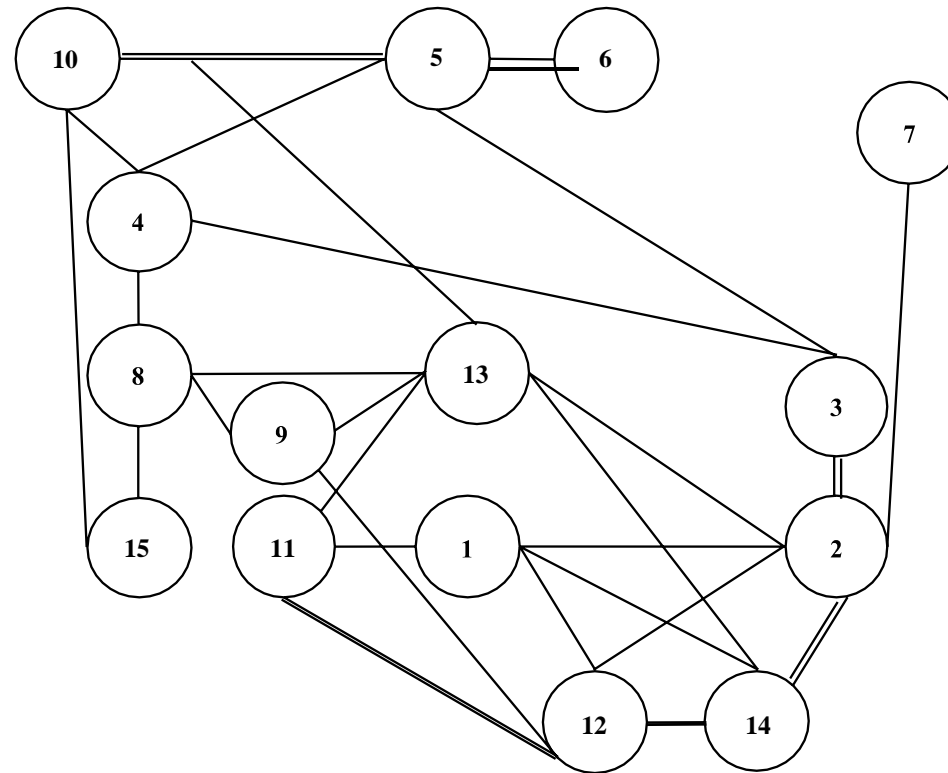


Figura 51. Diagrama de relaciones de las actividades

A continuación se muestra en base a lo trabajado, una proyección de la distribución de áreas en la empresa.

