



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“DISEÑO DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA
ESBELTA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN
EL ÁREA DE CASTING DE LA EMPRESA CITE KORIWASI”.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Bach. Mía Selene Laines Ortega
Bach. Fiorella Isabel Rivasplata Lescano

Asesor:

Mg. Ing. Karla Rossemary Sisniegas Noriega

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre Gladys, por ser mi fuerza y motivación cada día. A mi padre Pedro, por su incansable esfuerzo, amor y paciencia, que me ha permitido cumplir hoy este objetivo. Y a cada uno de mis hermanos, por sus consejos y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

Mía Selene Laines Ortega.

A mis padres Sonia y Guillermo, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios siempre nos acompaña.

A mis hermanos Carlos y Nicole, por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar a mi lado en todo momento. A toda mi familia y amigos porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Fiorella Isabel Rivasplata Lescano.

AGRADECIMIENTO

A Dios por el valioso regalo de la vida, y permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a cada uno ellos por su amor, paciencia y guiarme siempre por el camino del bien.

A mi Padre, por ser mi ejemplo de superación.

A Carlos, por sus palabras de ánimo, apoyo constante y ser mi soporte.

A mi amiga y hermana de toda la vida Fiorella, por el esfuerzo y dedicación en este trabajo, y su compañía en buenos y malos momentos.

Mía Selene Laines Ortega.

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena mi vida y a toda mi familia, por estar siempre conmigo.

A mi madre Sonia por ser mi ejemplo de superación a mi padre Guillermo por su comprensión y sabiduría, y a mis hermanos Carlos y Nicole por ser mi ejemplo para seguir, siendo ellos mi principal motivo de superación.

A Martín, por su cariño, comprensión y por ser mi apoyo en todo momento.

A mi amiga y hermana de toda la vida Mía, por el compromiso y soporte en el desarrollo de este proyecto.

Finalmente quiero expresar mi agradecimiento a nuestra asesora Karla Noriega, principal colaborador durante todo este proceso, quién con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

Fiorella Rivasplata Lescano.

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| DEDICATORIA..... | 2 |
| AGRADECIMIENTO | 3 |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | 6 |
| ÍNDICE DE ECUACIONES | 10 |
| RESUMEN | 11 |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN..... | 12 |
| 1.1. Realidad problemática..... | 12 |
| 1.2. Formulación del problema | 15 |
| 1.2.1. Problema general..... | 15 |
| 1.3. Objetivos | 16 |
| 1.3.1. Objetivo general | 16 |
| 1.3.2. Objetivos específicos..... | 16 |
| 1.4. Hipótesis..... | 16 |
| 1.4.1. Hipótesis general | 16 |
| 1.4.2. Hipótesis específicas | 16 |
| CAPÍTULO II. METODOLOGÍA | 18 |
| 2.1. Tipo de investigación | 18 |
| 2.2. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos..... | 18 |
| 2.3. Procedimiento..... | 22 |
| 2.4. Operacionalización de variables..... | 26 |
| CAPÍTULO III. RESULTADOS | 27 |
| 3.1. Diagnóstico de la empresa CITE KORIWASI..... | 27 |
| 3.1.1. Proceso productivo del área de casting | 27 |
| 3.1.2. Piezas producidas | 32 |
| 3.1.3. Diagnóstico del área de estudio..... | 33 |
| 3.1.4. Priorización de los problemas | 37 |
| 3.2. Resultado de los indicadores antes de la mejora | 45 |
| 3.3.1. Tiempo de ciclo total (TCT)..... | 45 |
| 3.3.2. Pedidos entregados completos (FLT)..... | 48 |
| 3.3.3. Pedidos entregados a tiempo (ODT) | 50 |
| 3.3.4. Tiempos de espera..... | 51 |

| | |
|--|-----|
| 3.3.5. Calidad a la primera (FTT)..... | 52 |
| 3.3.6. Mapa de flujo de valor (VSM) | 53 |
| 3.3.7. Tiempo Takt | 56 |
| 3.3.8. Eficiencia global de los equipos (OEE) | 57 |
| 3.3.9. Productividad de la mano de obra | 58 |
| 3.3.1. Equipo de protección personal | 59 |
| 3.4. Resultados de matriz de operacionalización de variables | 64 |
| 3.5. Diseño de la propuesta de mejora | 65 |
| 3.6. Resultados de la propuesta | 83 |
| 3.7.1. Interpretación de los resultados obtenidos | 97 |
| 3.8. Evaluación económica..... | 99 |
| CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES | 104 |
| 4.1 Discusión..... | 104 |
| 4.2 Conclusiones | 108 |
| REFERENCIAS | 110 |
| ANEXOS..... | 112 |
| ANEXO 1. Formato de encuesta Director..... | 112 |
| ANEXO 2. Formato de encuesta operador..... | 113 |
| ANEXO 3. Misión, Visión y Valores de la Empresa CITE Koriwasi..... | 114 |
| ANEXO 4. Organigrama institucional de la Empresa CITE Koriwasi | 116 |
| ANEXO 5. Productos, Servicios, Clientes y Proveedores de la Empresa CITE Koriwasi. | 117 |
| ANEXO 6. Control de calibración de máquinas del área de casting de la Empresa CITE Koriwasi. | 120 |
| ANEXO 7. Control de mantenimiento preventivo de máquinas del área de casting de la Empresa CITE Koriwasi..... | 121 |
| ANEXO 8. Procedimiento de limpieza y desinfección de utensilios en el área de casting. | 122 |
| ANEXO 9. Procedimiento de limpieza y desinfección de manos. | 123 |
| ANEXO 10. Temario y cronograma de curso de aplicación de herramientas 5’S..... | 124 |
| ANEXO 11. Procedimiento de trabajo del área de Casting. | 125 |
| ANEXO 12. Temario y cronograma de curso de aplicación de Kanban..... | 126 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 18 |
| Tabla 2. Métodos de recolección de datos..... | 21 |
| Tabla 3. Desarrollo de la metodología..... | 22 |
| Tabla 4. Matriz de consistencia | 24 |
| Tabla 5. Operacionalización de variables..... | 26 |
| Tabla 6. Maquinarias del proceso de Casting..... | 29 |
| Tabla 7. Producción mensual de piezas - CITE Koriwasi periodo enero-septiembre 2018 | 32 |
| Tabla 8. Observaciones recomendadas según estudios de General Electric | 33 |
| Tabla 9. Observaciones del proceso de casting de la empresa CITE Koriwasi..... | 34 |
| Tabla 10. Listado de problemas visualizados en el área de Casting de la empresa CITE Koriwasi | 37 |
| Tabla 11. Priorización de los problemas observados en el área de Casting de la empresa CITE Koriwasi..... | 38 |
| Tabla 12 Piezas entregadas entre los meses de Enero-Septiembre 2018 | 49 |
| Tabla 13. Porcentaje de piezas entregadas a tiempo entre los meses de enero-septiembre 2018 | 50 |
| Tabla 14. Promedio de piezas entregadas, aceptadas y rechazadas periodo Enero-Septiembre 2018 | 53 |
| Tabla 15. Valores para el cálculo de la eficiencia de las máquinas..... | 57 |
| Tabla 16. Productividad medida en Mano de Obra del periodo Enero - septiembre 2018 . | 59 |
| Tabla 17. Porcentaje de utilización de EPP de los trabajadores del área de Casting de la empresa CITE Koriwasi | 61 |
| Tabla 18. Operacionalización de variables (Resultados del diagnóstico) | 64 |
| Tabla 19. Categorización de desperdicios, problemas, causas, y herramientas de manufactura esbelta. | 65 |
| Tabla 20. Indicadores de desempeño..... | 81 |
| Tabla 21. Indicadores clave de desempeño. | 82 |
| Tabla 22. Objetivo para alcanzar con los KPI. | 82 |
| Tabla 23. Base de comparación con periodo de referencia Enero – septiembre 2018. | 83 |
| Tabla 24. Mejora del tiempo de proceso del área de casting en la empresa CITE Koriwasi | 85 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 25. Promedio propuesto de piezas entregadas completas en el periodo Enero-septiembre 2018..... | 87 |
| Tabla 26. Promedio propuesto de piezas entregadas a tiempo periodo enero- septiembre 2018 | 88 |
| Tabla 27. Datos promedio propuestos de piezas fabricadas, aceptadas y rechazadas..... | 90 |
| Tabla 28. Valores para el cálculo de la eficiencia de las maquinas, después de la mejora. | 92 |
| Tabla 29. Productividad de mano de obra propuesta..... | 93 |
| Tabla 30. Matriz de resultados de la propuesta | 95 |
| Tabla 31. Matriz de contrastación de resultados del diagnóstico y de la propuesta..... | 96 |
| Tabla 32. Costos de inversión anual estimada para formación. | 99 |
| Tabla 33. Costo de inversión inicial estimado para materiales. | 100 |
| Tabla 34. Costo de inversión anual estimado para materiales..... | 100 |
| Tabla 35. Beneficio estimado. | 101 |
| Tabla 36. Flujo de inversión para 5 años mostrados en S/. | 101 |
| Tabla 37. Flujo de caja para 5 años mostrados en S/..... | 102 |
| Tabla 38. Indicadores financieros..... | 102 |
| Tabla 39. Resultados evaluación costo benéfico. | 103 |
| Tabla 40. Productos de la empresa CITE Koriwasi..... | 117 |
| Tabla 41. Servicios de la empresa CITE Koriwasi..... | 117 |
| Tabla 42. Principales clientes de la empresa CITE Koriwasi..... | 117 |
| Tabla 43. Principales proveedores de materia prima e insumos la empresa CITE Koriwasi | 118 |
| Tabla 44. Principales proveedores de servicios de la empresa CITE Koriwasi | 118 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1. Diagrama pictórico del proceso de Casting | 28 |
| Figura 2. Diagrama de operaciones del área de Casting..... | 35 |
| Figura 3. Jerarquización de los problemas del área de estudio de la empresa CITE Koriwasi | 38 |
| Figura 4. Diagrama de Ishikawa para baja productividad de mano de obra | 40 |
| Figura 5. Diagrama de Ishikawa para altos niveles de tiempo muerto..... | 43 |
| Figura 6. Diagrama de flujo general para la elaboración de joyas de la empresa CITE Koriwasi | 46 |
| Figura 7. Diagrama de flujo de las actividades de Casting de la empresa CITE Koriwasi. | 47 |
| Figura 8 Desorganización del área de trabajo | 51 |
| Figura 9. Desorganización del área de trabajo 2. | 52 |
| Figura 10. Mapa de flujo de valor actual del área de estudio | 55 |
| Figura 11. Falta de utilización de EPP – Trabajadores del área de Casting (1) | 60 |
| Figura 12. Falta de utilización de EPP- Trabajadores del área de Casting (2)..... | 60 |
| Figura 13. Porcentaje de participación del personal en acciones de formación en los últimos 6 meses | 62 |
| Figura 14. Porcentaje de participación del personal en acciones de formación en el periodo de 1 a 2 años | 62 |
| Figura 15. Secuencia de aplicación de manufactura esbelta | 66 |
| Figura 16. Herramienta 5S´s..... | 68 |
| Figura 17. Diseño de bandejas de almacenamiento de herramientas | 69 |
| Figura 18. Ubicación de objetos personales en el área de trabajo | 69 |
| Figura 19. Kit de insumos para los trabajadores | 71 |
| Figura 20. Kit de EPP para trabajadores..... | 72 |
| Figura 21. Kit de herramientas para trabajadores..... | 73 |
| Figura 22. Tarjeta Kanban | 79 |
| Figura 23. Tablero Kanban..... | 79 |
| Figura 24 Mapa de flujo de valor propuesto..... | 91 |
| Figura 25. Organigrama institucional de la empresa CITE Koriwasi. | 116 |
| Figura 26. Control de calibración de máquinas del área de casting de la empresa CITE Koriwasi. | 120 |

Figura 27. Control de mantenimiento preventivo de máquinas del área de casting de la
empresa CITE Koriwasi. 121

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|----|
| Ecuación 1. Cálculo del tiempo de ciclo total | 48 |
| Ecuación 2. Cálculo de pedidos entregados completos (FLT) | 48 |
| Ecuación 3. Cálculo del número de pedidos entregados a tiempo | 50 |
| Ecuación 4. Cálculo de calidad a la primera FTT | 52 |
| Ecuación 5. Cálculo del tiempo Takt..... | 57 |
| Ecuación 6. Cálculo de la eficiencia global de los equipos | 58 |
| Ecuación 7. Cálculo de la productividad de Mano de obra | 58 |

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general incrementar de la productividad en el área de Casting de la empresa Cite Koriwasi, a través del diseño de Herramientas de manufactura esbelta. Una vez diagnosticada la situación actual del área de Casting se identificaron los desperdicios de: demoras, reprocesos, movimientos innecesarios, esperas y productos defectuosos. Como respuesta para mitigar y controlar los factores observados se realizó un diseño de Manufactura Esbelta con las herramientas 5S`s y Kanban, lo cual se complementó con el establecimiento de indicadores claves de desempeño (KPI), para la medición y comparación de los índices seleccionados con los objetivos de la empresa y con los estándares mundiales. Como resultados de la investigación se obtuvo una propuesta para incrementar la productividad de la empresa a niveles de clase mundial estimados en: Eficiencia global de los equipos (OEE) 90,26% (OEE inicial 79.22%); Calidad a la primera (FTT) 98% (FTT inicial 89%); Pedidos entregados completos (FTL) 97.08% (FTL inicial 81.87%); y Pedidos entregados a tiempo (OTD) 95.34% (OTD inicial 81.38%). Por otro lado, se demostró la factibilidad económica del proyecto a través de un análisis costo beneficio que arrojó un VPN = S/.23295.42, un TIR = 68% y una IR = 2,46. Finalmente se desarrolló una evaluación financiera (análisis costo – beneficio) con un VAN mayor a cero, por lo que se determina que el diseño es factible. Se concluye que de implementarse la propuesta siguiendo el plan y otorgando valor a la capacitación del personal, la productividad de la empresa se incrementará al disminuir los desperdicios identificados.

Palabras clave: Metodología Lean, Productividad, 5S`s, Kanban, Celdas de Manufactura.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El Perú es un país platero y aurífero por excelencia considerado, junto con Bolivia y Ecuador, como la cuna de la metalurgia de Sudamérica con los antiguos pobladores del país, los Inca, jugando un rol protagónico por su trabajo con diferentes tipos de metales como el oro, la plata, el cobre, y el platino, entre otros (El Popular Perú, 2015). Esta práctica ancestral persiste hasta la actualidad siendo una importante actividad productiva para un país que ocupa el 1er lugar en reservas de plata y 7mo lugar en reservas de oro a nivel mundial (BBVA, 2019). Sin embargo, las nuevas prácticas metalúrgicas e innovaciones tecnológicas hacen necesario que las empresas dedicadas al trabajo de metales preciosos se reinventen y actualicen tanto tecnológica como metodológicamente; para ello, los negocios tradicionales deben estar a la vanguardia de los procesos productivos que faciliten la obtención más eficiente de su producto final (Fernández, 2015). Una de las metodologías con gran aceptación mundial para incrementar la productividad es la manufactura esbelta, que es la que atrae a más empresas gracias a su eficacia (OBS Bussiness School, 2019). Tal es el caso de Aranibar (2016), quien investigó cómo la aplicación del Lean Manufacturing puede mejorar la productividad de una empresa de manufactura. Entre sus conclusiones expresó que el Lean Manufacturing logra incrementar hasta en un 100% la productividad duplicando el flujo de producción. La metodología demostró ser un agente de cambio de la cultura organizacional de la empresa.

Por otro lado, Muñoz (2017) desarrolló un trabajo de investigación con el objetivo de integrar herramientas de Lean Manufacturing, para lograr un mejor uso de los recursos disponibles del área de control de calidad de la empresa Maderas Arauco. El

investigador puedo identificar entre los aspectos que inciden negativamente en la productividad la falta de orden, limpieza y clasificación, así como la falta de estandarización en los procedimientos de trabajo.

Como respuesta, se diseñó e implementó una mejora basada en herramientas del Lean Manufacturing, seleccionando específicamente las 5S's, trabajo estandarizado y control visual como mecanismos para incrementar la productividad.

A través del empleo de indicadores clave de desempeño (KPI) se logró medir el incremento de la producción al mitigar y controlar los desperdicios producidos por la falta de orden, limpieza, clasificación y estandarización.

Conociendo el impacto que genera la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing, se presenta el caso de la empresa CITE Koriwasi, una joyería ubicada en la ciudad de Cajamarca que plantea su aplicación para incrementar su productividad. El proceso inicia con el registro de la solicitud del cliente en el área administrativa, luego es derivado al área de diseño donde se realiza el dibujo a mano alzada con la información recopilada del pedido, se realizan los bocetos según las especificaciones, luego se redibuja para definir los detalles y, por último, se elige el boceto final. A continuación, se elabora una ficha técnica que incluye medidas y espesores de la joya, se detallan los procedimientos de fabricación y acabados, después se realiza el modelado del diseño en 3D utilizando el software Rhinogold y, por último, se obtiene el prototipo de la pieza en cera. Una vez realizadas estas etapas, los modelos en cera de las piezas pasan a la siguiente área de trabajo.

El presente proyecto de investigación se realiza en el área de casting, ya que esta es la etapa más industrial y crítica de todo el proceso; aquí los prototipos de cera toman forma de joya en el metal que se requiere. La primera estación de trabajo consiste en la elaboración del molde en caucho mediante el proceso de vulcanizado, y se separa

cortando delicadamente. Una vez el molde quede listo se procede a la inyección de cera para la reproducción de las piezas; este procedimiento es el primer punto crítico del área de casting, la cera que se desperdicia es retocada, limpiada y reciclada para volver a usarlo hasta su máxima degradación.

En una sección aparte, el metal que se utilizará en la confección de la pieza es granallado y aleado. Como tercera estación de trabajo en el área, se unen todas las piezas de cera en lo que se conoce como “arbolito”; estos árboles de piezas no son necesariamente del modelo, son colocados en un cilindro que posteriormente es revestido con yeso satín (especial para joyería) y agua al vacío, luego se realiza el proceso de recocido en un horno que alcanza los 700 ° C para lograr que el yeso llegue a su punto máximo de dureza y la cera se derrita. Este es el segundo punto crítico del proceso porque, si en caso el cilindro no quedara totalmente cubierto, se tiene que preparar la mezcla manualmente y se corre el riesgo de que el yeso vertido previamente no se adhiera al que es vertido luego, y se ocasionen grietas por las que se pueda escapar el material. Los moldes de yeso ya endurecidos pasan a la siguiente etapa donde el metal en estado líquido será vaciado al interior con presión al vacío y con una atmósfera controlada (para asegurar la mejor calidad de la pieza acabada), luego de que el metal se ha endurecido en el molde estos son remojados en agua para poder quitar el yeso. Al terminar, se separan todas las piezas del arbolito, se limpian y se recicla el material que pueda volver a utilizarse. Las piezas pasan a la tercera y última etapa del proceso de producción. Las piezas que salen del área de casting pasan al proceso final en mesa, donde se hace el recocido del metal, se liman los bordes, se liman, se pulen, pasa por un control de calidad y se empaacan. Sin embargo, para alcanzar su punto óptimo de productividad, debe controlar y eliminar los desperdicios de materiales que son evidentes, así como resolver la falta de orden y limpieza del área

de trabajo, lo que ocasiona que mucho del material que aún puede ser reciclado se pierda, ensucie y quede inhabilitado para reutilizar. Estas situaciones generan tiempos de espera lo que se traduce en el retraso de la fabricación de los productos del área de casting, afectando los tiempos de entrega al cliente final.

En otras palabras, estos aspectos hacen que la eficiencia y productividad de la empresa caigan por debajo de los valores esperados. En este sentido, la filosofía Lean Manufacturing a través de la mejora y optimización de los sistemas de producción eliminará los desperdicios (More, 2015); es decir, todas aquellas actividades que no añadan valor a la cadena de producción y no sean necesarias, mejorando los tiempos de ejecución de las tareas comprendidas desde el inicio hasta el fin de un proceso, evitando la pérdida de material y mejorando los espacios físicos. Por su parte, la relación insumo-producto y la capacidad de fabricación con la misma cantidad de insumo (Riquelme, 2016) se verá afectada; es decir, la productividad se verá potenciada en la medida que la eficiencia, eficacia, y calidad se incrementen. Así, se espera que la aplicación de herramientas relacionadas con la manufactura esbelta sirva como medio para incrementar la producción, tal como lo fue para el Japón post segunda guerra mundial facilitando, entre otras cosas, el aprovechamiento de oportunidades de mejora ocultas dentro de la empresa (Scconini, 2019).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿En qué medida el diseño de herramientas de manufactura esbelta incrementará la productividad del área de casting en la empresa CITE Koriwasi de la ciudad de Cajamarca?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar herramientas de Manufactura Esbelta para incrementar la productividad del área de Casting en la empresa CITE KORIWASI de la ciudad de Cajamarca.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar los desperdicios y productividad del área de casting de la empresa CITE KORIWASI antes del diseño de la propuesta.
- Diseñar la propuesta de herramientas de manufactura esbelta dentro del área de Casting de la empresa CITE KORIWASI.
- Medir la productividad y desperdicios en el área de casting después del diseño de herramientas de manufactura esbelta.
- Realizar una evaluación económica para medir la viabilidad del diseño de herramientas de manufactura esbelta.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El diseño de las herramientas de Manufactura Esbelta incrementará la productividad en el área de casting en la empresa CITE KORIWASI.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Al realizar el diagnóstico se identificará los desperdicios y productividad actual en la empresa CITE KORIWASI.
- Al realizar el diagnóstico actual se diseñó la propuesta de herramientas de manufactura esbelta, que incrementará la productividad en el área de casting de la empresa CITE KORIWASI.

- Al diseñar las herramientas de manufactura esbelta se incrementará la productividad en el área de casting de la empresa CITE KORIWASI.
- Desarrollando la evaluación económica, se logrará medir la viabilidad del diseño de herramientas de manufactura esbelta.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La presente investigación es, según su propósito, aplicado, porque se encuentran estrategias para un objetivo concreto ya que el problema es conocido.

Según la manipulación de la variable, es no experimental, debido a que no extrae sus conclusiones o datos a través de una serie de acciones o reacciones reproducibles en un ambiente controlado, es decir a través de experimentos.

Según la naturaleza de los datos, es transversal, ya que recoge y analiza datos en un momento determinado. (Roberto, 2014)

2.2. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Para la recolección de la información se cuenta con diversas técnicas e instrumentos considerados según los métodos cuantitativos, cualitativos y de observación.

Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

| Técnica | Justificación | Instrumento | Aplicación |
|---------------------|--|---|--------------------|
| Observación directa | Permitirá determinar problemas y causas, preliminarmente, de forma natural, observando el comportamiento del entorno y sus elementos. Además, ayudará para determinar los tiempos por cada estación. | <ul style="list-style-type: none"> Ficha de observación. | Proceso de casting |

| Técnica | Justificación | Instrumento | Aplicación |
|----------------------------|--|------------------------|--|
| Entrevista no estructurada | Permitirá determinar problemas y causas detalladamente, al interactuar con los responsables directos e indirectos del proceso, así como evaluar la situación actual de la empresa. | • Cuestionario | Operadores del área casting y personal administrativo y supervisor de la empresa |
| Análisis de documentos | Permitirá precisar la información teórica y práctica; asimismo, permitirá la obtención de la información histórica de los procesos de producción de la empresa. | • Índice de documentos | Historial de los procesos registrados por la empresa, proceso de casting y herramientas Lean Manufacturing |

Fuente: elaboración propia

Observación directa:

Objetivo: Permitirá identificar las fallas del proceso de casting de la empresa; de la misma manera, también se podrán identificar los peligros a los que se exponen los trabajadores por la ausencia de orden y limpieza en el área de trabajo

Procedimiento:

- Observar a los trabajadores durante sus labores cotidianas en el proceso de casting.
- Realizar la toma de tiempos a las operaciones del área.
- Registrar, mediante fotografías, cada uno de los procesos que se siguen en el área de estudio.

Secuela de la observación directa:

- Registro fotográfico de las operaciones realizadas en el área de casting.
- Registro fotográfico del funcionamiento de las máquinas.
- Registro de tiempos de elaboración.

- Análisis de diagnóstico del área de producción.

Instrumentos:

- Cámara fotográfica
- Block de apuntes
- Lapiceros

Entrevista no Estructurada:

Objetivo: Interactuar con los responsables directos del proceso para conocer la situación actual del área de Casting de la empresa CITE KORIWASI.

Preparación de la entrevista:

Teniendo en cuenta el cargo que ocupa en la organización, mencionando sus actividades y responsabilidades, el grupo investigador determinó entrevistar a dos personas.

- Director ejecutivo
- Encargado del área de Casting

La entrevista tendrá una duración de 30 minutos para cada uno, en su respectiva área de trabajo.

Análisis de documentos

Objetivos:

Facilitar el análisis de diferentes informes, proyectos, actas, memorias, noticias, reseñas, entre otros, para poder uniformizar y sintetizar la información.

Procedimiento:

Análisis de contenidos: técnicas de investigación que permite hacer inferencias reproducibles y validas de los datos.

Secuela del análisis de documentos:

- Identificación y análisis de cantidades totales de mermas generadas en el proceso.
- Identificación análisis de áreas con mayor cantidad de mermas generadas.
- Determinación de causas de la generación de altos índices de mermas.

Tabla 2. Métodos de recolección de datos

| Estrategias | Método | Herramienta |
|-----------------------------|--|--|
| Evaluación causa – efecto | <ul style="list-style-type: none"> • Matriz de Vester • Diagrama de Ishikawa | <ul style="list-style-type: none"> • MS Word • MS PowerPoint |
| Gráficos | <ul style="list-style-type: none"> • Barras • Circular | <ul style="list-style-type: none"> • MS Excel |
| Estudio de flujo de trabajo | <ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de flujo • Diagrama pictórico • Diagrama de flujo de proceso | <ul style="list-style-type: none"> • MS Word • MS PowerPoint |
| Evaluación de productividad | <ul style="list-style-type: none"> • Indicadores: FTT, FTL, OTD, OEE, Disponibilidad, Calidad, Desempeño, Takt time • Tablas | <ul style="list-style-type: none"> • MS Word • MS Excel |
| Análisis costo – beneficio | <ul style="list-style-type: none"> • Indicadores: TIR, VPN, IR • Tablas | <ul style="list-style-type: none"> • MS Word • MS Excel |

Fuente: elaboración propia

2.3. Procedimiento

Tabla 3. Desarrollo de la metodología

| Objetivo | Fases | Descripción |
|---|--|---|
| Diagnosticar los desperdicios y productividad actual del área de casting de la empresa CITE KORIWASI. | Visitas al área de estudio e identificación de las estaciones de trabajo | Se visitó el área de Casting para recopilar información sobre el proceso de producción. |
| | Toma de datos | Se realizó la toma de tiempos mediante observación directa con la ayuda de un cronómetro en cada estación de trabajo. |
| | Entrevistas a los colaboradores. | Se entrevistaron a dos representantes del proceso, por un tiempo aproximado de 30 minutos cada uno. |
| | Análisis y procesamiento de información. | Se elaboró una lista de los factores que intervienen de una manera negativa en el proceso productivo; la información obtenida previamente se sintetizó mediante hojas de cálculo y Microsoft Excel. |
| | Identificación de desperdicios | Aplicando la herramienta Ishikawa, se definieron los problemas y posibles causas que afectan de manera negativa el proceso. |
| | Desarrollo de Mapa de Flujo de Valor | Se desarrolló el mapa de flujo de valor actual, considerado desde el inicio del proceso del área de casting para calcular los tiempos de valor agregado TVA, y los tiempos que no agregado valor TVNA |

| | | |
|--|---|--|
| Diseñar la propuesta de herramientas de manufactura esbelta dentro del área de Casting de la empresa CITE KORIWASI. | Designación de herramientas Lean Manufacturing a utilizar. Planteamiento de las mejoras a realizar | De acuerdo con cada problema encontrado se estableció la herramienta Lean adecuada. Se propondrán las mejoras de acuerdo con cada herramienta establecida, según cada problema encontrado por dimensión de cada variable. |
| Medir la productividad y desperdicios en el área de casting después del diseño de herramientas de manufactura esbelta. | Medición y contrastación de los indicadores | Una vez realizado el diseño de propuesta de mejora, se hallarán los nuevos resultados de los indicadores y se contrastarán con los obtenidos inicialmente. |
| Realizar una evaluación económica para medir la viabilidad del diseño de herramientas de manufactura esbelta. | Elaboración del presupuesto del diseño a implementar Valorización costo beneficio | De acuerdo con el diseño de mejora propuesto, se realizará un presupuesto de inversión. Finalmente se realizará la evaluación económica financiera y se analizará el VAN, TIR e IR. |

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Matriz de consistencia

| Problema | Objetivo | Hipótesis | Variables | Metodología |
|--|--|--|--------------------------------------|------------------------------|
| Problema general | Objetivo general | Hipótesis general | Independiente | Según su propósito |
| ¿En qué medida el diseño de herramientas de manufactura esbelta incrementará la productividad del área de casting en la empresa CITE Koriwasi de la ciudad de Cajamarca? | Diseñar herramientas de Manufactura Esbelta para incrementar la productividad del área de Casting en la empresa CITE KORIWASI de la ciudad de Cajamarca. | El diseño de las herramientas de Manufactura Esbelta incrementará la productividad en el área de casting en la empresa CITE KORIWASI. | Herramientas de Manufactura Esbelta. | - Aplicada |
| | | | | Según la manipulación |
| | | | | - No experimental |
| | | | | Según la naturaleza |
| | | | | - Transversal |
| Problemas específicos | Objetivos específicos | Hipótesis específicas | Dependiente | |
| ¿Cuáles son los desperdicios y productividad actual del área de casting de la empresa CITE KORIWASI? | Determinar los desperdicios y productividad del área de casting de la empresa CITE KORIWASI antes del diseño de la propuesta. | Al realizar el diagnóstico se identificará los desperdicios y productividad actual en la empresa CITE KORIWASI. | Productividad | |
| ¿Cuáles son las herramientas de lean manufacturing que se aplicarán en el área de casting de la empresa CITE KORIWASI? | Diseñar la propuesta de herramientas de manufactura esbelta dentro del área de Casting de la empresa CITE KORIWASI. | Al realizar el diagnóstico actual se diseñó la propuesta de herramientas de manufactura esbelta se incrementará la productividad en el área de | | |

| casting de la empresa CITE KORIWASI. | | |
|---|---|--|
| ¿Cómo afectaría el diseño de herramientas de la manufactura esbelta en la productividad del área de casting de la empresa CITE KORIWASI? | Medir la productividad en el área de casting después el diseño de herramientas de manufactura esbelta. | Al diseñar las herramientas de manufactura esbelta se incrementará la productividad en el área de casting de la empresa CITE KORIWASI. |
| ¿Cuáles son los resultados de la evaluación económica del diseño de las herramientas de manufactura esbelta aplicados al área de casting de la empresa CITE KORIWASI? | Realizar una evaluación económica para medir la viabilidad del diseño de herramientas de manufactura esbelta. | Desarrollando la evaluación económica, se logrará medir la viabilidad del diseño de herramientas de manufactura esbelta. |

2.4. Operacionalización de variables

Tabla 5. Operacionalización de variables

| Variable | Definición | Dimensiones | Indicadores |
|--|--|-------------------------------------|--------------------------|
| Independiente: Herramientas de manufactura esbelta | Es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero sí en un costo y trabajo (Scconini, 2019) | Tiempo de ciclo total (TCT) | TCT (minutos) |
| | | Pedidos entregados completos (FLT) | FLT (%) |
| | | Pedidos entregados a tiempo (ODT) | ODT (%) |
| | | Tiempos de espera | Minutos |
| | | Calidad a la primera (FTT) | Porcentaje |
| | | Mapa de flujo de valor VSM | Tiempo de valor agregado |
| Dependiente: Productividad | Relación entre lo producido y los medios utilizados, la capacidad de generar resultados utilizando ciertos recursos (Gutiérrez, 2014) | Productividad de las máquinas (OEE) | OEE (%) |
| | | Productividad de mano de obra (PMO) | Pieza/trabajador x día |

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico de la empresa CITE KORIWASI

CITE Koriwasi nace como resultado de una alianza estratégica entre Minera Yanacocha, a través de la Asociación Los Andes de Cajamarca, y el Estado, mediante MINCETUR, con el propósito de mejorar las capacidades técnicas y condiciones tecnológicas del proceso productivo de la joyería, mediante la implementación y funcionamiento de una institución prestadora de servicios especializados, y así promover el desarrollo humano sostenible de la región Cajamarca.

Actualmente es una entidad privada que forma parte de la Red de Centros de Innovación Tecnológica del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. El CITE inicia sus operaciones en el año 2004 y está ubicada en la calle Sur Oeste del Complejo Qhapac Ñan, en la Mz. A, Lote II s/n, en el departamento de Cajamarca. Tiene tres áreas de trabajo específicas:

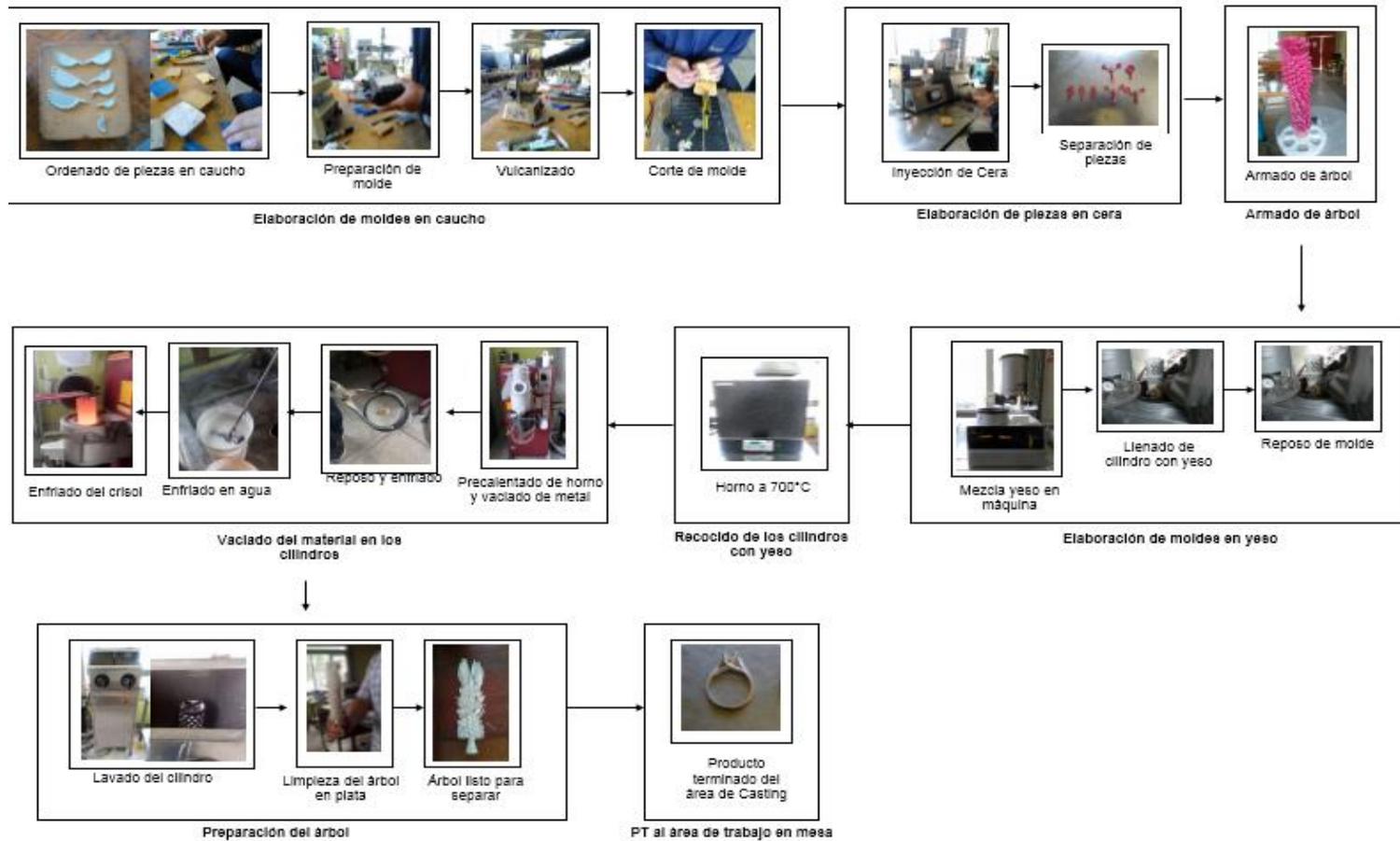
- Escuela de Joyería, que cuenta con equipamiento moderno para la enseñanza de la joyería a personas con o sin experiencia previa.
- Centro de Servicios que provee de materia prima certificada, productos en proceso e insumos a los joyeros a nivel nacional.
- Ente articulador de la oferta joyera de Cajamarca con mercados internos y externos.

3.1.1. Proceso productivo del área de casting

El proceso de casting es la parte inicial de la producción de las piezas, como se mencionó en la realidad problemática, este es una etapa sumamente crítica.

A continuación, se muestra un diagrama pictórico, para detallar las etapas del proceso:

Figura 1. Diagrama pictórico del proceso de Casting



Fuente: Elaboración propia

Para el desarrollo de los procesos que se muestran en la Figura 6, la empresa cuenta con las siguientes máquinas y equipos:

Tabla 6. Maquinarias del proceso de Casting

| Concepto | U | Marca / modelo | Descripción | Foto de referencia |
|-----------------------------|---|--|---|---|
| Inyectora de cera | 2 | Vacuumilio x Injector – Yasvi / vwi - 2 ^a | Aparato que sirve para inyectar la cera líquida al interior de los moldes de caucho. Este equipo trabaja a base de presión de aire, el cual permite que la cera salga con fuerza a través de un pivote o válvula y llene por completo el molde. |  |
| Inyectora de cera | 1 | Epígonos / BISTSPD | |  |
| Mescladora de revestimiento | 1 | Acosta Stock | Amasa el material de fragüe rápido. |  |
| Bomba de vacío | 1 | Busch / rbc0215815 -1101 | Máquina capaz de bombear a través de presión atmosférica |  |
| Horno Vulcan | 2 | Dentsplytec h / Vulcan | Equipo que calienta, a una temperatura muy superior al ambiente, materiales o piezas situadas dentro de un espacio cerrado, con el fin de fundir los metales, ablandarlos, vaporizarlos o recubrir |  |

| Concepto | U | Marca / modelo | Descripción | Foto de referencia |
|-----------------------|---|---|--|---|
| | | | piezas con otros elementos para crear nuevos materiales o aleaciones. | |
| Horno de inducción | 1 | Neutec / J-ZCEC | Horno eléctrico en el que el calor es generado por la inducción eléctrica de un medio conductor (un metal) en un crisol, alrededor del cual se encuentran enrolladas bobinas magnéticas. |  |
| Equipo de vulcanizado | 1 | Kerr / P30 | Máquina que ejerce presión contra el molde, en el cual se le va a inyectar la aleación de metal |  |
| Equipo de vulcanizado | 1 | Acosta Stock / VP03 Vulcanizer | |  |
| Balanza digital | 1 | OHAUS CORPORATION / Adventure Pro AV 2101 | Máquina utilizada para pesar con precisión los materiales a utilizar. |  |

| Concepto | U | Marca / modelo | Descripción | Foto de referencia |
|-------------------------------|---|-------------------------|---|---|
| Tambor rotativo | 1 | OTEC / ECO maxi | Máquina utilizada para pulir piezas. |  |
| Eliminadores de revestimiento | 2 | | Máquina que expulsa chorros de agua a presión para la limpieza del yeso, utilizada para moldear la aleación de metal. |  |
| Horno a Vapor | 1 | | Fundición de metales. |  |
| Equipo de centrifugado | 3 | Acosta Stock / Estándar | |  |

Fuente: elaboración propia

3.1.2. Piezas producidas

En cuanto a las piezas producidas se solicitó la información del periodo Enero – septiembre del 2018; cabe mencionar que la producción varía de acuerdo con la demanda de los clientes, evidenciando que la producción del mes de abril es temporada alta.

Tabla 7. Producción mensual de piezas - CITE Koriwasi periodo enero-septiembre 2018

| Mes | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Total | Promedio |
|-------------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|-------|----------|
| Accesorios y piezas casteadas | 2352 | 2150 | 1680 | 2500 | 2051 | 2050 | 1657 | 1850 | 2130 | 18420 | 2047 |

Fuente: elaboración propia

3.1.3. Diagnóstico del área de estudio

En cuanto a la evaluación de la situación actual del área de casting de la empresa CITE Koriwasi, se realizaron diferentes visitas para determinar a través de la observación directa, impresiones de los trabajadores y aplicación de diagramas de flujo, como se encuentra actualmente este proceso y cuáles son los tiempos que se emplean en las diferentes actividades de producción, según lo definido en el diagrama de flujo del proceso de casting mostrado en la figura 2.