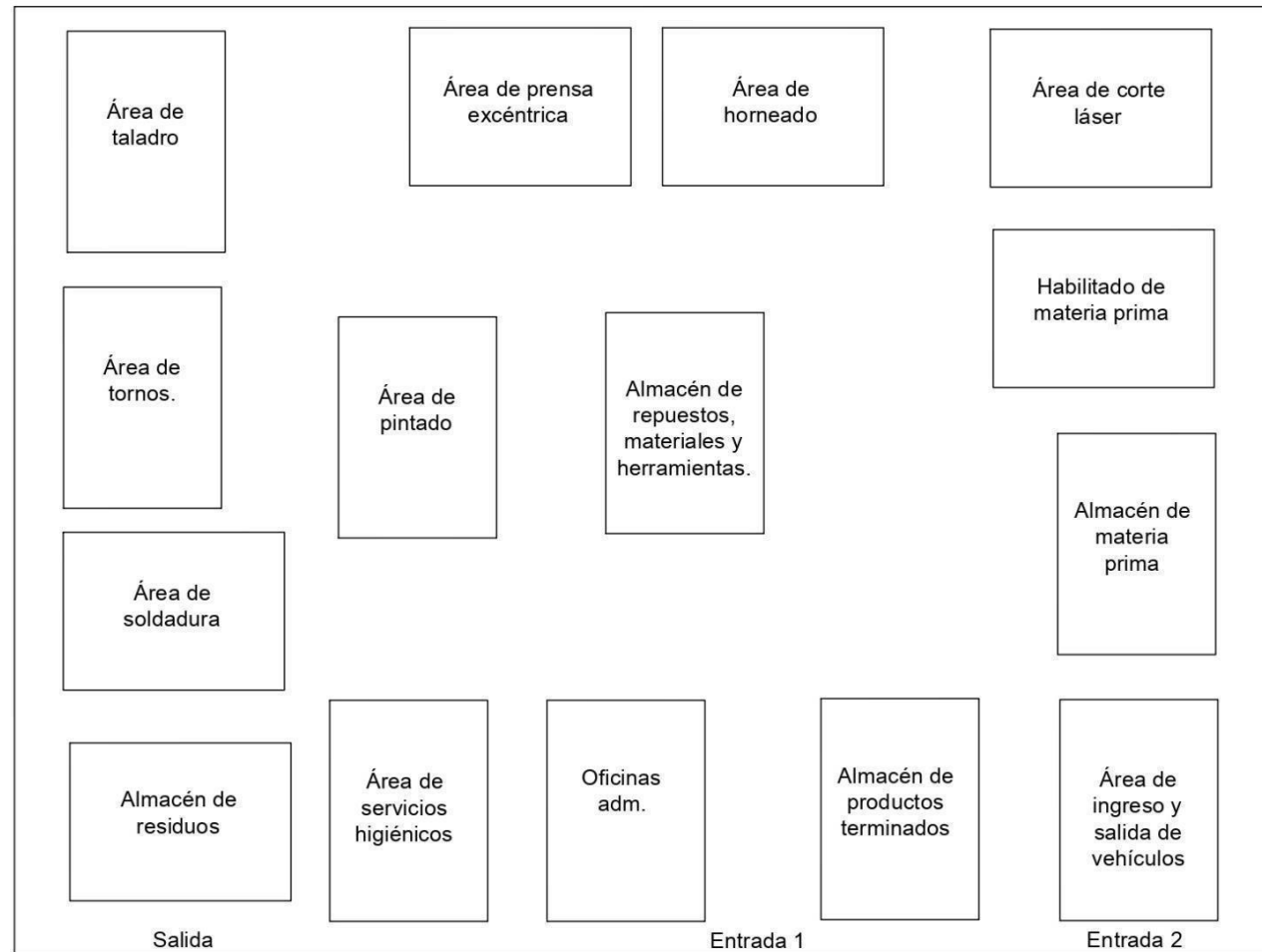


Figura 52. Proyección de distribución de áreas en la empresa

3.2.3 Propuesta de implementación de 5S

Fue necesario brindar una propuesta de implementación de las 5S (Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar y Disciplina), para de esta manera contar con todos lo necesario en el proceso de fabricación de bocinas con pestaña y reducir tiempos improductivos. Se logró diseñar una estrategia para cada S con su propósito, los pasos propuestos a seguir, los recursos necesarios y los resultados a esperar.

Tabla 22. Clasificar

Ítem	Respuesta
Propósito	Disponer de un área de trabajo donde se pueda encontrar de manera rápida y sencilla todas las herramientas necesarias para el proceso de fabricación de bocinas con pestaña.
Estrategia de implementación	<ul style="list-style-type: none"> - Reconocer y agrupar en un espacio designado de cada área todas las herramientas, artículos, mobiliario y material que pueda ser innecesario. - Marcar con una tarjeta roja todo lo que se va a eliminar definitivamente y con amarillo todo lo que se debe renovar o dar mantenimiento. - Eliminar lo rojo y enviar a mantenimiento y renovar lo amarillo. - Sensibilizar al personal de la importancia de clasificar el material necesario como el innecesario o en mal estado.
Clasificar	
Recursos necesarios	<ul style="list-style-type: none"> - Tarjetas rojas y amarillas. - Espacio dentro de cada área para agrupar todo lo innecesario.
Responsable	Comité 5S
Resultados esperados	<ul style="list-style-type: none"> - Lugares, pasadizos y espacios libres de objetos inservibles e innecesarios. - Más espacio para el transporte de producto en proceso. - Más espacio para el flujo de recorrido de los operarios, impactando positivamente en menos accidentes laborales.

A continuación se presenta el propósito, estrategias, responsables, recursos necesarios y resultados esperados para la segunda S de ordenar.

Tabla 23. Ordenar

Ítem	Respuesta
Propósito	Disponer de un lugar y orden para cada herramienta, máquina, artículo y que sea adecuado y flexible al trabajo realizado en cada área, que esté señalizado y listo para ser utilizado.
Estrategia de implementación	<ul style="list-style-type: none"> - Asignar y reconocer un lugar señalizado para cada artículo, máquina y herramienta. - Determinar la cantidad exacta de inventario que debe haber en el lugar designado. - Verificar que todo artículo, herramienta o máquina siempre esté listo para ser utilizado. - Sensibilizar al personal de la importancia de que cada artículo que sale siempre debe regresar a su lugar.
Recursos necesarios	<ul style="list-style-type: none"> - Stickers de señalización para pisos, paredes y pizarras. - Pintura para marcaje de paredes.
Responsable	Comité 5S
Resultados esperados	<ul style="list-style-type: none"> - Artículos, objetos, máquinas y herramientas fáciles de encontrar, reduciendo tiempos y movimientos innecesarios. - Mejor apariencia de las áreas de trabajo. - Todas las herramientas, máquinas, artículos, objetos quedan donde deberían estar al culminar el turno. - Mayor motivación por parte de los operarios, jefes y visitas externas al contar con un lugar visiblemente ordenado. - Controles visuales para mejorar el trabajo en cada área de la empresa.

A continuación se presenta el propósito, estrategias, responsables, recursos necesarios y resultados esperados para la tercera S de limpiar.

Tabla 24. Limpieza

Ítem	Respuesta
Propósito	Tomar acción para mantener limpias de manera constante las áreas de trabajo.
Estrategia de implementación	<ul style="list-style-type: none"> - Adquisición de materiales y utensilios necesarios para limpiezas de todas las áreas. - Asignación de los espacios en la empresa donde se contará con los implementos de limpieza. - Programación de horarios de limpieza al iniciar el turno, culminar el turno, iniciar la semana y culminar la semana de trabajo. - Sensibilización a los colaboradores sobre la importancia del hábito de la limpieza de las áreas de trabajo.
Limpiar	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilización a los colaboradores de la correcta utilización del área de residuos y desechos.
Recursos necesarios	- Escobas, franelas, trapeadores, barriles de basura, bolsas plásticas negras, alcohol, tinner, baldes, recogedores.
Responsable	Comité 5S
Resultados esperados	<ul style="list-style-type: none"> - Lugar de trabajo seguro, limpio y confortable. - Mayor duración de vida útil de los activos de la empresa. - Menor cantidad de accidente y riesgo a contraer enfermedades. - Mayor motivación en los colaboradores para elaborar productos con todas las condiciones de calidad posible.