En primer lugar, se ejecutó la observación directa del proceso; para esto, se emplearon los parámetros establecidos por General Electric para determinar el número de ciclos a observar. Dado que el tiempo del ciclo observado en el ejercicio preliminar fue de 764,06 minutos (mayor a 40 minutos), serán requeridas 3 observaciones.

Tabla 8. Observaciones recomendadas según estudios de General Electric

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

Fuente: Frievalds (2009)

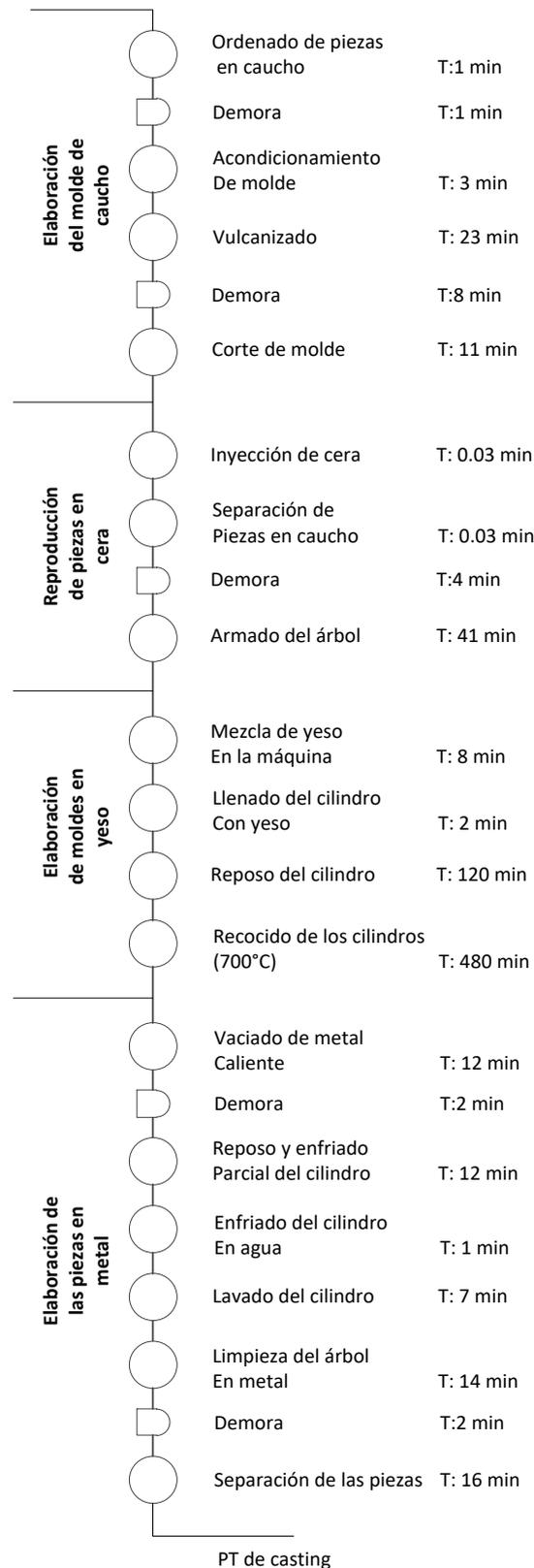
Como resultado de las observaciones se obtienen la tabla y diagrama mostrados a continuación

Tabla 9. Observaciones del proceso de casting de la empresa CITE Koriwasi

| Estaciones/mediciones | Observación 1 (min) | Observación 2 (min) | Observación 3 (min) |
|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Orden de piezas en caucho | 2 | 1.9 | 2.1 |
| Acondicionamiento | 3 | 3 | 2.9 |
| Vulcanizado | 31 | 30 | 28 |
| Corte de molde | 11 | 11.7 | 11.2 |
| Inyección de cera | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| Separación de las piezas | 0.03 | 0.02 | 0.04 |
| Armado del árbol | 45 | 43 | 44.6 |
| Mezcla de yeso | 8 | 9 | 8.3 |
| Llenado del cilindro | 2 | 2.4 | 3.1 |
| Reposo del cilindro | 120 | 120 | 120 |
| Recocido del cilindro | 480 | 480 | 480 |
| Pre calentamiento y vaciado de metal | 13 | 13 | 13.8 |
| Reposo y enfriado del molde | 13 | 12 | 11.9 |
| Enfriado del molde en agua | 1 | 0.8 | 1 |
| Lavado del cilindro | 7 | 10 | 9 |
| Limpieza del árbol en metal | 15 | 16 | 16.7 |
| Separación de las piezas | 17 | 16.5 | 18 |
| Total | 768.06 | 769.35 | 770.67 |

Fuente: elaboración propia

Figura 2. Diagrama de operaciones del área de Casting



Fuente: elaboración propia

El diagrama de operaciones mostrado en la figura 2, describe el proceso del ciclo de casting. Fueron identificados 5 demoras, las cuales se produjeron al pasar de una estación a la siguiente, ocasionadas por el factor humano, hallando un total de 17 minutos que no añaden valor a la producción.

De esta evaluación se determinó que:

- El promedio para el tiempo del ciclo del proceso de casting es 768,06 minutos.
- El promedio de retrasos o demoras del proceso de casting es 17 minutos
- El proceso de casting está conformado por un total de 17 etapas.

Como primer paso del diagnóstico del área de estudio, se procedió a determinar los problemas que afectan el desempeño y productividad del área de casting. Se inició aplicando la técnica tormenta de ideas (brainstorming) como fórmula para generar opiniones que permitieran identificar problemas y buscarles solución (Arivananthan, 2015). En este sentido, se formuló la interrogante ¿Qué factor cree Ud. que afecta negativamente el desempeño y productividad del área de casting?, la cual fue dirigida al personal que opera el área, incluyendo a los supervisores.

Como resultado, se elaboró una lista de los factores que intervienen de manera negativa en el proceso, los cuales se nombran a continuación:

- **Bajo nivel de productividad de mano de obra:** El tiempo de entrega de los pedidos es variable debido al requerimiento de los clientes, se puede optimizar estos tiempos aprovechando el 100% de la capacidad de la mano de obra.
- **Falta de uso de EPP:** El personal del área realiza algunas labores que, si no son realizadas con cuidado, pueden poner en peligro su salud física. Sin embargo, se observó que, aunque cuentan con equipo de protección personal, no lo utilizan con frecuencia ya que están bastante familiarizados con los procesos y máquinas.

- **Altos niveles de tiempo muerto:** Durante las visitas al área de casting, se encontró que en ciertas ocasiones los operarios no se encontraban realizando sus funciones, desperdiciando tiempo productivo y generando costos extras.
- **Exceso de desorden en el área:** Las empresas deben asegurarse de que el ambiente que les brinden a sus trabajadores sea el óptimo y que les permita realizar sus funciones de manera cómoda y sin interrupciones. Sin embargo, se observó que en el área de Casting el exceso de desorden es generado por la falta de interés de los operarios en mantener su espacio de trabajo libre y limpio.
- **Falta de estandarización de procesos:** Esto se genera por falta de cronogramas semanales de producción establecida en conjunto por el área administrativa y el área de producción en Casting.

En la siguiente tabla se muestra el código asignado a cada uno de los factores ya mencionados.

Tabla 10. Listado de problemas visualizados en el área de Casting de la empresa CITE Koriwasi

| Código | Listado de problemas |
|--------|---|
| A | Bajo nivel de productividad de mano de obra |
| B | Falta de uso de EPP |
| C | Altos niveles de tiempo muerto |
| D | Exceso de desorden en el área |
| E | Falta de estandarización de procesos |

Fuente: elaboración propia.

3.1.4. Priorización de los problemas

En base a los factores evaluados anteriormente, se procede a ponderar cada uno de los problemas, con la finalidad de evaluar e identificar cuál de ellos requiere mayor atención durante el estudio.

Figura 3. Jerarquización de los problemas del área de estudio de la empresa CITE Koriwasi

| CÓDIGO | A | B | C | D | E | TOTAL | PRORIDAD |
|--------|---|---|---|---|---|-------|----------|
| A | | A | A | A | A | 4 | 1 |
| B | | | C | D | B | 1 | 4 |
| C | | | | C | C | 3 | 2 |
| D | | | | | E | 1 | 3 |
| E | | | | | | 1 | 5 |

Fuente: elaboración propia.

La figura 3 muestra la priorización de problemas presentes en el área de casting, utilizando el método cualitativo se ordenan los problemas, dándole el valor 1 al más relevante y 5 al menos relevante.

Por último, en la tabla 11 de priorización de los problemas se observa que el principal factor es el bajo nivel de productividad de mano de obra, mientras que la falta de estandarización de los procesos se encuentra como última prioridad.

Tabla 11. Priorización de los problemas observados en el área de Casting de la empresa CITE Koriwasi

| Código | Listado de problemas | Prioridad |
|--------|---|-----------|
| A | Bajo nivel de productividad de mano de obra | 1 |
| C | Altos niveles de tiempo muerto | 2 |
| D | Exceso de desorden en el área | 3 |
| B | Falta de uso de EPP | 4 |
| E | Falta de estandarización de procesos | 5 |

Fuente: elaboración propia

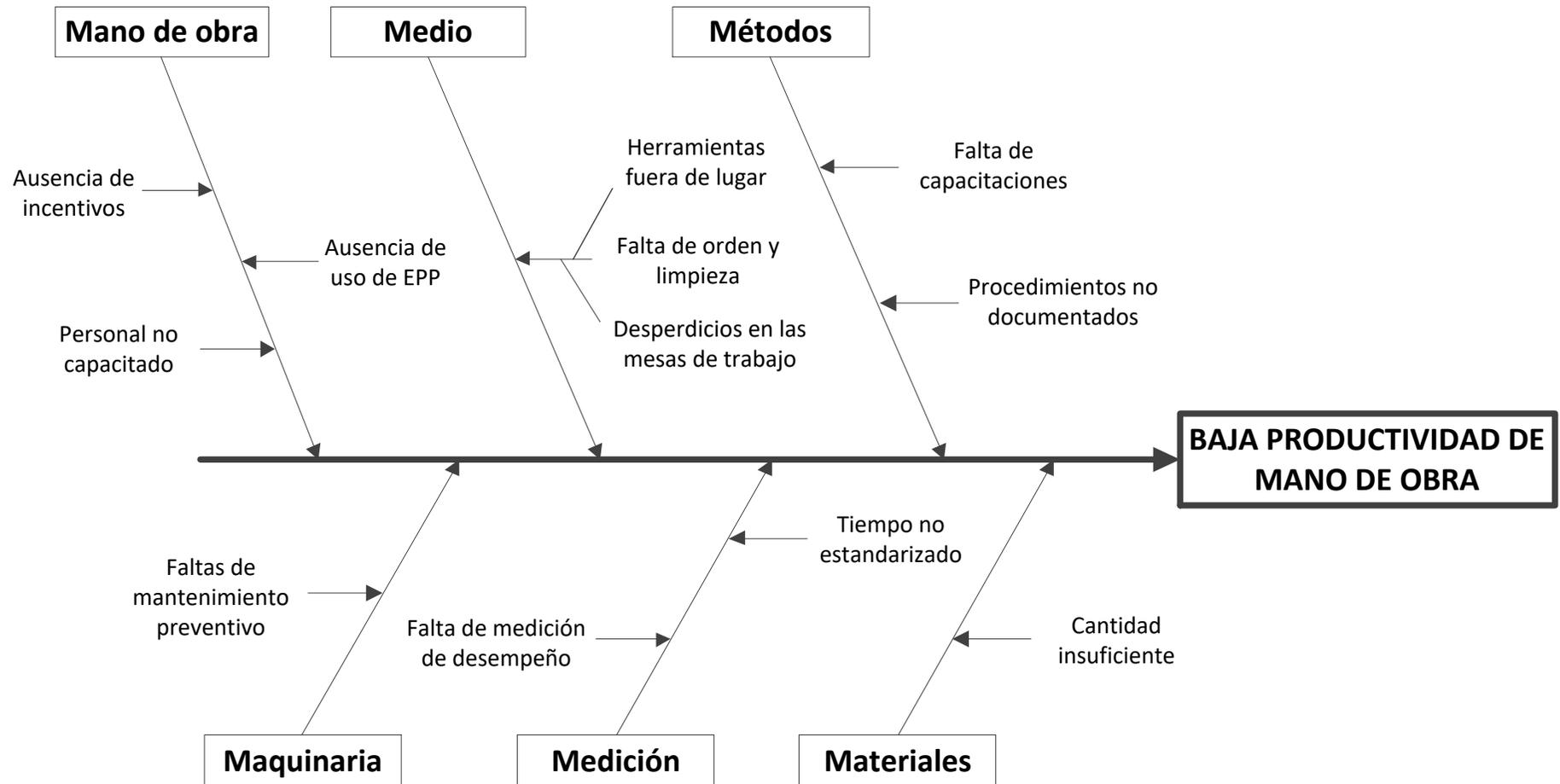
Interpretando los resultados obtenidos de la Figura 3 y tabla 11, se determinaron los 2 problemas principales “*bajo nivel de productividad de mano de obra*” y “*altos niveles de tiempos muertos*”.

3.1.5. Evaluación causa - efecto

Los 2 principales problemas fueron evaluados a través de un estudio causa – efecto, aplicando la técnica denominada diagrama de Ishikawa como herramienta para ayudar al investigador a tener una concepción del problema (Zapata & Villegas, 2006).

Se inició con el análisis sobre el “*bajo nivel de productividad de mano de obra*”, del cual en conjunto con el personal del área de casting se elaboró el siguiente diagrama:

Figura 4. Diagrama de Ishikawa para baja productividad de mano de obra



Fuente: elaboración propia

La aplicación de este diagrama ayudó a identificar las principales causas que contribuyen con la baja productividad de mano de obra y a la vez identificar posibles soluciones. A continuación, se detalla cada categoría:

Mano de obra

Como se puede observar, “*mano de obra*” fue la categoría con más causas identificadas. Se determinó 1 orientada a la seguridad y salud ocupacional y 2 vinculadas con la motivación del personal, dada la carencia de incentivos de otra índole.

Otro aspecto que genera retrasos en la productividad de la mano de obra es la falta de capacitación en diversos temas, como el Lean Manufacturing.

Métodos

Por su parte, la categoría “*métodos*” presentó 2 causas de las cuales 1 está estrechamente ligada con lo observado en “*mano de obra*”, ya que se trata de la falta de un plan de capacitaciones al personal, limitando el desarrollo de sus habilidades, generando que no se alineen a los objetivos de la empresa, destacando nuevamente un punto de atención sobre el tema de seguridad y salud ocupacional.

Al evidenciarse la falta de un procedimiento establecido para cada actividad, el personal interrumpe sus labores sin justificación, lo que conlleva a un incremento del tiempo del proceso.

Medición

Por otro lado, la categoría “*medición*” presentó 1 causa de problema de productividad, siendo los tiempos de proceso no estandarizados y la inexistencia de índices que permitan medir y controlar el desempeño, los identificados.

Materiales

Con respecto a los “*materiales*”, este factor no impacta de manera significativa a la productividad ya que esta situación podría darse en algunos casos de sobre producción.

Maquinaria

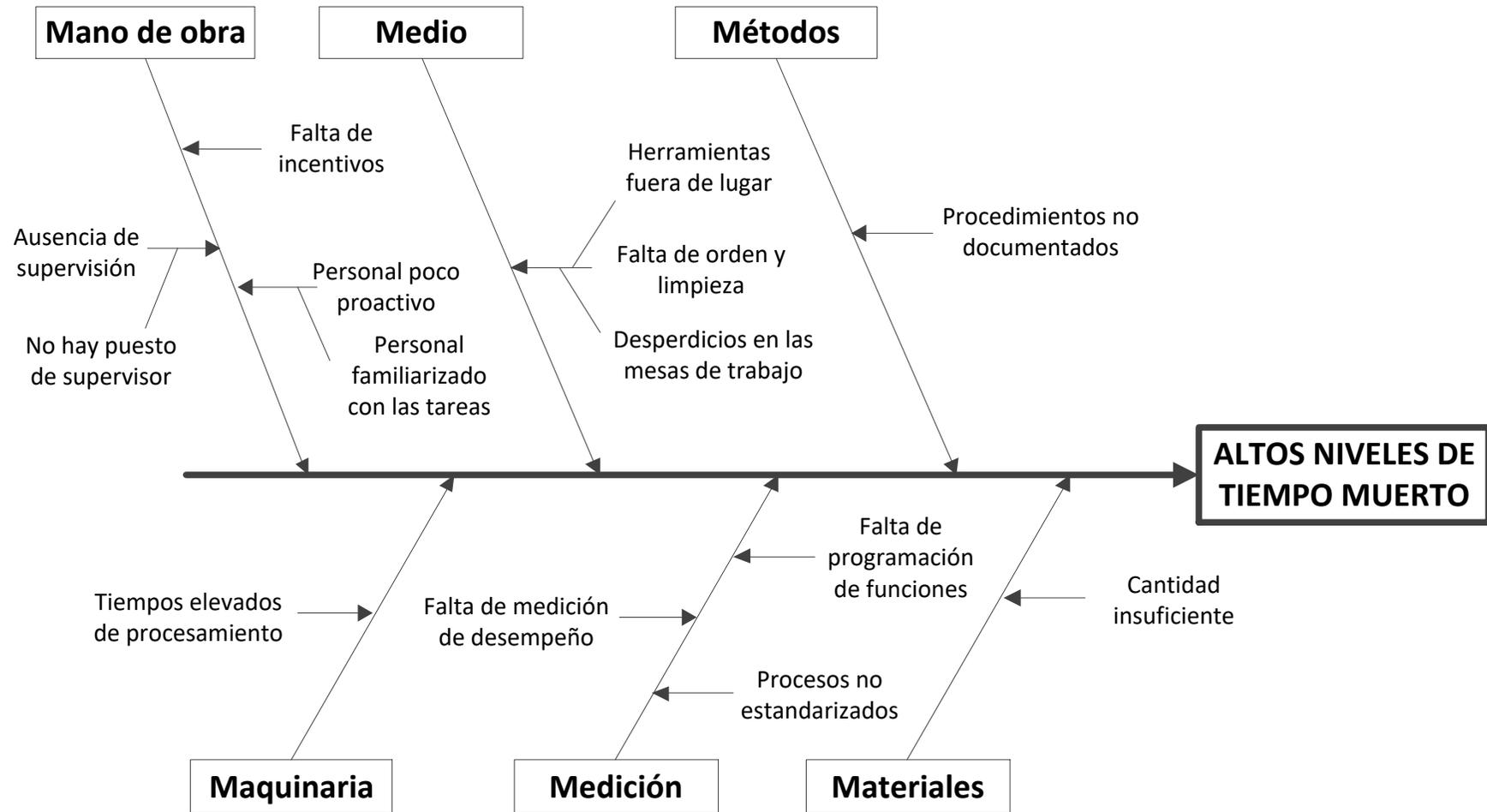
En la categoría “*maquinaria*”, la falta de programación de mantenimientos preventivos representa un problema para la producción (dado su manejo actual).

Medio

En esta categoría se encontró que la causa principal que contribuye con la baja productividad de mano de obra son el desorden como aspectos que inciden en las actividades productivas, ya que estas condiciones propician movimientos innecesarios para los trabajadores al momento de operar una máquina que este alejada, al momento de disponer de los desechos, o ante la necesidad de ubicar una herramienta o material que por la falta de orden este almacenado de forma incorrecta.

Luego se procedió a analizar la razón de los “*altos niveles de tiempos muerto*” elaborando el diagrama mostrado a continuación:

Figura 5. Diagrama de Ishikawa para altos niveles de tiempo muerto



Fuente: Elaboración propia

Mano de obra

Durante el análisis del problema relacionado “*altos niveles de tiempo muerto*”, se identificaron como principales causas las generadas dentro de las categorías de “*mano de obra*” y “*medición*”. La falta de incentivos en conjunto con un personal poco proactivo que a su vez está sumamente familiarizado con las tareas que realiza, lleva a que los mismos no trabajen a su máxima capacidad lo que, sumado a la inexistencia de supervisión, hace de esta situación un importante obstáculo para alcanzar niveles óptimos de producción.

Medición

Por otro lado, en la categoría “*medición*”, se identificaron debilidades en la planificación de actividades y tareas, falta de estandarización de trabajos (aunque los mismos son repetitivos no están 100% estandarizados y procedimentados), así como falta de indicadores de desempeño que permitan evaluar la productividad, detectar amenazas y detectar oportunidades de mejora de forma oportuna.

Medio

En la categoría “*medio*” se determinó como causa la falta de orden y limpieza, lo que ocasiona que el personal interrumpa sus labores para buscar herramientas que no se encuentran en su lugar.