Acontinuación, se presenta el propósito, estrategias, responsables, recursos necesarios y resultados esperados para la cuarta S de estandarizar.

Tabla 25. Estandarizar

Ítem	Respuesta
Propósito	Documentar y controlar los protocolos y pasos seguidos a lo largo de la implementación de las 5S.
Estrategia de implementación	- Realizar la documentación necesaria para la propuesta del plan 5 S (Cronograma, Responsables, Estrategias). - Sensibilizar al personal de la ubicación del mural 5S con todo lo relacionado a la implementación de la propuesta.
Estandarizar Recursos necesarios	- Mural, hojas bond, impresora, pizarra, plumones.
Responsable	Comité 5S
Resultados esperados	- Evitar que todo lo planificado en los pasos anteriores se pierda por trivialidades. - Tener documentada toda la estrategia a implementar. - Los colaboradores tendrán siempre presente lo que se está trabajando para llevar a cabo las 5S.

A continuación, se presenta el propósito, estrategias, responsables, recursos necesarios y resultados esperados para la quinta S de disciplina.

Tabla 26. Disciplina

Ítem	Respuesta
Propósito	Desarrollar el hábito de la cultura de las 5S.
Estrategia de implementación	<ul style="list-style-type: none"> - Comunicar los resultados de los avances de las 5S en el mural 5S. - Generar reuniones donde se recopile el feedback de los trabajadores. - Premiar al colaborador 5S. - Sensibilizar a los colaboradores de la importancia de construir un hábito 5S en cada una de las áreas de la empresa.
Disciplina	
Recursos necesarios	- Mural, hojas bond, impresora, pizarra, plumones.
Responsable	Comité 5S
Resultados esperados	<ul style="list-style-type: none"> - Cultura 5S en cada una de las áreas de la empresa. - Participación de todos los colaboradores hacia la mejora continua.

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que es importante que para cada actividad se forme un comité 5S, compuesto por miembros de la dirección de la empresa como personal operario.

3.2.4 Estandarización de procesos

Con la implementación del nuevo puesto de trabajo de forjado en caliente, la nueva distribución de áreas y la aplicación de los 5S, el proceso de fabricación de bocinas con pestaña se ha visto modificado. Es por ello, que se determinó las nuevas actividades teniendo en cuenta nuevos tiempos que fueron determinados en colaboración con el personal operario de la empresa. Los tiempos promedio establecidos con las nuevas actividades se presentan a continuación:

Tabla 28. Nuevas actividades del proceso propuesto

N°	Actividad	Tiempo estimado	Detalle
1	Transporte MP (barra de 6 metros hacia prensa de corte)	1 minuto por barra	De 1 barra de 6 metros salen hasta 200 tochos de 30 mm
2	Corte y habilitado de materia prima en prensa	10 segundos de corte por tocho	Realizado en prensa excéntrica con matriz de corte
3	Transporte de tochos al horno	10 minutos por carrito transportador	Capacidad de carrito transportador (3000 tochos)
4	Horneado	10 segundos por cada pieza	Horno fragua alimentado con oxígeno y acetileno.
5	Transporte de tocho caliente a prensa excéntrica	10 minutos por carrito transportador	Capacidad de carrito transportador (3000 tochos)
4	Forjado en caliente	10 segundos por cada pieza	Forja en caliente en prensa excéntrica.
5	Transporte a torno	10 minutos por carrito transportador	Capacidad de carrito transportador (3000 bocinas con pestaña forjadas)
6	Taladrado	15 segundos por pieza	Alimentación de pieza en torno, taladrado y ubicación en carrito transportador.
7	Transporte hacia almacén	10 minutos por carrito transportador	Capacidad de carrito transportador (3000 bocinas con pestaña)

Fuente: Elaboración propia

En base a los tiempos estimados se presenta en la siguiente tabla los tiempos promedio para 1 unidad.

Tabla 29. Tiempos promedios estimados en el proceso de producción propuesto

N°	Actividad	Tiempo promedio estimado para 1 unidad
1	Transporte de materia prima hacia corte y habilitado.	0,3 s
2	Corte y habilitado de materia prima en prensa.	10 s
3	Transporte de tochos al horno.	0,2 s
4	Horneado	10 s
5	Transporte de tochos a prensa excéntrica	5 s
6	Forjado en caliente	10s
7	Transporte a torno	0,2 s
8	Taladrado	15 s
9	Transporte hacia almacén	0,2 s

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, es importante mencionar que se cuentan con actividades de calibración, que toman determinados tiempos para cualquier lote de producción que se vaya a trabajar.

Tabla 30. Actividades de preparación y calibración

N°	Actividades	Tiempo promedio estimado
1	Calibración de prensa para corte de tochos	30 minutos para cualquier lote de producción
2	Calibración de prensa para forjado	30 minutos para cualquier lote de producción
3	Preparación del horno para calentamiento de piezas	20 minutos para cualquier lote de producción

Fuente: Elaboración propia

Se procedió a calcular los tiempos normales con el sistema de Westinghouse, teniendo una variación 0 para cada actividad con esfuerzo, habilidad, condiciones y consistencia regular.