Métodos

Por su parte se identificó, dentro de la categoría “*métodos*”, que los procedimientos no documentados representan altos niveles de tiempos muertos, al no saber el adecuado flujo del proceso.

Maquinaria

En cuanto a la” maquinaria”, se evidenció que algunas presentan altos tiempos de procesamiento dado que ese es el tiempo establecido.

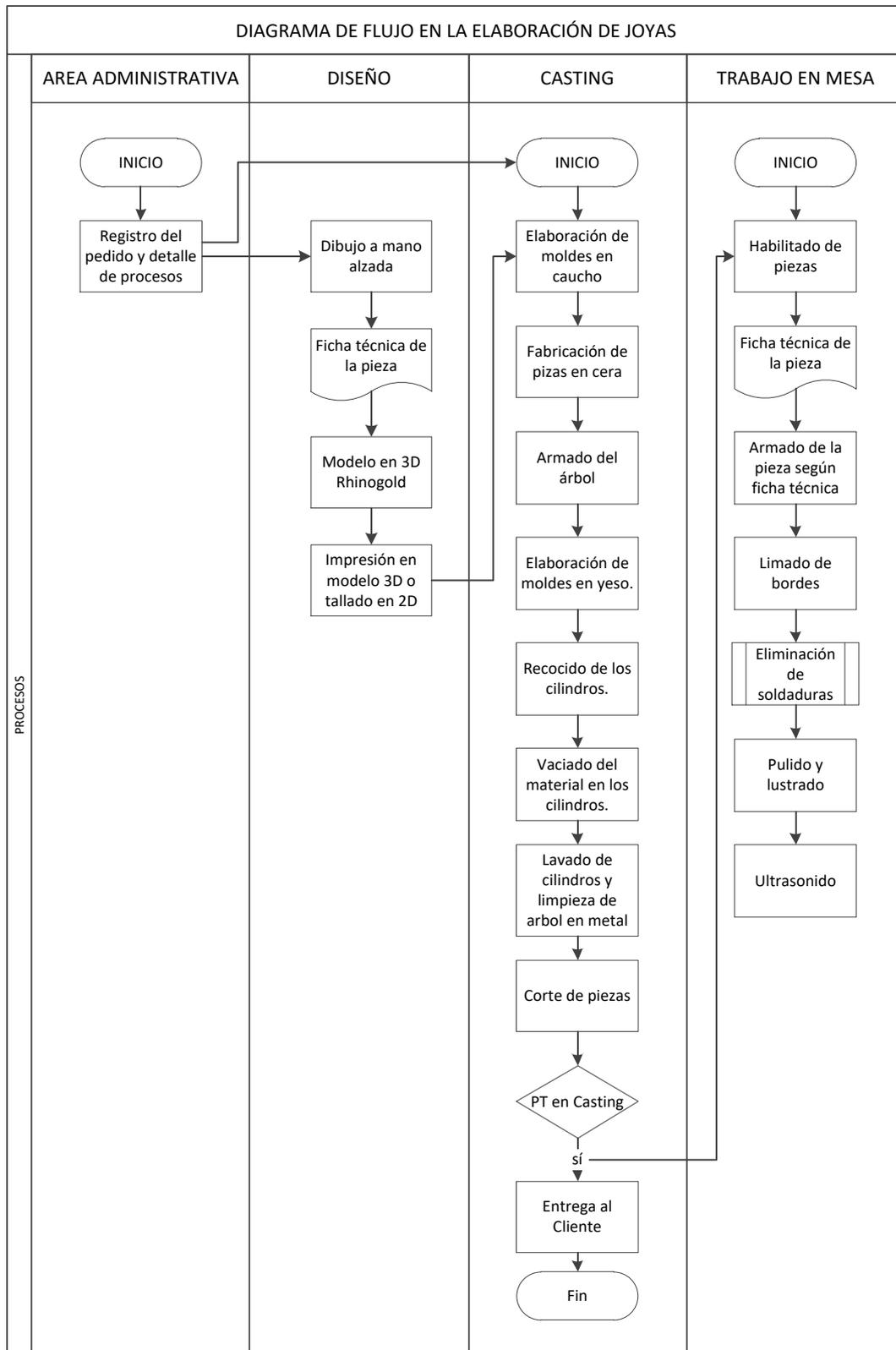
Por otro lado, con respecto a los demás problemas mostrados en la tabla 10 e identificados con las letras B, C, E, los mismos inciden directamente en la falta de productividad y tiempos muertos, estando presentes en los renglones “*mano de obra*”, “*medio*”, “*métodos*”, “*medición*” y “*materiales*”.

3.2. Resultado de los indicadores antes de la mejora

3.3.1. Tiempo de ciclo total (TCT)

Dentro de las actividades que desarrolla la empresa CITE Koriwasi para la confección de joyería de plata y oro, el casting es uno de los procesos con mayor peso específico dentro de la cadena de valor. En general, la confección de joyería se lleva a cabo bajo el siguiente esquema:

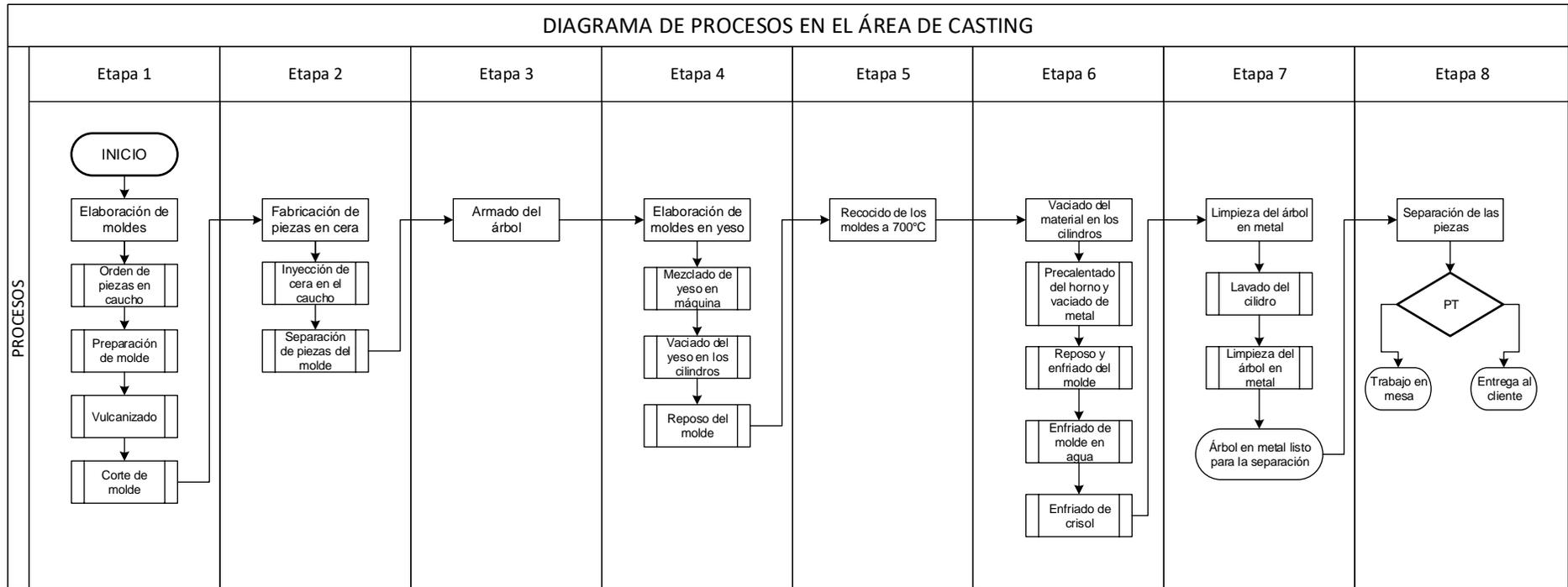
Figura 6. Diagrama de flujo general para la elaboración de joyas de la empresa CITE Koriwasi



Fuente: Elaboración propia

En específico, el apartado del casting se desarrolla siguiendo los pasos indicados en los diagramas mostrados a continuación:

Figura 7. Diagrama de flujo de las actividades de Casting de la empresa CITE Koriwasi



Fuente: elaboración propia.

Para calcular de tiempo de ciclo total, con los datos obtenidos en la medición de tiempos (figura 2), se aplican en la fórmula del tiempo de ciclo:

Ecuación 1. Cálculo del tiempo de ciclo total

$$TCT = TC \text{ operación } 1 + TC \text{ operación } 2 + \dots + Tc \text{ operación } N$$

$$TCT = 2 + 3 + 31 + 11 + 0.03 + 0.03 + 45 + 8 + 2 + 120 + 480 + 13 + 13 + 1 + 7 + 15 + 17$$

$$TCT = 768.06min$$

Luego de la resolución de la ecuación, se obtiene que el tiempo de ciclo total actual de procesamiento en el área de Casting es de 768.06 minutos.

3.3.2. Pedidos entregados completos (FLT)

Con la ayuda de este indicador podemos medir la relación del número de pedidos entregados con respecto a la cantidad total requerida.

Se utilizó la siguiente formula:

Ecuación 2. Cálculo de pedidos entregados completos (FLT)

$$FLT = \frac{\text{Número de pedidos entregados}}{\text{Cantidad total requerida}} \times 100\%$$

Para calcular el FLT se consideraron los datos mostrados en la siguiente tabla, correspondientes al periodo de los meses de Enero – septiembre 2018, donde se realizó un pedido de 2500 piezas.

Tabla 12 Piezas entregadas entre los meses de Enero-Septiembre 2018

| Mes | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Promedio de piezas completas entregadas | Pedidos |
|--------------------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---|---------|
| Accesorios y piezas casteadas | 2430 | 2395 | 2450 | 2495 | 2395 | 2480 | 2430 | 2378 | 2390 | 2047 | 2500 |

Fuente: datos brindados por la empresa CITE KORIWASI – Elaboración propia.

Aplicando la formula, se obtiene:

$$FLT = \frac{2047}{2500} \times 100\%$$

$$FLT = 81.87\%$$

Con los cálculos obtenidos, se observa que el FLT actual es de 81.87% de pedidos entregados completos, y el porcentaje restante hace referencia a la cantidad de piezas que fueron rechazadas por no cumplir con las especificaciones del cliente, generando un impacto económico negativo para la empresa. Con el diseño de mejora propuesto, se plantea como objetivo un FLT de 97%

3.3.3. Pedidos entregados a tiempo (ODT)

Se calculó el valor de los pedidos que deberían ser entregados a tiempo para cumplir con los objetivos definidos para la empresa, mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 3. Cálculo del número de pedidos entregados a tiempo

$$ODT = \frac{\text{Número de pedidos entregados a tiempo}}{\text{Cantidad total requerida}} \times 100\%$$

Para realizar el cálculo de la ODT se utilizaron los siguientes datos:

Tabla 13. Porcentaje de piezas entregadas a tiempo entre los meses de enero-septiembre 2018

| Mes | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Promedio de piezas completas entregadas | Pedidos |
|-------------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---|---------|
| Accesorios y piezas casteadas | 2322 | 2135 | 1675 | 2400 | 2030 | 2045 | 1730 | 1847 | 2126 | 2034 | 2500 |

Fuente: elaboración propia

$$ODT = \frac{2034}{2500} \times 100\%$$

$$ODT = 81.38\%$$

Analizando los resultados del ODT actual de la empresa, se determinó un valor de 81.38% de cumplimiento; lo restante, se consideran piezas que fueron entregadas fuera de la fecha establecida, este resultado se encuentra por debajo de lo establecido por la empresa de un 95% de cumplimiento.

3.3.4. Tiempos de espera

Luego de la observación del proceso anteriormente mencionado, se pudo observar que la falta de orden y de limpieza afectan las labores del personal, al gastar más tiempo del necesario buscando herramientas, disposición de residuos, y otros esfuerzos adicionales gracias a la falta de una organización más efectiva en el área de trabajo. Las figuras mostradas a continuación dan muestra de los antes mencionados:

Figura 8 Desorganización del área de trabajo



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Desorganización del área de trabajo 2.



Fuente: elaboración propia

Se evidenció un tiempo promedio de 17 minutos de espera, ocasionados por lo anteriormente mencionado y el factor humano. Con la aplicación de la mejora se tiene como objetivo reducir este tiempo a cero.

3.3.5. Calidad a la primera (FTT)

El FTT es el indicador básico de calidad de un proceso que muestra el porcentaje correcto de piezas, es decir sin la necesidad de un reproceso. Su fórmula de cálculo es:

Ecuación 4. Cálculo de calidad a la primera FTT

$$FTT = \frac{(\text{Unidades procesadas} - \text{Unidades descartadas o rechazadas})}{\text{Unidades procesadas}} \times 100\%$$

Fuente: Vásquez (2013)

Para el desarrollo de la ecuación, se emplearon los siguientes datos:

Tabla 14. Promedio de piezas entregadas, aceptadas y rechazadas periodo Enero-Septiembre 2018

| Fabricadas | Aceptadas | Rechazadas |
|------------|-----------|------------|
| 2047 | 1822 | 225 |

$$FTT = \frac{(2047 - 225)}{2047} \times 100\%$$

$$FTT = 89\%$$

La interpretación de los datos obtenidos en la ecuación previa, indica que el 89% de las piezas no requieren pasar por reprocesos, es decir que son entregadas una vez culminado el proceso de producción.

3.3.6. Mapa de flujo de valor (VSM)

Para elaborar el diseño de las herramientas de Lean Manufacturing del área de CITE KORIWASI, se usó el mapa de flujo de valor (VSM), el cual nos brinda los tiempos de valor agregado (TVA) y el tiempo de valor no agregado (TVNA), los que se obtuvieron por la toma de tiempos y la información recolectada del área de estudio.

Debido a que la producción depende del pedido del cliente, no se cuenta con un programa de producción estándar, al generarse una mayor demanda de producción en el mes de abril, se consideraron los datos de este mes.

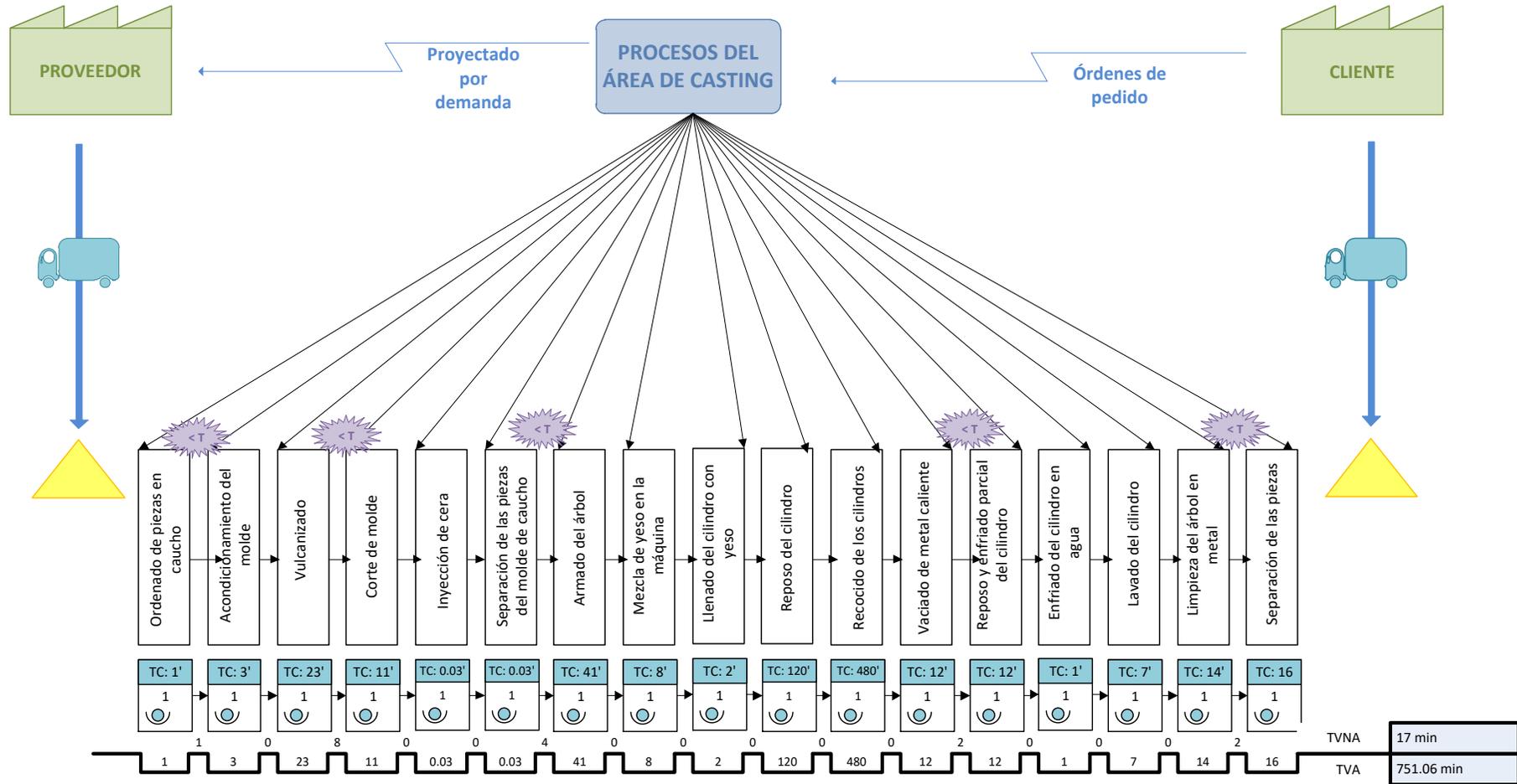
Se espera reducir o eliminar los tiempos de valor no agregado de producción, como son las demoras generadas por el factor humano y así satisfacer la demanda del área de casting en su totalidad.

Se muestra el mapa de flujo de valor (VSM) actual en la figura 14 del área de casting. La empresa produce un promedio de 2047 piezas mensuales, lo

que se traduce en 79 unidades producidas al día, considerando 26 días de producción por mes.

Después de analizar los tiempos actuales de la producción de la empresa, se determinó un TVA de 751.06 minutos en la producción mensual de 2047 piezas. El TVNA fue de 17 minutos, que no general valor a la producción y se deben reducir.

Figura 10. Mapa de flujo de valor actual del área de estudio



Fuente: elaboración propia.

3.3.7. Tiempo Takt

El último aspecto evaluado fue el tiempo de producción para lo cual se estudió en el área de casting el tiempo takt, es decir, el “tiempo necesario para completar una tarea del proceso de fabricación” (Martinez & Colorado, 2015). Para esta evaluación se siguieron las siguientes premisas tomadas de la información levantada en la empresa CITE Koriwasi:

- Los tiempos se trabajarán en la unidad de segundos.
- Jornada laboral = 9 horas /32400 segundos
- Descansos para almorzar = 1 hora / 3600 segundos
- Descansos a lo largo de la jornada = 30 minutos / 1800 segundos
- Preparación de operaciones = 30 minutos / 1800 segundos
- Labores de limpieza = 10 minutos / 600 segundos
- Tiempo disponible = $32400 - 3600 - 1800 - 1800 - 600 = 24600$ segundos
- Paradas no programadas de las máquinas = 12 minutos / 720 segundos
- Días laborables al mes = 26 días.
- Demanda mensual de piezas del área de casting = 2300 piezas (88,46 piezas/día)
- Producción promedio enero – septiembre 2018 = 2047 piezas (78,73 piezas/día).

Tomando esta información se calculó el valor del tiempo takt requerido para la demanda promedio de 2300, y el tiempo de ciclo actual para una producción promedio de 2047 piezas. Se empleó la ecuación mostrada a continuación:

Ecuación 5. Cálculo del tiempo Takt

$$\text{Tiempo de Takt} = \frac{\text{Tiempo Disponible (por turno, mes o día)}}{\text{Unidades demandadas por los clientes (en el turno, mes o día)}}$$

Fuente: Maldonado (2008)

Como resultado se obtuvo:

- Tiempo takt = 278,09 segundos/pieza
- Tiempo de ciclo actual = 312,46 segundos/pieza

Se puede observar de estos valores que el tiempo de ciclo actual es mayor al tiempo takt por 34,37 segundos y, para mejorar los índices de producción, este indicador se debe igualar o mejorar con respecto al tiempo takt para el proceso de casting de la empresa CITE Koriwasi.

3.3.8. Eficiencia global de los equipos (OEE)

Se realizó el cálculo de la “eficiencia global de los equipos” (OEE por sus siglas en inglés), el cual se realizó a partir de los valores suministrados por la empresa CITE Koriwasi y presentados en la tabla 16, así como, los valores determinados durante la observación del proceso de casting y el cálculo del tiempo takt.