Tabla 31. Cálculo de tiempo normal

N°	Actividad	Tiempo promedio estimado para 1 unidad	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Factor de calificación	Tiempo normal
1	Transporte MP (barra de 6 metros hacia prensa de corte)	0,3 s	0	0	0	0	1	0,3
2	Corte y habilitado de materia prima en prensa	10 s	0	0	0	0	1	10
3	Transporte de materia prima al horno	0,2 s	0	0	0	0	1	0,2
4	Horneado	10 s	0	0	0	0	1	10
5	Transporte a prensa excéntrica	5 s	0	0	0	0	1	5
6	Forjado en caliente	10 s	0	0	0	0	1	10
7	Transporte a torno	0,2 s	0	0	0	0	1	0,2
8	Taladrado	15 s	0	0	0	0	1	15
9	Transporte hacia almacén	0,2 s	0	0	0	0	1	0,2

Se procedió a calcular los tiempos estándar teniendo en cuenta los diversos suplementos establecidos por la Organización Internacional del Trabajo.

Tabla 32. Cálculo de tiempo estándar

N°	Actividad	Tiempo normal	Suplemento de necesidades personales	Suplemento de fatiga	Suplemento de trabajo de pie	Trabajo bastante monótono	Trabajo preciso	Suplementos totales	Tiempo estándar
1	Transporte MP (barra de 6 metros hacia prensa de corte)	0,3 s	5	4	2	-	-	1.11	0.33 s
2	Corte y habilitado de materia prima en prensa	10 s	5	4	2	1	2	1.14	11.4 s
3	Transporte de tocho al horno	0,2 s	5	4	2	-	-	1.11	0.22 s
4	Horneado	10 s	5	4	2	1	2	1.14	11.4 s
5	Transporte de tocho a prensa excéntrica	5 s	5	4	2	-	-	1.11	5.55 s
6	Forjado en caliente	10 s	5	4	2	1	2	1.14	11.4 s
7	Transporte a torno	0,2 s	5	4	2	-	-	1.11	0.22 s
8	Taladrado	15 s	5	4	2	1	2	1.14	17.1 s
7	Transporte hacia almacén	0,2 s	5	4	2	-	-	1.11	0.22 s

Fuente: Elaboración propia

3.2.5 Capacitación al personal

El contar con capacitaciones al personal permitirá mejorar sus competencias laborales. Se programó diversos entrenamientos los cuales se detallan en al siguiente tabla.

Tabla 33. Programa de capacitación al personal de la empresa

Capacitación	Participantes	Horas	Temas específicos	Estrategias	Facilitador	Recursos	Presupuesto
Forjado en caliente en prensa excéntrica	Todos los trabajadores de la empresa	5 horas	Forjado en caliente Calibración de prensa excéntrica	Entrega de boletín informativo sobre partes, componentes y funcionalidades de prensa excéntrica. Curso Taller: Calibración de prensa excéntrica, consideraciones de seguridad y salud en el trabajo.	1. Invitado especialista externo.	1. Material para demostraciones en vivo.	S/.250
Horneado de tochos de acero en fragua	Todos los trabajadores de la empresa	5 horas	Uso de oxígeno y acetileno. Preparación de horno fragua.	Entrega de boletín informativo sobre partes, componentes y funcionalidades de horno fragua. Curso Taller: Preparación de horno fragua, consideraciones de seguridad y salud en el trabajo.	1. Invitado especialista externo.	1. Material para demostraciones en vivo.	S/.250
Seguridad y Salud en el Trabajo	Todos los trabajadores de la empresa	5 horas	Uso de EPP Simulacro contra incendios Seguridad laboral Salud ocupacional	Entrega de boletín informativo sobre consideraciones de seguridad y salud en el trabajo Curso Taller: Uso y manejo de extintores. Simulacros frente a sismos e incendios, explicación de uso de EPP.	1. Invitado especialista externo.	1. Material para demostraciones en vivo	S/.250
Liderazgo, comunicación efectiva y trabajo en equipo	Todos los trabajadores de la empresa	5 horas	Liderazgo Comunicación asertiva y efectiva Trabajo en equipo	Entrega de boletín informativo sobre estrategias para ser mejor líder, comunicarse mejor y trabajar en equipo Curso Taller: Liderazgo, comunicación y trabajo en equipo.	1. Invitado especialista externo.	1. Material para dinámicas en vivo.	S/250

Fuente: Elaboración propia

Cronograma Gantt para Capacitación del personal.

El cronograma de capacitaciones se presenta en la siguiente tabla

Tabla 34. Cronograma de capacitaciones anual

Actividades	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Forja en caliente												
Horno en fragua												
Seguridad y Salud en el Trabajo												
Liderazgo, Trabajo en equipo y motivación.												

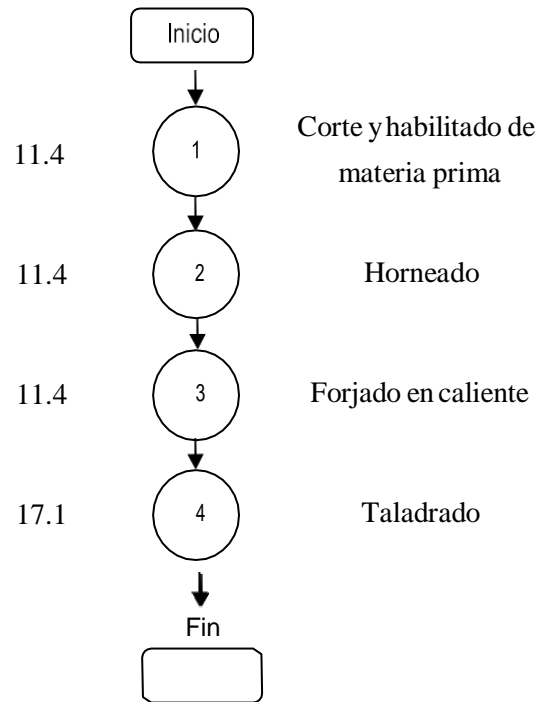
Fuente: Elaboración propia

Se consideraran 2 capacitaciones de habilidades blandas para reforzar cada semestre. Asimismo, 3 capacitaciones el año de seguridad y salud en el trabajo para reforzar la importancia de la misma.

3.2.6 Nuevos indicadores

A continuación, se presenta tanto el DOP como el DAP propuesto

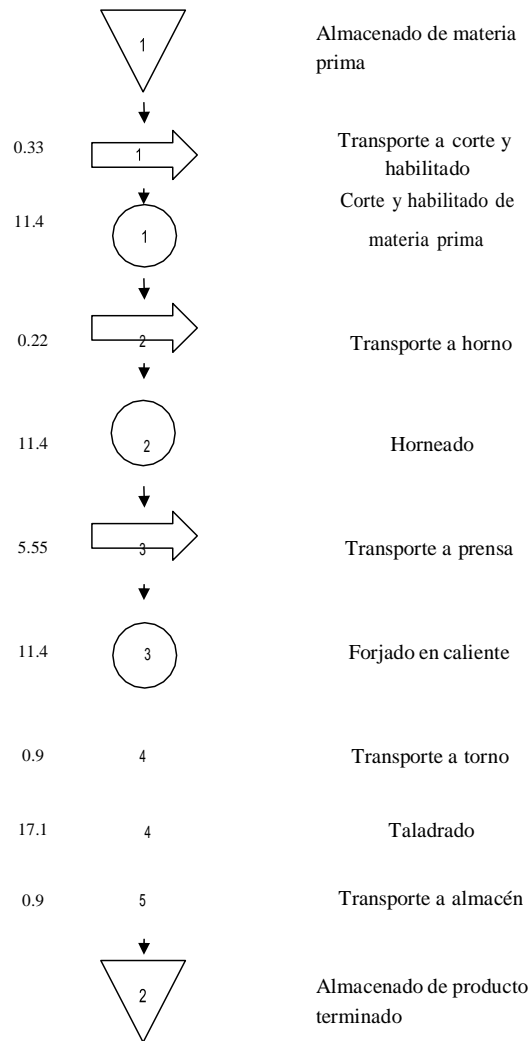
Diagrama de Operaciones Bocina con Pestaña



Símbolo	Significado	Cantidad	Tiempo (s)
○	Operación	4	51.3
□	Inspección	0	0
◻	Inspección y operación	0	0
Total			51.3

Figura 53. DOP Propuesto

Diagrama de Análisis de Proceso Bocina con Pestaña



Símbolo	Significado	Cantidad	Tiempo (seg)
	Operación	4	51.3
	Inspección	0	
	Inspección y operación	0	
	Transportes	5	7.9
	Almacenado	2	0
	Espera	0	0
Total			59.2

Figura 54. DAP Propuesto

En base a las propuestas realizadas se detallan a continuación los nuevos indicadores.

- **Producción real**

$$Producción\ teórica = \frac{9600\ \text{min mes}}{0.285\ \frac{\text{min}}{\text{unid}}} = 33\ 684\ \text{unidades mes}$$

En base al DOP, el cuello de botella se presenta en la etapa de taladro con 17.1 segundos, que equivale a 0.285 minutos por unidad. En base al cálculo realizado, durante el período evaluado, se cuenta con una producción real de 33 684 unidades, lo que permitirá abordar el 100% de la demanda de las bocinas con pestaña, y dejando una brecha de capacidad de producción (ya que únicamente se requiere en promedio el 41% de la producción real promedio para abordarla), y encontrar nuevos mercados y aprovechar el máximo del potencial de la producción ya sea a través del mismo producto o una diversa variedad de objetivos que utilicen la máquina.

Tabla 35. Proyección del nivel de demanda insatisfecha

Mes	Producción real promedio	Demanda requerida (unidades)	Nivel de demanda satisfecho	% demanda requerida / producción real
Enero	33 684	13742	100%	41%
Febrero	33 684	13424	100%	40%
Marzo	33 684	14552	100%	43%
Abril	33 684	12463	100%	37%
Mayo	33 684	13380	100%	40%
Junio	33 684	13962	100%	41%
Julio	33 684	14895	100%	44%
Agosto	33 684	14973	100%	44%
Septiembre	33 684	14980	100%	44%
Octubre	33 684	12325	100%	37%
Noviembre	33 684	13280	100%	39%
Diciembre	33 684	12612	100%	37%
Total	404208	164588	100%	41%

Fuente: Elaboración propia

- **Productividad de mano de obra**

Se procedió a calcular la productividad de mano de obra.

$$\text{Productividad de MO} = \frac{33\,684 \text{ unidades}}{4 \text{ operarios}} = 8421 \frac{\text{unidades promedio mes}}{\text{operario}}$$

Durante el período estudiado, se tuvo una productividad de mano de obra anual promedio de 8421 unidades promedio mes por operario.