Para los términos del OEE, el tiempo disponible determinado para el tiempo takt será considerado como el tiempo ciclo ideal, siendo el tiempo máximo efectivo por jornada laboral. Mientras que, el tiempo disponible para este indicador será el resultado de restar el tiempo de espera observados en el proceso de casting al tiempo planificado.

Tabla 15. Valores para el cálculo de la eficiencia de las máquinas

| Descripción | Valor |
|-----------------------|-----------------------|
| Tiempo planificado | 24600 segundos/pieza |
| Tiempo de ciclo ideal | 278.09 segundos/pieza |

| | |
|--------------------------------------|------------------|
| Paros no programados de las máquinas | 720 segundos |
| Piezas producidas buenas/mes | 1822 piezas/mes |
| Días laborados por mes | 26 días |
| Piezas producidas buenas/día | 70.08 piezas/día |

Fuente: elaboración propia

Luego se aplicaron los datos en la ecuación mostrada a continuación para determinar la “eficiencia global de los equipos”.

Ecuación 6. Cálculo de la eficiencia global de los equipos

$$OEE (\%) = \frac{\text{Piezas buenas} * \text{Tiempo de ciclo ideal}}{\text{Tiempo planificado}} * 100$$

Fuente: Vásquez (2013).

$$OEE (\%) = \frac{70.08 * 278.09}{24600} * 100 = 79.22\%$$

Como se puede apreciar de los valores calculados para la situación actual del área de casting, la eficiencia global de los equipos es el 79,22%.

3.3.9. Productividad de la mano de obra

Hallando la productividad de mano de obra del área de casting se podrá determinar la cantidad de piezas elaboradas en un día por cada trabajador.

En esta área participan 5 operarios.

Ecuación 7. Cálculo de la productividad de Mano de obra

$$PMO = \frac{\text{Producción}}{\# \text{ Mano de obra}}$$

Tabla 16. Productividad medida en Mano de Obra del periodo Enero - septiembre 2018

| Producción | Días hábiles (mes) | Piezas (día) | # Trabajadores | Productividad MO (pieza/ día) |
|------------|--------------------|--------------|----------------|-------------------------------|
| 2047 | 26 | 78.73 | 5 | 15.75 |

Fuente: elaboración propia.

Aplicando los datos de la Tabla 29 se obtiene el siguiente resultado:

$$PMO = \frac{78.73}{5} = 15.75 \text{ Pieza/día}$$

Con el análisis anterior se deduce que cada operario produce 15.75 piezas por día, de una producción promedio mensual de 2047 con 5 trabajadores.

3.3.1. Equipo de protección personal

Como se observó tanto en la ejecución de la tormenta de ideas como en los diagramas de Ishikawa, uno de los factores que afecta negativamente al proceso de casting y que involucra a los trabajadores, es la falta de uso de los equipos de protección personal. Como se puede observar en las figuras mostradas a continuación, es común el desarrollo de las actividades con el equipo de protección incompleto o inclusive ausente:

Figura 11. Falta de utilización de EPP – Trabajadores del área de Casting (1)



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Falta de utilización de EPP- Trabajadores del área de Casting (2)



Fuente: elaboración propia

A partir de este hallazgo, se procedió a registrar el porcentaje de EPP utilizado por cada trabajador, y el porcentaje de EPP utilizado en general en el proceso de casting. Para este fin registro qué implementos de seguridad utilizaban los trabajadores divididos en 4 tipos: lentes, mascarilla, tapa oídos, y guantes. Cada uno de ellos con el mismo valor de importancia, donde 1 solo implemento representaría el 25%, 2

implementos el 50%, 3 implementos el 75% y finalmente 4 implementos el 100% de uso. A continuación, se muestran las observaciones al respecto.

Tabla 17. Porcentaje de utilización de EPP de los trabajadores del área de Casting de la empresa CITE Koriwasi

| Descripción | Lentes | Mascarilla | Tapa oídos | Guantes | % |
|-------------------------------|--------|------------|------------|---------|---------------|
| Trabajador 1 | X | X | - | X | 75% |
| Trabajador 2 | - | X | - | X | 50% |
| Trabajador 3 | - | X | - | X | 50% |
| Trabajador 4 | - | - | - | X | 25% |
| Trabajador 5 | X | X | - | X | 75% |
| Trabajador 6 | X | - | - | X | 50% |
| Total, área de casting | | | | | 54,16% |

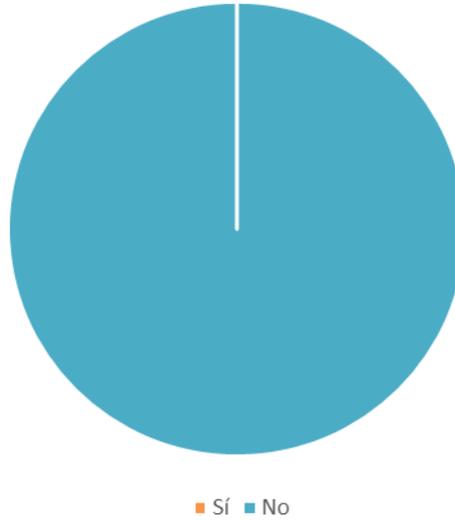
Fuente: elaboración propia

Como se puede observar de la tabla 12 todos los trabajadores hacen uso parcial del equipo, y el uso general se ubica en el 54,16% gracias al uso de 13 EPP de 24 EPP requeridos.

Una vez determinada la medida del uso de los EPP, se procedió a consultar a los 6 trabajadores del área sobre aspectos relacionados a como la empresa fomentaba la formación y capacitación de sus trabajadores. En este sentido se realizaron 2 interrogantes a los trabajadores para conocer si habían sido partícipes de acciones de formación (ADF) en los últimos 2 años. Las gráficas 1 y 2 muestran la respuesta del personal a la consulta.

Figura 13. Porcentaje de participación del personal en acciones de formación en los últimos 6 meses

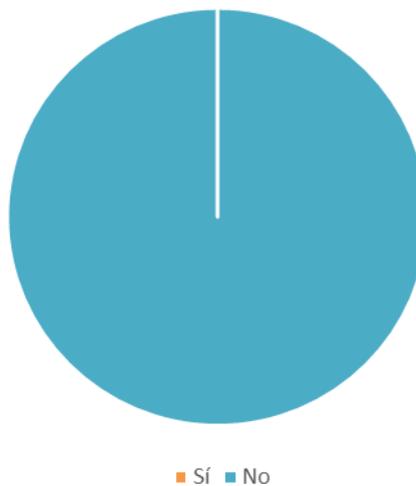
¿A participado Ud. en acciones de formación proporcionadas por la empresa CITE Koriwasi, en los últimos 6 meses?



Fuente Elaboración propia

Figura 14. Porcentaje de participación del personal en acciones de formación en el periodo de 1 a 2 años

¿Ha participado Ud. en alguna acción de formación (ADF) promovida por la empresa CITE Koriwasi en un periodo de 1 a 2 años?



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en las gráficas, ni en el corto ni en el largo plazo la empresa ha fomentado la capacitación de su personal del área de casting. Cabe mencionar que al momento de plantear la interrogante se le aclaró al personal que las ADF podían ser cualquier naturaleza, como: seguridad, crecimiento personal, técnica, u otra. Se determinó que el personal no ha sido participe de ninguna formación, es decir, las ADF en los últimos 2 años son iguales a 0.

3.4. Resultados de matriz de operacionalización de variables

Tabla 18. Operacionalización de variables (Resultados del diagnóstico)

| Variable | Definición | Dimensiones | Indicadores | Resultados del diagnóstico |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------|---|
| Independiente: Herramientas de manufactura esbelta | Es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero si en un costo y trabajo (Sconini, 2019) | Tiempo de procesamiento | Tiempo de ciclo total | TCT = 768.06 minutos |
| | | Pedidos entregados completos (FLT) | FTL (%) | FLT = 2047 piezas (81.87%) |
| | | Pedidos entregados a tiempo (ODT) | ODT (%) | ODT = 2034 piezas (81.38%) |
| | | Tiempos de espera | Minutos | Tiempo de espera = 17 minutos |
| | | Calidad a la primera (FTT) | Porcentaje | FTT = 1822 piezas (89%) |
| | | Mapa de flujo de valor VSM | Tiempo de valor agregado | TVA = 751.06 min TVNA = 17 min |
| Dependiente: Productividad | Relación entre lo producido y los medios utilizados, la capacidad de generar resultados utilizando ciertos recursos (Gutiérrez, 2014) | Productividad de las máquinas (OEE) | OEE (%) | OEE = 79.22 % |
| | | Productividad de mano de obra (PMO) | Piezas/trabajador x día | PMO = 15.75 piezas/trabajador x día |

Fuente: elaboración propia

3.5. Diseño de la propuesta de mejora

Una vez completado el diagnóstico de la situación actual de la empresa, bajo la perspectiva de factores que afectasen su productividad, se procedió a realizar la selección de las herramientas basadas en la filosofía Lean Manufacturing como instrumentos para el incremento del rendimiento de la empresa Cite Koriwasi.

Al concluir la identificación de los desperdicios encontrados en el área de Casting, se inició el desarrollo de la propuesta con la catalogación de los mismos, según la clasificación de los desperdicios considerados dentro de la manufactura esbelta.

De esta forma se construyó la tabla mostrada a continuación:

Tabla 19. Categorización de desperdicios, problemas, causas, y herramientas de manufactura esbelta.

| Tipo de desperdicio | Problemas | Causas | Herramientas de manufactura esbelta |
|--------------------------|---|---|--|
| Espera | <ul style="list-style-type: none"> Bajo nivel de productividad de mano de obra Altos niveles de tiempos muertos | <ul style="list-style-type: none"> Ausencia de incentivos Personal no capacitado Faltas de mantenimientos preventivos de maquinaria Tiempo no estandarizado Tiempos elevados de procesamiento Ausencia de supervisión Falta de motivación Personal poco proactivo | <ul style="list-style-type: none"> Kanban |
| Movimientos innecesarios | <ul style="list-style-type: none"> Exceso de desorden en el área | <ul style="list-style-type: none"> Incorrecto orden y limpieza Falta de programación de funciones Falta de uso de EPP | <ul style="list-style-type: none"> 5S`s Kanban |
| Defectos | <ul style="list-style-type: none"> Falta de estandarización | <ul style="list-style-type: none"> Falta de medición de desempeño Ausencia de supervisión Falta de estandarización de procesos | <ul style="list-style-type: none"> 5S`s |

Fuente: Elaboración propia

La construcción de la tabla 19 sirvió para definir la estructura de la propuesta, dado que en la misma se desglosa la clase de desperdicio o “muda” según la filosofía de la manufactura esbelta, los problemas vinculados a estos desperdicios, las causas que los originan y la herramienta que servirá para atender la situación observada.

En este sentido, se identificaron 4 herramientas que servirán para controlar los problemas identificados, haciendo énfasis en la baja productividad y en los altos tiempos muertos. En concreto, la propuesta constara de las herramientas 5S`s y Kanban, como medios para elevar la productividad de la empresa.

Adicionalmente, se emplearán un grupo de indicadores clave de desempeño (KPI), como instrumentos para a medición de la calidad, eficiencia, tiempos, y productividad en general, que servirán para ofrecer una visión sobre el desempeño de la empresa, si se están logrando los objetivos o no, y que brindaran información oportuna para realizar ajustes, mejoras o correcciones según aplique en cada caso.

La propuesta se aplicará de forma escalonada. La primera herramienta dentro del diseño de la propuesta serán las “5`s”, enfocada en generar un ambiente de trabajo libre de desorden y suciedad, propiciando el entorno para la puesta en práctica de las demás estrategias. Seguidamente, se plantea el uso de “etiquetas Kanban”, para controlar de modo armónico la fabricación de los productos necesarios en la cantidad y tiempo necesarios en cada uno de los procesos.

La figura 15 ilustra la secuencia de cómo serán introducidas las herramientas.

Figura 15. Secuencia de aplicación de manufactura esbelta



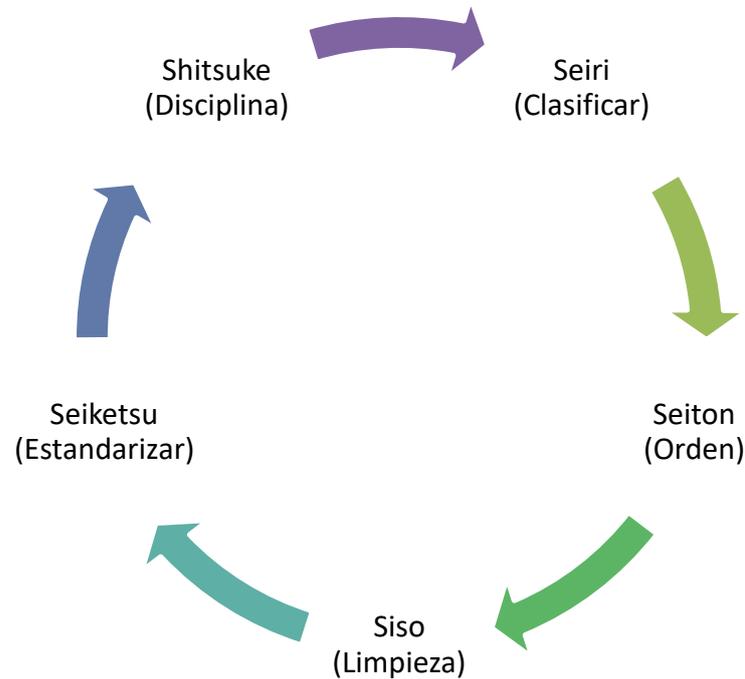
Fuente: elaboración propia.

Como complemento para la propuesta, se establecerán una serie de indicadores de desempeño para medir de forma eficiente y real la productividad de la empresa CITE Koriwasi. Los mismos servirán para identificar si las medidas están dando resultado, y para determinar si se están alcanzando los objetivos de la empresa.

3.5.1. Herramienta 5's

El objetivo principal de esta herramienta será garantizar espacios de trabajo limpios, ordenados y organizados, fomentando un cambio en la cultura del personal de la empresa, para lograr que las mejoras se mantengan al largo plazo, se han realizado capacitaciones al personal. Para este fin, la herramienta 5S's emplea una metodología escalonada donde, a través de la dimensión del entorno (clasificación, orden y limpieza) y la dimensión de las personas (estandarización y disciplina), realiza cambios estructurados a la organización para mejorarla en términos de orden que, en el caso particular del área de casting de la empresa CITE Koriwasi, se estima facilite que el área en cuestión lidere los procesos de innovación, mejora continua y gestión de calidad de la empresa. La figura 17 describe el significado de las 5S's.

Figura 16. Herramienta 5S's



Fuente: elaboración propia.

Considerando estos hallazgos, se ha previsto para el área de casting de la empresa, realizar una serie de actividades operativas que se detallan a continuación y que estarán a cargo de un representante de área, previamente seleccionado.

A. **Seiri (Clasificar)**

Seiri o clasificar, consiste en retirar del área los elementos que no son necesarios para realizar una labor.

Durante las visitas realizadas al área de trabajo se evidenció la presencia de muchos objetos que no tiene un lugar asignado y otros que se encuentran fuera de su ubicación; además, se observó que hay objetos personales en el área. Se propone implementar una pequeña bandeja a un lado de la mesa de trabajo exclusiva para las herramientas de uso frecuente, esto no altera la circulación de las personas, ya que el

espacio entre mesa y mesa es mayor a 1 metro, tal como se observa en la imagen siguiente:

Figura 17. Diseño de bandejas de almacenamiento de herramientas



Fuente: elaboración propia.

Para los objetos personales se debe implementar colgadores, o casilleros que permitan el orden de estos, como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 18. Ubicación de objetos personales en el área de trabajo



Fuente: elaboración propia.

Separar

Todos los objetos que no pertenecen al área.

Guardar

Objetos útiles en buen estado se clasifican y ubican por su uso: maquinaria, herramientas, insumos o equipo de protección. Se les asigna una zona específica.

Reparar – recuperar

Maquinaria o herramientas con posibilidad de ser reparadas se separan. Objetos innecesarios en buen estado, pero que no son necesarias, se separan para vender, y van a la zona de venta de segunda.

Reciclar

Se descartan para reciclaje aquellos objetos en mal estado que puedan servir para reciclaje: vidrio, metal, plástico, material orgánico papeles, van a la zona de reciclaje.

Botar

Todo objeto en muy mal estado que no se puede reparar ni reciclar, se destina a la basura. Se incluye:

- Artículos rotos
- Productos e insumos mezclados
- Productos e insumos sin etiqueta
- Maquinaria, herramientas o equipo de protección muy desgastadas

B. Seiton (orden)

En este concepto se maneja el criterio de “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”. En este sentido, se identifica y ubica los materiales seleccionados y se asigna un lugar para cada cosa. Actualmente, cada trabajador cuenta con su propia mesa de trabajo, soplete y comparten entre dos un balón de gas.

Las herramientas, los insumos y equipos de protección se encuentran esparcidos entre el armario del área y los cajones de la mesa de trabajo de cada trabajador. No hay un lugar asignado para guardarlos, encontrándose totalmente dispersos, lo que dificulta su ubicación y control.

Para implementar el orden, se asignan las siguientes tareas al representante de área: entregar a cada trabajador un Kit con los insumos, equipo de protección y herramientas de uso más frecuente. Cada trabajador debe marcar su Kit con un color, guardarlo en su mesa de trabajo y hacerse responsable de su estado.

Actualmente los insumos se encuentran en cualquier tipo de envase y sin rotular. Se opta por entregar a cada trabajador un kit con los insumos o productos de mayor uso, que estarán debidamente envasados con tapa segura y etiquetados:

- Envase con los moldes de cera
- Envase con sobrantes de plata que se van a reciclar
- Envase con agua / ácido muriático disuelto al 10% en agua.

Figura 19. Kit de insumos para los trabajadores



Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los equipos de protección, actualmente estos insumos se encuentran dispersos dentro del armario. Se decide dotar a cada trabajador un kit que contenga los insumos de uso más frecuente para que lo guarde en su mesa de trabajo. El contenido del kit se lista a continuación:

- Un par de anteojos protectores.
- Tapón para los oídos.
- Mascarilla.
- Guantes.

Figura 20. Kit de EPP para trabajadores



Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, actualmente las herramientas se encuentran dispersas entre el armario y los cajones de las mesas de trabajo. Nadie sabe dónde está cada herramienta y se desperdicia mucho tiempo en ubicarlas. También, se ha evidenciado la desaparición de varias piezas.

Se decide entregar a cada trabajador un kit con las herramientas de uso más frecuente. Cada kit se va a pintar de un color diferente para identificar las herramientas de cada trabajador y se guardará en su mesa de trabajo. El kit de herramientas consta de:

- 4 tenazas, punta redonda, punta fina, y redonda, corte, punta cuadrada.
- Martillos: 1 de goma y 1 de metal.
- 2 tijeras.
- 5 limatones: plano, redondo fino, redondo grueso, triangular y media caña.
- 1 Lima de grano grueso.
- 2 pinzas: Pinza normal y pinza de presión.
- 1 tas y 1 válvula.
- 1 Arco de calar.
- 1 encendedor recargable.

Figura 21. Kit de herramientas para trabajadores.



Fuente: elaboración propia.

Las herramientas comunes al área y que no son de uso frecuente se ubicarán dentro del armario con llave. Se van a agrupar en cajas rotuladas por tipo de herramienta, insumo o equipo. En las cajas se va a colocar una lista con su contenido y unidades de cada uno.

Se propone comprar encendedores recargables para evitar el cambio de todo el encendedor cada vez que se consume.

Se propone colocar “lámparas con brazo” personales para iluminar adecuadamente la mesa de trabajo. Actualmente sólo hay iluminación en el techo y al atardecer la luz no es suficiente para el trabajo que se realiza.

Para mantener el orden se asignan criterios a tomar en cuenta para organizar el espacio, los cuales se mencionan a continuación:

- **Uso frecuente:** Uso periódico – Poco uso – Nunca se usa. Se ubica más cerca del lugar de trabajo lo que se usa más.
- **Lugar seguro:** Que no se caigan, que no causen accidentes. Que no se roben.
- **Calidad:** Que estén protegidos, no se golpeen ni deterioren.
- Se identifica los espacios asignados y los objetos y materiales:
 - Se asigna un color para cada área.
 - Se colocan letreros.
- Ubicación de equipos y maquinaria de acuerdo con la operación a realizar.
- Se dispone y organiza de acuerdo con las necesidades de la operación.
- Se hace una lista de verificación que incluya como mínimo:
 - ¿Dónde va cada cosa?
 - ¿Cómo se van a colocar las cosas?

- ¿Dónde van a estar las cosas para que sea fácil encontrarlas: ¿letrero, colores? - ¿Cuánto de cada cosa se debe almacenar? máximo y mínimo.
- Se asigna a un representante por cada área a ordenar (puede ser el mismo representante encargado del descarte).

C. Seiso (limpieza)

Criterios para tomar en cuenta para limpiar el espacio:

- Hacer una limpieza profunda de todo el cuarto moviendo muebles, equipos, insumos, materiales, etc.
- Identificar las fuentes que generan suciedad como tuberías malogradas, ventanas rotas etc.
- Se establece un rol de limpieza para pisos y ventanas.
- Inspección de la limpieza al inicio y fin de las labores. Se emplearán los procedimientos diseñados para la higiene personal y de utensilios (ver anexos 8 y 9).
- Rotación semanal de la mesa de trabajo. Este sistema de rotación del personal de mesa a mesa servirá de filtro para verificar el orden y la limpieza de la mesa de trabajo.
- Se establece un rol de limpieza para el mantenimiento de herramientas e insumos.
- A cada maquinaria, equipos de medición, se le apertura un archivo donde se colocan los siguientes datos:
 - Datos de la maquinaria, marca, año de adquisición, procedencia.
 - ¿Cuándo se repara?
 - ¿Qué le sucedió: diagnóstico del mal funcionamiento?

- ¿Cómo se va a reparar: cambio qué tipo de repuesto?
 - ¿Dónde se compran los repuestos?
 - ¿Cuánto cuesta la reparación?
 - ¿Quién la reparará?
- Se hace una lista de verificación que incluya como mínimo:
 - Establecer un rol de limpieza.
 - Mantener barrido todo el espacio.
 - Inspección de la limpieza al inicio de las labores.
 - Limpieza al término de las labores.

En el anexo 10, se muestra el temario y la programación de las capacitaciones a los operarios.

D. Seiketsu (Estandarizar)

Se propone diseñar un procedimiento estructurado de trabajo, el cual ayudará a que todo el proceso se desarrolle de manera correcta en el momento adecuado, ya que se detallan las actividades y la correcta secuencia de estas, impulsando los objetivos que persiguen las 5'S y mejorando el tiempo de respuesta del área de casting, en base a los elementos de esta herramienta.

Actualmente el área de casting de la empresa Cite Koriwasi, cuenta con algunas dificultades en sus procesos y actividades, ya que las secuencias no se encuentran definidas, esto se debe a la ausencia de estandarización u homologación y cumplimiento de sus procesos. En el caso puntual de elaboración, identificación y aprobación de la solicitud de pedido, se han presentado diversas dificultades que han ocasionado demoras, costos adicionales y pérdidas de dinero para la empresa.

El procedimiento por implementar no solo contará con el listado de las actividades, sino también el detalle de los responsables con los cuales se deberá coordinar, tiempo de realización de actividades y medios de seguimiento de los requerimientos, ver anexo 11 Procedimiento de trabajo.

Beneficio:

- El impacto de esta iniciativa es la reducción en tiempo de atención a las áreas o usuarios finales, por cada uno de sus requerimientos; evitando retrasos en la entrega y acumulación de pedidos.

En cuanto a la capacidad en maquinaria que posee el área de casting, actualmente no se lleva un proceso de mantenimiento preventivo, pudiendo presentarse repentinamente fallas de moderado a gran impacto, lo que a su vez ocasionaría interrupción en los diferentes procesos productivos del área del casting. El diseño de la propuesta contempla la incorporación de un plan de calibración para las máquinas y un plan de mantenimiento preventivo, con lo cual se disminuirán los tiempos de paros no programados de las máquinas. Los anexos 4 y 5 muestran los formatos para garantizar y controlar la calibración de las máquinas y el mantenimiento preventivos de las mismas.

Beneficio:

- Continuidad en cada uno de los procesos operativos del área de almacén.
- Minimizar las posibilidades de pérdida de operatividad en el área, por ausencia de equipos.
- Cumplimiento con los objetivos a corto y largo plazo.

3.5.2. Diseño de herramienta Kanban

Con el objetivo de minimizar los tiempos de espera que se producen en el área de estudio se plantea una orientación fundada en la producción basada en órdenes. Para esto se utiliza un sistema pull, en el que cada uno de los procesos siguientes acude al proceso anterior a retirar los productos que necesita.

Para el diseño propuesto se ha elegido el Kanban de producción, ya que este especifica la cantidad de piezas a producir, el cuál consta de 4 fases de implementación.

- **Desarrollo de fase 1:** programar cursos teórico prácticos del sistema Kanban para lograr el aprendizaje y comprensión de los conceptos del sistema; asimismo, entrenar al personal en los principios y beneficios de utilización del Kanban. En el Anexo 12, se muestra el temario y programación de las capacitaciones.
- **Desarrollo de fase 2:** Implantar el sistema Kanban al proceso de casting para facilitar y resaltar los problemas escondidos. El jefe de área deberá desarrollar un focus group con los operarios los cuales van a identificar sus actividades y el detalle con el que realizan cada una de ellas. Cada operario definirá su lista de actividades y las secuencias internas que debe seguir para poder pasar de una actividad a otra, esto nos dará el punto de partida para la creación de las tarjetas Kanban.
- **Desarrollo de fase 3:** Implantar el sistema utilizando tarjetas y tableros. Se implementarán las tarjetas Kanban de tal manera que ayuden a visualizar y ordenar el sistema. La figura mostrada a continuación ilustra el modelo de tarjeta a utilizar.

Diseño de tarjeta Kanban

Figura 22. Tarjeta Kanban

| <i>Koriwasi</i> | | TARJETA KANBAN | |
|----------------------|--|---|--|
| DESCRIPCIÓN PRODUCTO | |  | |
| CÓDIGO PRODUCTO | | | |
| CANTIDAD | | | |
| ORIGEN | | | |
| DESTINO | | | |

Fuente: elaboración propia.

Estas tarjetas se colocarán en un tablero que al ser una herramienta de control visual permite definir el orden y mantener el flujo del trabajo, de esta manera se podrá identificar todos los componentes entre los procesos del área de Casting.

Figura 23. Tablero Kanban

| <i>Koriwasi</i> | | TABLERO KANBAN | | |
|-----------------|---|---|---|--|
| TAREA | PENDIENTE | EN PROCESO | HECHO | |
| |  |  |  | |

Fuente: elaboración propia.

El diseño del tablero para el área de casting consta de 4 columnas, cada una visualiza una fase del proceso. La primera columna representa los tipos de actividades específicas, la segunda las tareas pendientes, la tercera las tareas que iniciaron y se encuentran en proceso y en la cuarta columna las tareas ya realizadas.

La posición de cada tarjeta sobre el tablero refleja el estado en el que se encuentra el trabajo correspondiente.

Se programarán 3 revisiones al día de la actualización en tiempo real del tablero Kanban, la primera al iniciar labores, la segunda al medio día y la tercera al finalizar la jornada laboral.

- **Desarrollo de fase 4:** para la aplicación de esta herramienta será importante que ningún trabajo debe ser fuera de secuencia. Si se encuentra algún problema se debe notificar al supervisor inmediatamente. Por otro lado, se debe verificar que el nuevo personal que ingresa tenga conocimiento del funcionamiento del sistema Kanban que se maneja internamente.

3.5.3. Indicadores de productividad

Para medir el desempeño se seleccionaron unos indicadores de productividad para establecer premisas de medición. En concreto, se optó por el empleo de indicadores clave de desempeño (KPI por sus siglas en inglés), ya que, ofrecen índices que permiten determinar si los objetivos de la empresa se están alcanzando. Así se asegura que los parámetros mínimos para facilitar la productividad de la empresa están siendo monitoreados y controlados, ofreciendo un panorama amplio de las operaciones (Tsai & Cheng, 2011).

Para el establecimiento de los indicadores que regirán la medición de la productividad de la empresa se siguieron las siguientes premisas:

- Deben estar ligados a la misión y visión de la empresa (ver anexo 1).
- Deben ser contables, es decir, se les debe poder calcular un valor.
- El beneficio que ofrezcan los KPI debe ser mayor al gasto del levantamiento de datos para su cálculo.

- Deben ser sencillos de medir, calcular e interpretar.
- Deben ser comparables con otros KPI empleados, y en los casos que aplique, con valores de benchmark.
- Implementar KPI probados en aplicaciones similares.

Siguiendo lo establecido en las premisas de selección, se tomaron los KPI indicados en la tabla 20 para medir la productividad del área de casting de la empresa CITE Koriwasi, con sus ecuaciones de cálculo según Vásquez (2013), mostrados en la tabla 27 la cual incluye el objetivo establecido por indicador.

Tabla 20. Indicadores de desempeño

| Nombre | Abreviación | Descripción | Frecuencia |
|----------------------------------|-------------|--|------------|
| Calidad a la primera | FTT | Este indicador muestra la cantidad de productos elaborados bien al primer intento | Semanal |
| Pedidos entregados completos | FLT | Mide el cumplimiento de pedidos de la empresa según los requerimientos del cliente | Semanal |
| Pedidos entregados a tiempo | OTD | Mide el cumplimiento de la empresa para la entrega de los pedidos | Semanal |
| Eficiencia global de los equipos | OEE | Este índice mide cuantos artículos han sido producidos correctamente, funcionando la maquina a máxima capacidad y sin fallas | Semanal |
| Disponibilidad de máquina | - | Tiempo en que el proceso ha estado produciendo | Semanal |
| Desempeño | - | Eficacia en la producción | Semanal |
| Takt time | - | Este índice calcula el tiempo necesario para producir una pieza según los requerimientos del cliente o estimado (mensual, quincenal, etc.) de producción | Semanal |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 21. Indicadores clave de desempeño.

| Descripción | Formula | Objetivo |
|-------------|--|---------------------------------------|
| FTT | $FTT = \frac{N^{\circ} \text{ total de piezas producidas} - \text{Rechazos o Reproceso o Reparaciones}}{N^{\circ} \text{ total de piezas producidas}}$ | > 95% |
| FLT | $\text{Pedidos entregados completos (\%)} = \frac{N^{\circ} \text{ de pedidos entregados completo.}}{N^{\circ} \text{ total de pedidos solicitados}}$ | > 97% |
| ODT | $\text{Pedidos entregados a tiempo (\%)} = \frac{N^{\circ} \text{ de pedidos entregados a tiempo}}{N^{\circ} \text{ total de pedidos solicitados}} *$ | > 95% |
| OEE | $OEE (\%) = \frac{\text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}}{\text{Piezas buenas} * \text{Tiempo de ciclo ideal}} = \frac{\text{Tiempo planificado}}{\text{Tiempo planificado}}$ | > 85% |
| Takt time | $Takt = \frac{\text{Tiempo Disponible (por turno, mes o día)}}{\text{Unidades demandadas por los clientes (en el turno, mes o día)}}$ | Según lo establecido en el plan anual |

Fuente: elaboración propia.

Para la selección de los objetivos de los KPI, se tomó como referencia los valores de benchmark de clase mundial mostrados en la siguiente tabla según lo descrito por Vorne Industries (2008), y las expectativas de la empresa CITE Koriwasi.

Tabla 22. Objetivo para alcanzar con los KPI.

| Descripción | Clase Mundial | Objetivo Ajustado |
|-------------|---------------|-------------------|
| FTT | - | > 95% |
| FTL | - | > 97% |
| ODT | - | > 95% |
| OEE | 85% | > 85% |

Fuente: elaboración propia.

Una vez establecidos los KPI para la medición y control de la productividad del área de casting de la empresa CITE Koriwasi, se procedió a calcular los indicadores utilizando el valor promedio obtenido para el periodo enero – septiembre 2018 para sentar las bases de

comparación que sirvan para medir la propuesta una vez se decida su implementación. Se emplearon los datos mostrados en el apartado 3.3.9 “Tiempo takt” y en la tabla 15 del apartado 3.3.7 “Calidad a la primera”. De esta forma se obtiene la tabla 23, la cual combina el estado actual de la empresa con los objetivos establecidos (tomando como referencia los valores de clase mundial).

Tabla 23. Base de comparación con periodo de referencia Enero – septiembre 2018.

| Descripción | Desempeño Actual | Objetivo Ajustado |
|-------------|-----------------------|-----------------------|
| FTT | 89% | > 95% |
| FLT | 81.87% | > 97% |
| ODT | 81.38% | > 95% |
| OEE | 79,22% | > 85% |
| Tiempo takt | 312,46 segundos/pieza | 278,09 segundos/pieza |

Fuente: elaboración propia

3.6. Resultados de la propuesta

A continuación se describirá, dimensión por dimensión, como se espera que el diseño de herramientas Lean Manufacturing sirvan para incrementar la productividad de la empresa CITE Koriwasi. Considerando que las soluciones propuestas 5S`s, Kanban, Just inTime e KPI no son exclusivos de una dimensión particular, es decir, son herramientas transversales que impactan varias dimensiones, se describirá como las herramientas diseñadas facilitan la mejora de cada dimensión.

3.6.1. Tiempo de ciclo total

Esta dimensión como punto de atención se observaron altos tiempos para el ciclo de casting (768,06 minutos) y en tiempo de espera (17 minutos). Para mejorar esta situación se plantea:

- **5S's:** Clasificar aquellos elementos que son necesarios para la realización de su trabajo como son: herramientas, insumos, entre otros, y ordenarlos de tal manera que el operador no pierda tiempo buscándolos.
- Se planteó una bandeja para ordenar los artículos de cada trabajador, colocada en el lateral de las mesas de trabajo. También se plantea dotar a cada trabajador de un kit de herramientas y un kit de insumos, lo cual disminuirá los tiempos asociados a la espera de herramientas e insumos básicos.
- **Kanban:** con esta herramienta se plante el uso de tarjetas identificadoras para los contenedores de materia prima. Esta iniciativa facilitará la ubicación rápida de materias primas y disminuirá los tiempos de espera o mejorar los tiempos de trabajo del proceso de casting.

Considerando estos aspectos, se estima que la aplicación de las herramientas de Manufactura Esbelta servirá para mejorar los tiempos observados en el ciclo de casting. Tomando como referencia las mejoras obtenidas en el desempeño del Lead Time, con disminuciones del orden del 25% (Vagas-Hernández, Muratalla-Bautista, & Jimenez-Castillo, 2016), inclusive hasta de un 61,5% (Willis & Quispe, 2017), se tomará como valor de referencia un 25% (bajo un escenario conservador) para estimar la mejora del tiempo de proceso.

Para este cálculo se tomaron los tiempos observados durante la fase de diagnóstico, considerando los mejores para cada aspecto del proceso. Los mismos, fueron reducidos en un factor de 25% (establecido previamente), para el cálculo del tiempo de ciclo con las mejoras. La tabla mostrada a continuación muestra los resultados obtenidos.

Tabla 24. Mejora del tiempo de proceso del área de casting en la empresa CITE Koriwasi

| Etapas | Tiempo base | Tiempo mejorado (25%) |
|--|--------------------|------------------------------|
| Orden de piezas en caucho | 1 | 0,75 |
| Acondicionamiento Vulcanizado | 3 | 2,25 |
| Corte de molde | 23 | 17,25 |
| Inyección de cera | 11 | 8,25 |
| Separación de las piezas | 0.03 | 0.03* |
| Armado del árbol | 0.03 | 0.02 |
| Mezcla de yeso en maquina | 41 | 30.75 |
| Llenado del cilindro | 8 | 8* |
| Reposo del cilindro | 2 | 1,5 |
| Recocido del cilindro | 120 | 120 * |
| Vaciado de metal caliente | 480 | 480 * |
| Reposo y enfriado parcial del cilindro | 12 | 12* |
| Enfriado del cilindro en agua | 12 | 12 * |
| Lavado del cilindro | 1 | 0.75 |
| Limpieza del árbol en metal | 7 | 5,25 |
| Separación de las piezas | 14 | 10,5 |
| Total, de demoras | 16 | 12 |
| Total | 17 | 0 |
| | 768,06 | 721,30 |

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar de esta estimación, se logró una disminución de 46,76 minutos del tiempo de proceso. Con respecto a los aspectos del proceso, los tiempos asociados a: Inyección de cera, Mezcla de yeso en máquina, Reposo del cilindro; Recocido del cilindro, Vaciado de metal en caliente, así como Reposo y enfriado parcial del cilindro, no fueron ajustados, ya que la naturaleza de estos tiempos

obedece a características y limitaciones propias de los materiales y maquinarias. Por esta razón, estos no fueron modificados o recalculados con respecto al tiempo base.

Por otra parte, en lo que respecta a las etapas del proceso, las mismas se mantienen en 17 fases, siendo eficientes y adecuadas para el proceso de casting de la empresa CITE Koriwasi.

3.6.2. Pedidos entregados completos (FLT)

Para el cálculo del indicador FTL esperado a partir de las mejoras se tomó como premisa:

Tabla 25. Promedio propuesto de piezas entregadas completas en el periodo Enero- septiembre 2018

| Mes | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Promedio de piezas completas entregadas | Pedidos |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---|---------|
| Accesorios y piezas casteadas | 2430 | 2395 | 2450 | 2495 | 2395 | 2480 | 2430 | 2378 | 2390 | 2427 | 2500 |

Fuente: Elaboración propia

Después del diseño de las herramientas, se procedió a calcular los valores propuestos para cumplir con el objetivo de 97%, obteniendo como resultado 2427 piezas entregadas completas por mes, lo que corresponde al 97.08%, superando el objetivo establecido.

3.6.3. Pedidos entregados a tiempo (OTD)

Para el cálculo del indicador OTD esperado a partir de las mejoras se tomó como premisa:

Tabla 26. Promedio propuesto de piezas entregadas a tiempo periodo enero- septiembre 2018

| Mes | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Promedio de piezas entregadas a tiempo | Pedidos |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|---------|
| Accesorios y piezas casteadas | 2420 | 2340 | 2338 | 2500 | 2390 | 2350 | 2358 | 2357 | 2398 | 2383 | 2500 |

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos datos, se calculó el valor de los pedidos que deben ser entregados a tiempo para cumplir con los objetivos definidos para la empresa del 95 %, para lo que se procedió a determinar que el resultado de las piezas entregadas a tiempo es de 2383 piezas/mes, lo que corresponde a un 95.34%, superando el objetivo establecido.

3.6.4. Tiempos de espera

Al momento de evaluar este apartado, se inició por determinar cuáles son las causas que generan los tiempos de espera, se evidenció que los 17 minutos de espera durante el ciclo de producción fueron ocasionados por la falta de orden y limpieza, ya que los operarios pierden mucho tiempo en buscar sus herramientas y por el factor humano, debido a la falta de cultura laboral orientada a los objetivos, lo que se pudo observar es que utilizan parte de tiempo laboral en actividades personales. De esta forma, con la información recolectada y las observaciones realizadas al área de estudio, se definieron las herramientas Lean Manufacturing que responderán a esta situación para lograr un cambio en la cultura de trabajo, orientado con los objetivos de la empresa, los que serán aplicados de la siguiente manera:

- **5S's:** las estrategias contempladas dentro de esta herramienta fomentarán la eliminación y/o mitigación de las esperas y los movimientos innecesarios, ya que, las iniciativas como colocar una bandeja para los artículos de cada trabajador en las mesas de trabajo, dotar a cada trabajador de un kit de EPP, insumos y herramientas, así como, ordenar mejor el área de trabajo, impactarán de manera positiva en los aspectos indicados.
- **Kanban:** de la misma forma que las 5S's, la tarjeta kanban impactará de forma positiva en la disminución de movimientos innecesarios, ya que permitirá una identificación adecuada y detallada de los materiales y herramientas.
- **Just intime:** se plantea la implementación de un procedimiento de trabajo en donde se detallarán las actividades a realizar.

3.6.5. Calidad a la primera (FTT)

Según el diagnóstico inicial de las variables, el porcentaje de piezas entregadas sin necesidad de reprocesos es de 89% de piezas, las que equivalen a 1822 unidades; es decir que el porcentaje de productos defectuosos es de 11%, lo que representa un total de 225 piezas rechazadas.