- **% productivas como improductivas**

En base al DOP y DAP presentado previamente se tienen los nuevos indicadores:

% Actividades productivas: 86.6%

% Actividades improductivas:

A continuación se presenta el cuadro final de indicadores

Tabla 36. Cuadro resumen de indicadores

Indicador	Valor antes de la propuesta	Valor luego de la propuesta	Mejora
Producción real anual	97 254 unidades al año	404208 unidades al año	315%
Demanda no atendida anual	67 334 unidades al año	0 unidades	Nivel de servicio al 100%
Pérdida económica	22 893 soles al año en utilidad; 57 233 soles en ventas	0 soles	Ahorro de 22 893 soles.
Cantidad de operarios	4 operarios	4 operarios	-
Productividad de mano de obra mes	2026 unidades por operario mes	8 412 unidades por operario mes	315%
Actividad cuello de botella	Desbaste y acabado; taladrado (en máquina torno)	Taladrado (en máquina torno)	-
Tiempo de cuello de botella	52 segundos	17.1 segundos	67%
Actividades productivas	98%	86.6%	-
Actividades improductivas	2%	13.3%	-
% de personal capacitado en el último año	0%	100%	100%

3.3 Objetivo 3: Realización del costo beneficio de la propuesta realizada

A continuación, se presenta el cuadro costo beneficio de la propuesta realizada.

Tabla 37. Costo beneficio de la propuesta

BENEFICIOS	Unidad	0	1	2	3	4	5
Beneficio de utilidad	S/.		S/. 22,893.00	S/. 22,893.00	S/. 22,893.00	S/. 22,893.00	S/. 22,893.00
Total Beneficios		S/. 0.00	S/. 22,893.00	S/. 22,893.00	S/. 22,893.00	S/. 22,893.00	S/. 22,893.00
COSTOS							
Matriz de forja en caliente para prensa excéntrica	S/.	S/. 2,500.00					
Horno fragua para forja en caliente	S/.	S/. 3,000.00					
Matriz de corte en prensa excéntrica	S/.	S/. 1,200.00					
Carritos transportadores	S/.	S/. 1,500.00					
Plan de capacitación	S/.	S/. 1,750.00	S/. 1,750.00	S/. 1,750.00	S/. 1,750.00	S/. 1,750.00	S/. 1,750.00
Distribución de planta	S/.	S/. 5,000.00					
Implementación 5S	S/.	S/. 5,000.00	S/. 1,000.00	S/. 1,000.00	S/. 1,000.00	S/. 1,000.00	S/. 1,000.00
Consultorías externas para documentación	S/.	S/. 500.00	S/. 500.00	S/. 500.00	S/. 500.00	S/. 500.00	S/. 500.00
Imprevistos (10%)	S/.	S/. 2,045.00	S/. 325.00	S/. 325.00	S/. 325.00	S/. 325.00	S/. 325.00
Total Costos		S/. 22,495.00	S/. 3,575.00	S/. 3,575.00	S/. 3,575.00	S/. 3,575.00	S/. 3,575.00
UTILIDAD BRUTA		-S/. 22,495.00	S/. 19,318.00	S/. 19,318.00	S/. 19,318.00	S/. 19,318.00	S/. 19,318.00
Depreciación			-S/. 357.50	-S/. 357.50	-S/. 357.50	-S/. 357.50	-S/. 357.50
Utilidad a Impuestos			S/. 18,960.50	S/. 18,960.50	S/. 18,960.50	S/. 18,960.50	S/. 18,960.50
Impuestos			S/. 5,688.15	S/. 5,688.15	S/. 5,688.15	S/. 5,688.15	S/. 5,688.15
			S/. 357.50	S/. 357.50	S/. 357.50	S/. 357.50	S/. 357.50
UTILIDAD NETA		-S/. 22,495.00	S/. 13,629.85	S/. 13,629.85	S/. 13,629.85	S/. 13,629.85	S/. 13,629.85

VNA	S/. 49,132.56
TIR	53%
B/C	S/. 2.80
Tasa referencial	12%
Período de recuperación	1 año, 7 meses, 27 días

Como se puede observar en la tabla anterior el principal beneficio viene de la utilidad nueva al poder atender la demanda insatisfecha con un valor de 22 893 soles cada año. El costo viene determinado por todas las inversiones que se realizan en el año 0 y en cada uno de los años. Por mencionar algunos se encuentran la fabricación de la matriz con forja en caliente en prensa excéntrica con un valor aproximado de 2500 soles; la fabricación del horno fragua para forja en caliente con un valor aproximado de 3000 soles; el diseño de la matriz de corte para la prensa excéntrica con un valor aproximado de 1200 soles; la fabricación de los carritos transportadores con un valor de 1500 soles, el plan de capacitación anual con un valor de 1750 soles cada año (se viene necesario repetir el ciclo de capacitaciones en cada período para ir resolviendo y explicando nuevas dudas o posibles mejoras que puedan surgir); la distribución de planta con un valor de 5000 soles aproximado; la implementación del plan 5S con un valor de 5000 en el año 0 y un valor de 1000 soles presupuestado desde el año 1. Finalmente se tomó en cuenta un presupuesto para consultorías externas con un valor anual de 500 soles para la revisión de documentos y obtención de puntos de vista de diferentes profesionales. Se consideró un 10% para imprevistos.