Tabla 27. Datos promedio propuestos de piezas fabricadas, aceptadas y rechazadas

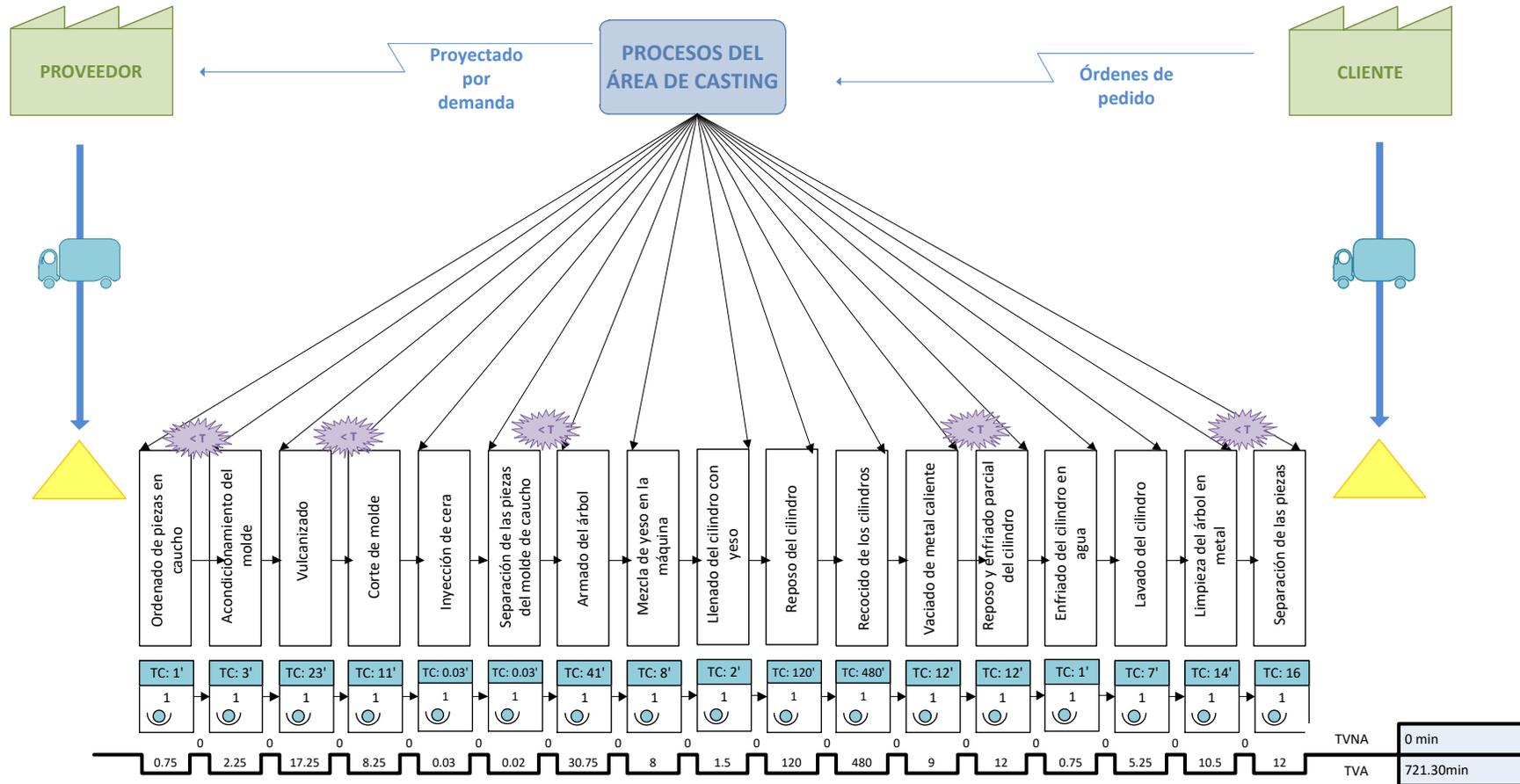
| Fabricadas | Aceptadas | Rechazadas |
|-------------------|------------------|-------------------|
| 2047 | 2015 | 32 |

Fuente: Elaboración propia

El resultado del cálculo del indicador después de la mejora superó al objetivo trazado por la empresa de un 97%, obteniendo un 98% de piezas aceptadas, siendo un total de 2015 piezas/mes y reduciendo a 2% el porcentaje de piezas rechazadas, equivalente a 32 piezas rechazadas por mes.

3.6.6. Mapa de flujo de valor VSM

Figura 24 Mapa de flujo de valor propuesto



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 25 se muestra el mapa de flujo de valor sugerido para la fabricación de piezas en el área de casting en la empresa Cite Koriwasi, luego de la aplicación de las herramientas planteadas. Tomando como referencia estudios similares, se obtiene una disminución de un 25% de los tiempos de procesamiento en cada una de las estaciones, obteniendo un TVA: 721.30 minutos. Con respecto a los tiempos de espera se lograron reducir en su totalidad, obteniendo un TVNA: 0 minutos.

3.6.7. Eficiencia global de los equipos (OEE)

Con respecto al indicador OEE, se estima que con la propuesta la eficiencia global de los equipos se logre posicionar en los rangos de clase mundial según los estándares internacionales (ver tabla 28). De esta forma, considerando las premisas y resultados esperados para los indicadores FTT, FTL y OTD se presenta la siguiente tabla para determinar el nuevo OEE.

Tabla 28. Valores para el cálculo de la eficiencia de las maquinas, después de la mejora.

| Descripción | Valor |
|--------------------------------------|-----------------------|
| Tiempo planificado | 24600 segundos/pieza |
| Tiempo de ciclo ideal | 278.09 segundos/pieza |
| Paros no programados de las máquinas | 432 segundos |
| Piezas producidas buenas/mes | 2076 piezas/mes |
| Días laborados por mes | 26 días |
| Piezas producidas buenas/día | 79.85 piezas/día |

Fuente: elaboración propia

Luego se aplicaron los datos en la ecuación mostrada a continuación para determinar la “eficiencia global de los equipos después de la mejora”.

$$OEE (\%) = \frac{79.85 * 278.09}{24600} * 100 = 90.26\%$$

Como se puede apreciar de los valores calculados, luego de la aplicación de la mejora, la eficiencia global de los equipos sería de 90,26%, superando el objetivo planteado de 85%.

- Gracias a la incorporación de un plan de calibración y mantenimientos preventivos de las maquinas, se estima que el tiempo de paradas no programadas de las máquinas pueda disminuir en un 40%,

Cabe destacar que este factor incide directamente en los costos de producción y, según Hernández y Vizán (2013), este gasto tiene una reducción del 40%; de esta forma, el tiempo disminuye de 720 a 432 segundos.

3.6.8. Productividad de mano de obra

Tabla 29. Productividad de mano de obra propuesta

| Producción | Días hábiles (mes) | Piezas (días) | # Trabajadores | Productividad MO (pieza/día) |
|------------|--------------------|---------------|----------------|------------------------------|
| 2427 | 26 | 93.35 | 5 | 18.67 |

Luego de la aplicación de las herramientas propuestas y de las capacitaciones constantes al personal, se logrará formar una cultura de trabajo alineada a los objetivos, aumentando la productividad de las operaciones a un 18.67 piezas/día.

3.6.9. Equipo de protección personal

En este apartado los problemas a atender fueron el uso parcial de EPP (54.16%) por parte de los trabajadores, así como, la inexistencia de acciones de formación para el personal.

Se plantea como objetivo que el porcentaje de utilización de EPP sea el 100%. Se propone una solución con el diseño de las herramientas, como se describe a continuación:

- **5S's:** bajo el diseño de esta herramienta se contempla la dotación de un kit de EPP para cada trabajador, conformado por: lentes, guantes, tapa oídos, y mascarilla.
- **Kanban / Just intime:** Cada una de estas herramientas propone acciones de formación para capacitar al personal para el uso de estas y para el cambio de cultura de trabajo hacia una filosofía más eficiente y orientada a la productividad.

3.6.10. Matriz de resultados de la propuesta

Tabla 30. Matriz de resultados de la propuesta

| Variable | Definición | Dimensiones | Indicadores | Resultados de la propuesta |
|--|--|-------------------------------------|--------------------------|--|
| Herramientas de manufactura esbelta | <i>Independiente:</i> Es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero si en un costo y trabajo (Sconini, 2019) | Tiempo de procesamiento | Tiempo de ciclo total | TCT = 721.30 minutos |
| | | Pedidos entregados completos (FLT) | FTL (%) | FLT = 2427 piezas (97.08%) |
| | | Pedidos entregados a tiempo (ODT) | ODT (%) | ODT = 2383 piezas (95.34%) |
| | | Tiempos de espera | Minutos | Tiempo de espera = 0 minutos |
| | | Calidad a la primera (FTT) | Porcentaje | FTT = 2075.75 piezas (95%) |
| | | Mapa de flujo de valor VSM | Tiempo de valor agregado | TVA = 721.30 min TVNA = 0 min |
| Productividad | Relación entre lo producido y los medio utilizados, la capacidad de generar resultados utilizando ciertos recursos (Gutiérrez, 2014) | Productividad de las máquinas (OEE) | OEE (%) | OEE = 90.26% |
| | | Productividad de mano de obra (PMO) | Piezas/trabajador x día | PMO = 18.67 Piezas/trabajador x día |

Fuente: Elaboración propia

3.7. Contratación de los resultados

Tabla 31. Matriz de contrastación de resultados del diagnóstico y de la propuesta

| Variable | Definición | Dimensiones | Indicadores | Resultados del diagnóstico | Resultados de la propuesta | Variación |
|--|---|-------------------------------------|--------------------------|---|--|--|
| Herramientas de manufactura esbelta | Es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero si en un costo y trabajo (Scconini, 2019) | Tiempo de procesamiento | Tiempo de ciclo total | TCT = 768.06 minutos | TCT = 721.30 minutos | TCT = 46.76 minutos |
| | | Pedidos entregados completos (FLT) | FTL (%) | FLT = 2047 piezas (81.87%) | FLT = 2427 piezas (97.08%) | FLT = 380 piezas (15.21%) |
| | | Pedidos entregados a tiempo (ODT) | ODT (%) | ODT = 2034 piezas (81.38%) | ODT = 2383 piezas (95.34%) | ODT = 349 piezas (13.96%) |
| | | Tiempos de espera | Minutos | Tiempo de espera = 17 minutos | Tiempo de espera = 0 minutos | Tiempo de espera = 17 minutos |
| | | Calidad a la primera (FTT) | Porcentaje | FTT = 1822 piezas (89%) | FTT = 2075.75 piezas (95%) | FTT = 253.75 piezas (6%) |
| | | Mapa de flujo de valor VSM | Tiempo de valor agregado | TVA = 751.06 min TVNA = 17 min | TVA = 721.30 min TVNA = 0 min | TVA = 29.76 min TVNA = 17 min |
| Productividad | Relación entre lo producido y los medio utilizados, la capacidad de generar resultados utilizando ciertos recursos (Gutiérrez, 2014) | Productividad de las máquinas (OEE) | Porcentaje | OEE = 79.22 % | OEE = 90.26% | OEE = 11.04% |
| | | Productividad de mano de obra | Piezas/trabajador x día | PMO = 15.75 piezas/trabajador x día | PMO = 18.67 Piezas/trabajador x día | PMO = 2.92 Piezas/trabajador x día |

Fuente: elaboración propia

3.7.1. Interpretación de los resultados obtenidos

Como se puede apreciar de la matriz de contrastación de los resultados del diagnóstico y de la propuesta presentados en la tabla 31, con la implementación de las herramientas Lean Manufacturing diseñadas para la empresa CITE Koriwasi, se espera atender los problemas detectados que afectan negativamente a la producción. Además, impulsar a la empresa tomando el proceso de casting como modelo, a estándares de clase mundial según los parámetros de producción establecidos internacionalmente, a través de estrategias que según la dimensión atiendan los problemas de la empresa.

Por cada dimensión se espera:

- **Tiempo de ciclo total**

El tiempo en este proceso mejorará gracias a las herramientas planteadas, obteniendo una reducción de 46.76 minutos con respecto al tiempo de ciclo original.

- **Pedidos entregados completos (FTL)**

Alcanzar el 97% o más de piezas aceptadas, reduciendo la cantidad de piezas rechazadas al 3%, notándose una variación positiva de 380 piezas entregadas completas.

- **Pedidos entregados a tiempo (ODT)**

Colocar los pedidos entregados a tiempo al 95% objetivo o superarlo. Luego de la aplicación de las mejoras, se obtuvo como resultado que la cantidad de pedidos entregados a tiempo es de 2383 piezas al mes, lo que equivale al 95.34%. La variación con respecto al diagnóstico inicial es de 349 piezas.

- **Tiempos de espera**

Debido a que los tiempos de espera eran ocasionados por la falta orden y limpieza del área de estudio y el factor humano, luego de la aplicación de las mejoras, donde se propuso implementar bandejas en las mesas de trabajo, para poner al alcance de los trabajadores sus herramientas y las acciones de formación propuestas. Se logrará reducir en su totalidad este factor.

- **Calidad a la primera (FTT)**

El porcentaje obtenido de piezas producidas sin reprocesos ni defectos, con las herramientas Lean Manufacturing propuestas, aumentará en un 6%

- **Mapa de flujo de valor VSM**

De los tiempos hallados como resultado de las Herramientas Lean Manufacturing en el nuevo VSM propuesto para el TVA es de 721.30 minutos y un TVNA fue igual a 0 minutos, con reducción de 29.76 minutos y 17 minutos respectivamente con respecto al VSM del diagnóstico.

- **Eficiencia global de los equipos (OEE)**

Colocar la eficiencia global de los equipos en el rango de clase mundial, subiendo del 79.22% medido en el diagnóstico, al 90.26%.

- **Productividad de mano de obra**

Con las herramientas Lean Manufacturing propuestas, la productividad de la mano de obra aumentará, promoviendo que cada trabajador produzca un aproximado de 18.67 piezas al día, logrando un aumento de 2.92 piezas por trabajador al día.

- **Utilización de EPP**

Se espera que con las acciones de formación (ADF) se fomente una cultura productiva en la empresa, logrando un porcentaje del 100% de utilización del EPP dotado.

3.8. Evaluación económica

A continuación, se detallarán los costos y beneficios estimados de la propuesta de implementación de la manufactura esbelta para la empresa CITE Koriwasi, proyectados en un lapso de 5 años.

3.8.1. Costos asociados a la propuesta

Los costos considerados para evaluar la factibilidad de la propuesta incluyen elementos de limpieza, protección personal, herramientas, formación, y materiales misceláneos requeridos para implementar la manufactura esbelta en la empresa CITE Koriwasi.

Para el costo de formación, se tomó como precio referencial un valor de S/.350 por un curso de 12 horas, según la oferta del Business School (2019), considerando un factor de 20% de contingencia, para un total de S/.420 por cada participante.

Tabla 32. Costos de inversión anual estimada para formación.

| Descripción | Cantidad cursos | Precio unitario | Participantes | Total |
|--------------|-----------------|-----------------|---------------|----------------|
| Curso 5S`s | 1 | S/.840 | 5 | S/.4200 |
| Curso Kanban | 1 | S/.840 | 5 | S/.4200 |
| Total | | | | S/.8400 |

Fuente: Elaboración propia

Luego para determinar los precios de mercado para las herramientas se investigó a través del sitio web mercadolibre.com.pe, considerando marcas comerciales como stanley o trupper para las herramientas. La tabla 29 muestra los resultados

encontrados, considerando un factor de 15% de contingencia en caso de artículos no incluidos que puedan ser necesarios.

Tabla 33. Costo de inversión inicial estimado para materiales.

| Descripción | Cantidad | Precio unitario | Total |
|---------------------------------|----------|---------------------------------------|--------------------|
| Pizarras acrílicas (200x120 cm) | 2 | S/.200 | S/.400 |
| Kit de herramientas | 5 | S/.890 | S/.4,450 |
| | | Subtotal | S/.4,850 |
| | | Factor de 15% de incertidumbre | S/.727.50 |
| | | Total | S/.5,577.50 |

Fuente: elaboración propia

Por último, se consultó nuevamente el portal web mercadolibre.com.pe, para determinar el costo anual de materiales mostrado en la tabla 34.

Tabla 34. Costo de inversión anual estimado para materiales.

| Descripción | Cantidad | Precio unitario | Total |
|--|----------|---------------------------------------|-------------------|
| Material de oficina (tóner, bolígrafos, hojas, marcadores de pizarra) | 1 | S/.1,532 | S/.1532 |
| Kit de equipos de protección personal (guante, tapo oído, mascarilla, y lente) | 5 | S/.32 | S/.160 |
| | | Subtotal | S/.1,692 |
| | | Factor de 15% de incertidumbre | S/.253.08 |
| | | Total | S/.1,945.8 |

Fuente: elaboración propia

3.8.2. Beneficios asociados a la propuesta

Los beneficios considerados para evaluar la factibilidad de la propuesta se tomaron como se muestra en la tabla 35. La oportunidad se calculó

multiplicando la “diferencia pedido / fabricadas” por “precio promedio por pieza” por “objetivo”.

Tabla 35. Beneficio estimado.

| Piezas entregadas actual | Piezas entregadas con la mejora | Diferencia | Precio promedio por pieza (S/.) | Oportunidad (S/.) mensual |
|--------------------------|---------------------------------|------------|---------------------------------|---------------------------|
| 2047 | 2427 | 380 | 60.5 | 22,990 |

Fuente: elaboración propia

En este sentido, el beneficio estimado a obtener es de S/. 22,990 mensual o S/. 275,880.00 anual. Adicionalmente, se obtienen beneficios intangibles tales como:

- Mejor percepción del cliente mejorando las entregas a tiempo
- Posicionamiento como empresa de clase mundial
- Trabajadores mejor formados, comprometidos y motivados

3.8.3. Flujo de caja

Una vez determinados los beneficios y costos esperados se calculó el flujo de caja. Para esto se consideraron los renglones inversión inicial, inversión anual, y formación como los gastos, lo cual se le resto al beneficio estimado. Se tomará el flujo de caja proyectado de la propuesta a 5 años según lo establecido en el ítem 3.8 de este documento, obteniendo como resultado.

Tabla 36. Flujo de inversión para 5 años mostrados en S/.

| Descripción | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Formación | 8400 | 8400 | 8400 | 8400 | 8400 | 8400 |

| Descripción | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Activos intangibles | 5577.50 | | | | | |
| Inversión anual | 1945.80 | 1945.80 | 1945.80 | 1945.80 | 1945.80 | 1945.80 |
| Total | 15923.30 | 10345.80 | 10345.80 | 10345.80 | 10345.80 | 10345.8 |

Fuente: elaboración propia

Tabla 37. Flujo de caja para 5 años mostrados en S/.

| Descripción | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Gastos | -15923.3 | -10345.80 | -10345.80 | -10345.80 | -10345.80 | -10345.80 |
| Beneficios | | 275880.0 | 275880.0 | 275880.0 | 275880.0 | 275880.0 |
| Total | -15923.3 | 265534.2 | 265534.2 | 265534.2 | 265534.2 | 265534.2 |

Fuente: elaboración propia

3.8.4. Análisis costo – beneficio

Para la evaluación comparativa de los costos versus los beneficios de la propuesta, se emplearán los indicadores económicos mostrados en la tabla 38, aplicando las fórmulas descritas por Barsgted y Kettlun (Bargsted & Kettlun, 2019)

Tabla 38. Indicadores financieros.

| Nombre | Abreviación | Descripción | Formula |
|------------------------------|-------------|---|---|
| Valor presente neto | VPN | Este indicador mide si se maximiza la inversión | $VPN = \sum_{t=0}^N FC_t / (1 + r)^t$ |
| Tasa interna de retorno | TIR | Mide la tasa de rendimiento de un proyecto. | $VPN = \sum_{t=0}^N FC_t / (1 + TIR)^t = 0$ |
| Rentabilidad de la inversión | IR | Mide si la inversión es rentable o no | $IR = 1 + \frac{VPN}{I_0}$ |

Fuente: elaboración propia.

La tabla 39 muestra los resultados de la evaluación, los cuales se determinaron utilizando la hoja de cálculo Excel versión 2018.

Tabla 39. Resultados evaluación costo benéfico.

| Indicador | Resultado |
|-----------|--------------------------|
| VPN | S/. 23,295.42 VPN > 0 |
| TIR | 68% TIR > Tasa (10%) |
| IR | S/.2,46 |
| Tasa | 10% |
| Factible | Si |

Fuente: elaboración propia.

Considerando que, el valor obtenido del VPN = S/. 23,295.42 > 0; el valor del TIR = 68% > 10% (tasa estimada); y el valor del IR = S/.2.46, es decir, por cada sol invertido hay una rentabilidad de S/.1,46. De esta forma se determinó que el proyecto es económicamente factible.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

La presente investigación siguió como objetivo general Diseñar herramientas de Manufactura Esbelta para incrementar la productividad del área de Casting en la empresa CITE KORIWASI de la ciudad de Cajamarca.

Con respecto al tiempo del proceso se estima una mejora de 46.76 minutos, partiendo de la referencia tomada del trabajo de Vagas-Hernández, Muratalla-Bautista, & Jimenez-Castillo (2016) quienes plantean que, dentro de los beneficios más importantes obtenidos de la aplicación de herramientas de Manufactura Esbelta en las empresas, está la disminución del 25% del Lead Time. Aunque, no se consideraron tiempos de actividades relacionadas con la inyección de cera, mezcla de yeso en máquina, reposo del cilindro, cocido de material, vaciado de metal en caliente, (dada su naturaleza), la reducción del tiempo del proceso es significativa, y para propiciar una mayor disminución de estos será necesario una revisión tecnológica y procedimental para evaluar la factibilidad de adquisición de nuevos y más modernos equipos para un mejor tiempo de proceso.