Luego de realizar el análisis beneficio, se determinó un valor neto actual a 5 años de 49 132,56 soles, una tasa interna de retorno del 53% (comparado a una tasa referencial de 12% en caso se realice un préstamo a una entidad bancaria para pequeñas empresas), un indicador de costo beneficio de 2,80 soles, es decir, por cada sol invertido, se obtiene una ganancia de 1,80. Por último, un período de recuperación de 1 año, 7 meses y 27 días.

IV. Conclusiones

Se logró elevar los indicadores de productividad y producción 3.15 veces más en el proceso de fabricación de bocinas con pestaña, atendiendo de esta manera al 100% de la demanda insatisfecha.

Se diagnosticó que el producto bocina con pestaña cuenta con una demanda insatisfecha del 41% debido a diferentes causas, entre las que se detallan la falta de capacitación del personal, saturación de los operarios, distribución de planta inadecuada, métodos de trabajo no estandarizados y baja eficiencia de maquinaria, lo que conlleva a una pérdida económica de 22 893 soles al año en utilidad y 57 233 soles en ventas.

Para dar solución al problema de la organización, se plantearon 5 propuestas. La primera propuesta fue diseñar un nuevo puesto de trabajo basado en un proceso de forja en caliente en prensa excéntrica. A continuación, se planteó una nueva distribución de planta de acuerdo al nuevo proceso. Luego, se planteó un plan de implementación 5S, para estandarizar los procesos y brindar un plan de capacitación al personal. Esto permitió elevar los indicadores de productividad y producción aproximadamente en un 315%.

Se determinó que el proyecto tendrá una inversión total de S/. 22 495, con una tasa interna de retorno del 53%, un valor neto actual de S/. 49 132,56 a un plazo de 5 años y un período de recuperación de 1 año, 7 meses y 27 días, siendo un proyecto muy viable y rentable para la empresa en estudio.

V. Recomendaciones

El estudio servirá como antecedente para futuras investigaciones en empresas del rubro metalmecánico. Se recomienda futuros temas de investigación basado en la ergonomía, y la gestión del mantenimiento preventivo para enfocarse en mejoras que puedan seguir beneficiando tanto como al personal de la empresa como a la eficiencia de las maquinarias.

Se recomienda elaborar otros productos afines con el puesto de trabajo propuesto, ya que con las propuestas planteadas se logra cubrir totalmente la demanda, quedando un margen de productividad que puede ser aprovechado para dichos productos.

VI. Referencias bibliográficas

- [1] A. Economía, «América Economía,» 2019. [En línea]. Disponible: [https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/industria-metalmechanica-peruana-crecio-102-entre-enero-y-octubre-2018#:~:text=Lima.,Nacional%20de%20Industrias%20\(SNI\)..](https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/industria-metalmechanica-peruana-crecio-102-entre-enero-y-octubre-2018#:~:text=Lima.,Nacional%20de%20Industrias%20(SNI)..) [Último acceso: Octubre 2020].
- [2] A. P. d. Noticias, «Andina,» [En línea]. Disponible: <https://andina.pe/agencia/noticia-mas-80000-mototaxis-circulan-vias-de-region-lambayeque-541423.aspx>. [Último acceso: Octubre 2020].
- [3] M. S. A. R. C. G. M. Á. Y. Y. y. C. P. H. E. Carrillo Landazábal, «Lean Manufacturing: 5S y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmeccánica en Cartagena, Colombia,» *SIGNOS – Investigación en sistemas de gestión*, vol. 11, n° 1, pp. 71-86, 2019.
- [4] U. T. ., M. B. A. Buchari, «Production layout improvement by using line balancing and Systematic Layout Planning (SLP) at PT. XYZ,» *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2017.
- [5] J. P. S. Luna, «Crecimiento empresarial en las pequeñas empresas de la industria metalmeccánica de Lima: un estudio de casos múltiple.,» *Ekonomiaz*, 2016.
- [6] F. E. V. L. K. F. E. Alexander Piñero, «Programa 5S's para el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad en los puestos de trabajo,» *Ingeniería Industrial, Actualidad y Nuevas Tendencias*, vol. 6, n° 20, pp. 99-110, 2018.
- [7] M. F. M. A. M. Z. Syed Asad Ali Naqvi, «Productivity improvement of a manufacturing,» *Cogent Engineering*, n° 3, 2016.
- [8] A. Freivalds, *Ingeniería industrial de Niebel: métodos, estándares y diseño del trabajo*, McGraw-Hill Interamericana Editores, 2014.
- [9] O. Vásquez Gervasi, *Ingeniería de métodos.*, Chiclayo, Perú., 2012.
- [10] G. H. & V. J. M. López, *Fundamentos y planeación de la manufactura automatizada: un enfoque de los sistemas integrados de la manufactura.*, Pearson Educación de México., 2015.

VII. Anexos

Anexo 1: Vista renderizada general de todo el sistema propuesto

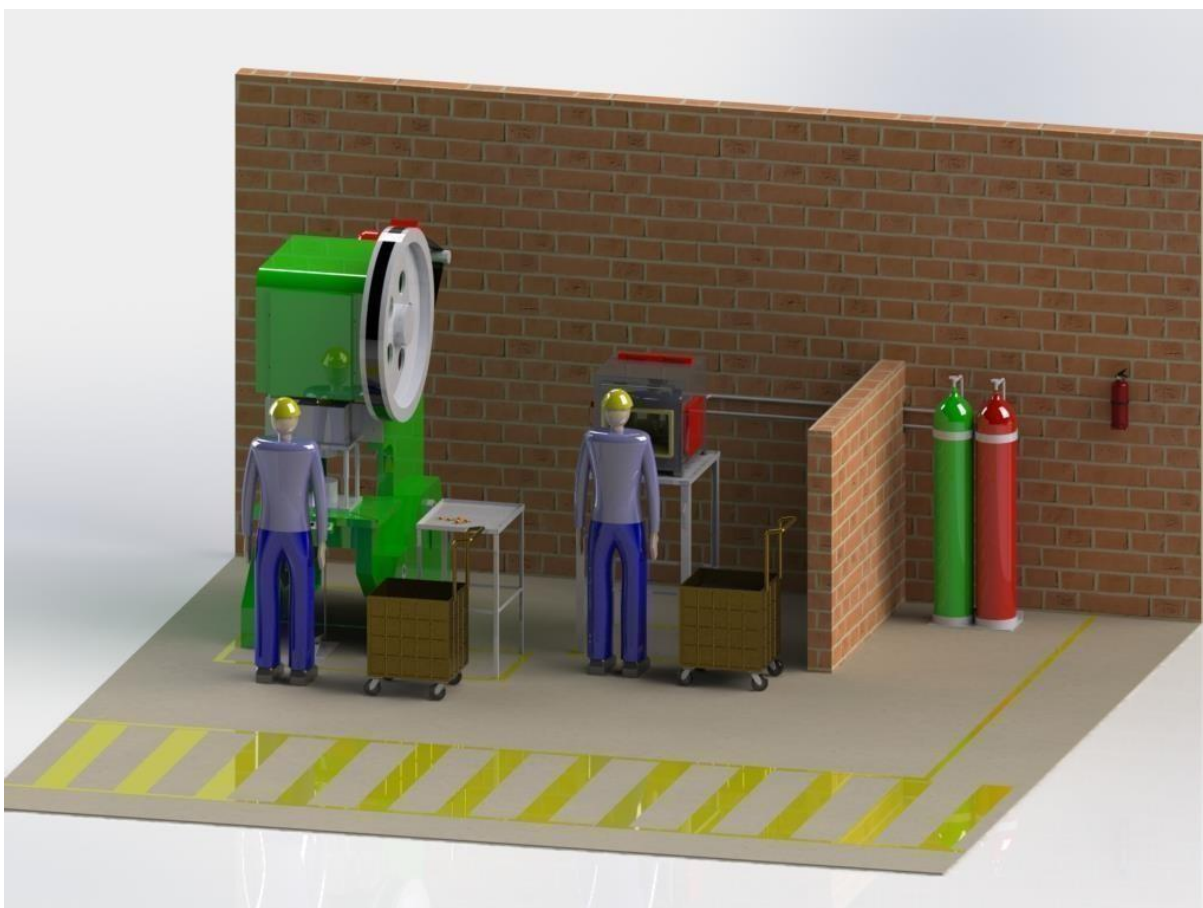


Figura 55. Vista renderizada general del diseño propuesto

Anexo 2: Valores para realización de IPERC.

INDICES DE PROBABILIDAD DE OCURRENCIA				
ÍNDICE	PERSONAS EXPUESTAS	CONTROLES EXISTENTES	CAPACITACIÓN	EXPOSICIÓN AL RIESGO
1	De 1 á 3	Existen y son satisfactorios y suficientes (incluye procedimientos)	Personal entrenado, conoce el peligro y lo previene	Al menos 1 vez al año (S) BAJA (SO)
2	De 4 á 12	Existen parcialmente y NO son satisfactorios o suficientes (incluye procedimientos)	Personal parcialmente entrenado, conoce el peligro pero NO toma acciones de control	Al menos 1 vez al mes (S) MEDIA (SO)
3	Más de 12	No existen	Personal NO entrenado, NO conoce los peligros, por lo tanto, NO toma acciones de control accidental	Al menos 1 vez al día (S) ALTA (SO)

INDICES DE GRAVEDAD DEL DAÑO		
ÍNDICE	RIESGOS PERSONALES	RIESGOS PATRIMONIALES
1	Lesión sin incapacidad (S) Incomodidad para efectuar el trabajo con seguridad (SO)	Pérdidas entre US \$ 1 y \$ 1,000
2	Lesión con incapacidad temporal (S). Daño a la salud reversible (SO)	Pérdidas entre US \$ 1,001 y \$ 10,000
3	Muerte, lesión con incapacidad permanente (S). Daño a la salud irreversible (SO)	Pérdidas superiores a US \$ 10,000

VALORACION DEL RIESGO		
PUNTAJE	GRADO DE RIESGO	ACCIONES ATOMAR
HASTA4	TRIVIAL (TV)	No se requiere acción. El riesgo es registrado en el
HASTA8	TOLERABLE (TO)	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo
HASTA16	MODERADO (MO)	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo,
HASTA24	IMPORTANTE (IM)	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya
HASTA36	INTOLERABLE (IT)	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se

Fuente: Ministerio de Vivienda Perú

Anexo 2: Tratamientos térmicos para acero SAE 1045

TRATAMIENTO TÉRMICO	TEMPERATURA °C	MEDIO DE ENFRIAMIENTO
Forja	850 - 1100	Arena seca
Normalizado	856 - 900	Aire
Recocido total	815 - 885	Horno
Recocido posterior al trabajo en frío	595 - 662	Horno luego aire
Temple (*)	815 - 870	Agua - aceite
Revenido		Aire

Fuente: Manual General de Aceros S.A.