En este sentido, según Coll-Cárdenas (2018) la aplicación de herramientas Lean sirvió como factor para incrementar la productividad, logrando en su investigación un incremento del 40,65% de la productividad en la empresa ARIN, S.A. Los indicadores estimados con la aplicación de herramientas de manufactura esbelta como las 5S's, Kanban y Just inTime, para el proceso de casting de la empresa CITE Koriwasi sugieren un incremento de la productividad al pasar de un volumen de 2047 a 2427 piezas entregadas completas (FTL), es decir, un incremento del 15.21% en el volumen de piezas entregadas completas. Estas herramientas,

impulsaran la mejora de otros aspectos importantes como las entregas a tiempo (OTD) a 95,34% y la calidad a la primera (FTT) a 98% influyendo así en diferentes etapas del proceso. Igualmente, se estima una mejora en la eficiencia global de los equipos (OEE), se incrementó desde el 79.22% hasta un 90,26%, colocando a la empresa en los rangos de clase mundial, es decir, un valor de eficiencia global de los equipos superior al 85%.

Para diseñar integralmente la propuesta fue fundamental considerar al factor humano en todas las dimensiones, siendo que el mismo constituye el capital más importante de la empresa y factor primordial para el éxito del sistema. Entonces, para que la empresa sea exitosa se debe contar con el compromiso de sus trabajadores y un plan de formación continua (Hernandez & Vizán, 2013). Así, dentro del diseño de las herramientas se consideraron acciones de formación para el personal de la empresa en un plan de capacitación continua anual, del cual se espera crear competencias en los trabajadores en las nuevas estrategias que adoptará la empresa. Por otro lado, crear una nueva cultura de trabajo más productiva y comprometida. En palabras de Taiichi Ohno: “Los recursos humanos son algo que se encuentran por encima de toda medida. La capacidad de esos recursos puede extenderse ilimitadamente cuando toda persona empieza a pensar” (Hernandez & Vizán, 2013), por ende, en la medida que el personal se comprometa y forme, en esa medida la filosofía de trabajo bajo la manufactura esbelta tendrá mayores probabilidades de éxito a largo plazo. Maldonado (2008), soporta la importancia de la capacitación al sostener que las personas tienen más que ofrecer que la fuerza física, y que justamente la gente que hace el trabajo será vital para identificar, controlar, mitigar y/o eliminar los desperdicios (mudas) del proceso.

El establecimiento de indicadores de clave de desempeño (KPI), fue un instrumento de gran utilidad para la medición de la gestión y la productividad de la empresa. Para medir el desempeño del área de casting se establecieron los siguientes indicadores:

- Calidad de a la primera (FTT).
- Productos entregados completos (FTL).
- Productos entregas a tiempo (OTD).
- Eficiencia global de los equipos (OEE).
- Disponibilidad.
- Rendimiento.
- Calidad.
- Tiempo takt.

Con estos elementos establecidos y una vez acordados sus objetivos con referencia a las necesidades de la empresa y los parámetros mundiales (Vorne Industries, 2008), se estableció un método eficiente para llevar un control de los factores que pudiesen afectar la productividad, logrando diseñar bases para la medición de las metas a cumplir. En este sentido como lo describe Muñoz (2017), el establecimiento de los KPI y estándares permitirá llevar un mejor control del proceso y mayor participación de los inspectores, lo que llevará a detectar oportunamente la existencia de desviaciones negativas en la producción y a la puesta en marcha de acciones correctivas.

En cuanto al análisis costo beneficio se obtuvieron valores favorables a la propuesta. Con un beneficio anual estimado en S/ 275880.00 por el aumento de

15.21%, que corresponde a 380 piezas entregadas completas, y un gasto inicial de S/ 15923.30, junto a un gasto de S/ 10345.80 por 5 años, el resultado es un flujo de caja positivo de S/ 243028.20 para los 5 años considerados. Con estos valores se obtuvo un VPN = S/.23295.42, un TIR = 68% y un IR = 2,46 soles, concluyendo en una propuesta económicamente factible. Esto al igual que los resultados mostrados por Coll-Cárdenas (2018), validan la viabilidad de propuestas de mejoras para la productividad bajo estrategias de manufactura esbelta, que, aplicadas correctamente, con un diagnóstico exhaustivo y dando importancia al factor humano, resultan en proyectos factibles.

Estos valores indican que la inversión inicial se recupera en un plazo de un año, por lo que se puede afirmar que la empresa, en un periodo de 5 años, tendrá rentabilidad.

4.2 Conclusiones

- Se determinó después de la evaluación que el tiempo de desperdicio por proceso es de 17 minutos, el cuál involucra demoras, reprocesos, movimientos innecesario y tiempos de espera, por lo que el estudio se enfocó en reducir este tiempo haciendo más efectivo el proceso.
- Se diseñó la propuesta de herramientas de manufactura esbelta dentro del área de casting de la empresa CITE KORIWASI, la que incorpora una secuencia estructurada por las 5S's y Kanban, incluyendo propuestas de planes de capacitación y sensibilización al personal para, de esta manera, lograr los objetivos planteados. Esto se va a evidenciar al momento del establecimiento de los KPI's, generando un proceso ágil y con indicadores que controlarán eficiencia y rendimiento durante toda su ejecución.
- Después de aplicar las mejores según el modelo propuesto, se evaluó la productividad en el área de casting, obteniendo como resultados una mejora significativa de los KPI: un incremento del FTT del 89% al 98%; FLT de 81.87% a 97.08%; OTD de 81.38% a 95.34%; y por último el incremento del OEE de 79.22% a 90,26% lo cual logra posicionar el proceso de casting en el rango de clase mundial (OEE mayor a 85%):
- La viabilidad del diseño se evidenció al realizar la evaluación económica, teniendo como ganancia teórica un monto de S/ 23295.42 (VPN) en un periodo proyectado de 5 años, la Tasa Interna de Retorno (TIR) es igual a 68%, mayor al 10% de tasa estimada y el Índice de Rentabilidad (IR), el cual dio como resultado S/.2,46; es decir, por cada sol invertido hay una rentabilidad de S/.1,46.

La interpretación de estos valores determina que la propuesta es económicamente factible.

REFERENCIAS

- Aranibar, M. (2016). *Aplicación del Lean Manufacturing, para la Mejora de la Productividad en una Empresa Manufacturera*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Arivananthan, M. (2015). *Brainstorming. Free-Flowing Creativity for Problem-Solving*. New York: UNICEF.
- Bargsted, C., & Kettlun, A. (10 de Septiembre de 2019). *Indicadores de Evaluación de Proyecto*. Obtenido de <https://users.dcc.uchile.cl/~anpereir/evaluacion/08IndicadoresFinancierosDetalladoParte1.pdf>
- BBVA. (2019). *Perú. Situación del Sector Minero*. Lima: BBVA.
- Coll-Cardenas, S. (2018). *Implementación de Herramientas del Lean Manufacturing para Incrementar la Productividad del Área de Producción en la Empresa Arin S.A. - Chorrillos, 2018*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- El Popular Peru. (2015). *Cultura en el Imperio Incaico: Ofebrería*. Obtenido de <https://www.elpopular.pe/series/escolar/2015-10-22-cultura-en-el-imperio-incaico-orfebreria>
- Fernandez, E. (2015). *Innovación de Sectores Tradicionales*. Obtenido de <https://www.eoi.es/blogs/redinnovacionEOI/2015/10/19/innovacion-de-sectores-tradicionales/>
- Frievalds, A. (2009). *Niebel's Methods, Standards and Work Design*. New York: McGraw-Hill.
- Hernandez, J., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos, Técnicas e implementación*. Madrid: © Fundación eoi, 2013.
- Hernandez, J., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing: Concepto, técnicas e implantación*. Madrid: EOI Escuela de Organización Industrial.
- Maldonado, G. (2008). *Herramientas y Técnicas Lean Manufacturing en Sistemas de Producción y Calidad*. Pachuca: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Martinez, M., & Colorado, J. (2015). Takt Time, el Corazón de la Producción. *Vía Nova*, 60-62.
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing. What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Trans IChemE, Part A, Chemical Engineering Research and Design*, 662-673.
- More, M. (2015). *¿Que es el Lean Manufacturing o Producción Ajustada?* Obtenido de <https://www.iebschool.com/blog/que-es-lean-manufacturing-negocios-internacionales/>
- Muñoz, K. (2017). *Implementación de Herramientas de Lean Manufacturing en el Área de Control de Calidad de la Empresa Maderas Arauco*. Puerto Montt: Universidad Austral de Chile.
- Oblitas, J. (2018). *Guía de Investigación Científica*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- OBS Bussiness School. (2019). *bpc.com*. Obtenido de <https://www.bpc.com.pe/cfp-lean-manufacturing>
- OBS Bussiness School. (2019). *Cada vez más Empresas Utilizan la Metodología Lean*. Obtenido de <https://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/temas-actuales-de-project-management/cada-vez-mas-empresas-utilizan-la-metodologia-lean>
- Restrepo, L. (2017). *Los 7 Desperdicios del Lean Manufacturing*. Obtenido de <http://mdc.org.co/desperdicios-lean-manufacturing/>
- Riquelme, M. (2016). *¿Que es la Productividad?* Obtenido de <https://www.webyempresas.com/que-es-la-productividad/>
- Roberto, H. S. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Scconini, L. (2019). *LEAN Manufacturing. Paso a Paso*. Barcelona: Marge Books.
- Tsai, Y., & Cheng, Y. (2011). Analyzing Key Performance Indicators (KPIs) for E-commerce and Internet Marketing of Elderly Products: A Review. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 126-132.

- Vagas-Hernández, J., Muratalla-Bautista, G., & Jimenez-Castillo, M. (2016). Lean Manufacturing ¿Una Herramienta de Mejora de un Sistema de Producción? *Actualidad y Nuevas Tendencias*, 153-174.
- Vásquez, J. (2013). *Indicadores de Evaluación de la Implementación del Lean Manufacturing en la Industria*. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Vorne Industries. (2008). *Fast Guide to OEE*. Itasca: Vorne Industries.
- Willis, S., & Quispe, G. (2017). Modelo de Reducción del Lead Time para Sistemas de Producción de Arrastre y Bajo Pedido en el Sector de la Industria Gráfica. *Memorias de la Décima Sexta Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI)*, 102-108.
- Zapata, C., & Villegas, S. (2006). *Reglas de Consistencia entre Modelos de Requisitos de un Método*,. Medellín: Universidad EAFIT.

ANEXOS

ANEXO 1. Formato de encuesta Director.

| <u>FORMATO DE ENCUESTA DIRECTOR - CITE KORIWASI</u> | |
|---|--------------|
| | FECHA: _____ |
| <p>Objetivo: Entender la problemática de la empresa Cite Koriwasi. Duración: 30 minutos Lugar: Planta de procesamiento de la empresa.</p> | |
| <p>NOMBRE Y APELLIDOS: _____</p> <p>CARGO: _____</p> <p>AÑOS EN EL PUESTO: _____</p> | |
| 1. ¿En qué año la empresa Cite Koriwasi inició sus actividades? | |
| | |
| 2. ¿Con cuántos trabajadores cuenta la empresa? | |
| | |
| 3. ¿Cuáles son los productos que fabrican? | |
| | |
| 4. ¿Cuál es su volumen de producción? | |
| | |
| 5. ¿Quién realiza la supervisión durante el proceso productivo? | |
| | |
| 6. ¿En la actualidad identifica problemas durante el desarrollo del proceso productivo?, méncionelos. | |
| | |
| 7. De los problemas anteriormente identificados, ¿cuál cree que debería ser solucionado inmediatamente? | |
| | |
| 8. ¿Ha escuchado acerca de la metodología Lean Manufacturing o producción esbelta? | |
| | |
| 9. Si se le propusiera utilizar herramientas de Lean Manufacturing de acuerdo a los problemas identificados en la empresa, a fin de disminuir los costos generados por los desperdicios e incrementar sus indicadores de productividad, ¿estaría dispuesto a implementar dicha propuesta? | |
| | |

ANEXO 2. Formato de encuesta operador.

| <u>FORMATO DE ENCUESTA OPERADOR - CITE KORIWASI</u> | |
|---|--------------|
| | FECHA: _____ |
| <p>Objetivo: Entender la problemática de la empresa Cite Koriwasi. Duración: 30 minutos Lugar: Planta de procesamiento de la empresa.</p> | |
| <p>NOMBRE Y APELLIDOS: _____ CARGO: _____ AÑOS EN EL PUESTO: _____</p> | |
| 1. ¿Considera que el proceso productivo de la empresa Cite Koriwasi es adecuado o inadecuado? | |
| | |
| <p>2. De la lista mencionada a continuación, de prioridad del 1 al 5 según usted considere es el problema con mayor frecuencia. Considere 1 a mayor prioridad y 5 a menor prioridad.</p> <p style="margin-left: 40px;"> <input type="checkbox"/> Bajo nivel de productividad de mano de obra <input type="checkbox"/> Altos niveles de tiempo muerto <input type="checkbox"/> Exceso de desorden en el área <input type="checkbox"/> Falta de uso de EPP <input type="checkbox"/> Falta de estandarización de procesos </p> | |
| 3. ¿Considera que el tiempo de procesamiento es adecuado o inadecuado? ¿Qué inconvenientes se presentan diariamente? | |
| | |
| 4. ¿Durante la producción cuenta con EPP? | |
| | |
| 5. ¿Cuenta el área con un supervisor? De no ser el caso, ¿Considera que un puesto de supervisión mejoraría el proces productivo? | |
| | |
| 6. ¿Cuáles son las herramientas que utiliza con mayor frecuencia?¿dónde se ubican? | |
| | |
| 7. ¿Estaría dispuesto a apoyar la implementación de una propuesta que permita mejorar el proceso productivo de la empresa? | |
| | |

ANEXO 3. Misión, Visión y Valores de la Empresa CITE Koriwasi

Misión

Liderar al sector joyero nacional en su crecimiento y potenciar su mejora continua. Optimizar procesos que generan competitividad en el sector joyero nacional. Generar capacidades creativas para el desarrollo de nuevos diseños de joyas.

Visión

Ser reconocidos a nivel nacional como líderes en la excelencia de formación en joyería.

Valores

- **Trabajo en Equipo:** El equipo coordina e integra esfuerzos entre sus miembros para lograr grandes resultados; comprometidos en una misma causa, trabajando para cumplir la misión y la visión de la organización. El trabajo en equipo exige solidaridad, vocación de servicio, equidad, autonomía, respeto, responsabilidad, participación, diálogo, concertación y autodesarrollo.
- **Perseverancia:** Este valor se relaciona con la mejora constante que se vive en la organización. Desde las personas que trabajan hasta los estudiantes, saben que las cosas se dan a medida del esfuerzo y dedicación que se ponga en el proceso para tener resultados excelentes. La perseverancia con productividad significa trabajo en conjunto para el bien de todos.
- **Humildad:** En Koriwasi, damos valor especial a la humildad. La disposición constante de aprendizaje y enseñanza de todas las personas que forman parte de la organización hace que estemos en mejora contante para tener un alto grado de competitividad.

- **Compromiso:** Todos vamos hacia el mismo objetivo directamente con el grado de empeño que ponemos en las acciones que hacemos. Todos vamos hacia un mismo objetivo compartido y asumimos la responsabilidad de llegar a él con todo el esfuerzo y dedicación que impliquen.
- **Excelencia:** Todos los miembros de Koriwasi se enfocan en hacer lo mejor en cada actividad que se realiza, por más pequeña que sea. A partir de esto, distinguirse de todos los demás.
- **Ética:** El respeto por los demás y por uno mismo guía las acciones de los miembros de Koriwasi. En este sentido, comprendemos el respeto por los diseños y creaciones de los joyeros como únicos. Asimismo, actuamos según los lineamientos de responsabilidad social.
- **Innovación:** El equipo de Koriwasi, tiene una visión innovadora, buscamos nuevas formas de hacer las cosas, que nos conduzcan a mejores resultados y sirvan de base para generar nuevo conocimiento. Constantemente estamos investigando y actualizando nuestro trabajo para formar joyeros con iniciativa y creatividad.

ANEXO 4. Organigrama institucional de la Empresa CITE Koriwasi

La empresa CITE Koriwasi tiene como órgano de dirección superior al Consejo Directivo, el cual está compuesto por 6 personas, entre empresarios, académicos y representantes de instituciones privadas. Cuenta con una Dirección Ejecutiva, la misma que se encarga de ejecutar las directrices dadas por el Consejo Directivo. Tiene personal técnico de la especialidad de joyería, los mismos que realizan funciones de enseñanza y producción.

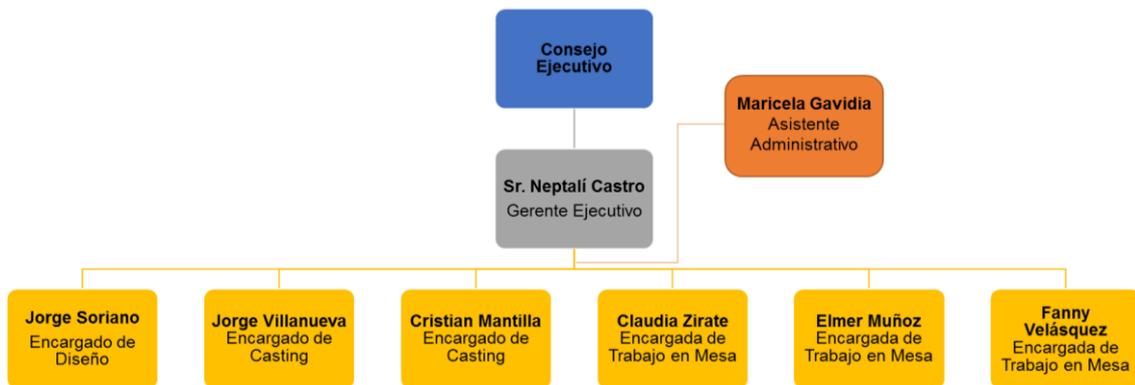


Figura 25. Organigrama institucional de la empresa CITE Koriwasi.

ANEXO 5. Productos, Servicios, Clientes y Proveedores de la Empresa CITE Koriwasi.

Tabla 40. Productos de la empresa CITE Koriwasi

| Categoría | Tipo |
|------------------|--|
| Joyas de oro | <ul style="list-style-type: none"> • Anillos • Aretes • Dijes |
| Joyas de plata | <ul style="list-style-type: none"> • Anillos • Aretes • Pulseras • Collares • Dijes |
| Joyería | <ul style="list-style-type: none"> • Accesorios en general |

Fuente: elaboración propia

Tabla 41. Servicios de la empresa CITE Koriwasi

| Categoría | Descripción |
|------------------------------|--|
| Escuela de joyería | Cuenta con equipamiento moderno para la enseñanza de la joyería a personas con o sin experiencia previa. |
| Centro de servicio | Provee de materia prima certificada, productos en proceso e insumos a los joyeros a nivel nacional. |
| Articulador de oferta joyera | Gestor de la oferta joyera de Cajamarca con mercados internos y externos. |

Fuente: elaboración propia

Tabla 42. Principales clientes de la empresa CITE Koriwasi

| Categoría | Tipo |
|-------------------------------|--|
| Joyereros locales (Cajamarca) | <ul style="list-style-type: none"> • Coquí Pérez • Carolina Higa • Milagros Cacho • Jorge Huamán • Andrea Castro • Milagros Vera |

| Categoría | Tipo |
|--|--|
| Joyereros nacionales (Lima y Chiclayo) | <ul style="list-style-type: none"> • Kathya Makluf • MCP Joyeros de Chiclayo |
| Joyereros nacionales (empresas de joyería de Lima) | <ul style="list-style-type: none"> • Baliq Joyas |

Fuente: elaboración propia

Tabla 43. Principales proveedores de materia prima e insumos la empresa CITE Koriwasi

| Proveedor | Servicio |
|------------------------|---|
| Río Grande | Importación de herramientas, equipos y accesorios para joyería. |
| Sudamérica Trading SRL | Venta de materia prima (plata y oro). |
| Acosta Stock Eirl | Proveedor de cera, aleaciones, caucho, herramientas. |
| INLAD SAC | Venta de patrones y equipos de medición calibrados. |
| GERCOL SAC | Venta y mantenimiento de extintores. |
| TDM Solutions | Venta de licencia Rhinogold, asistencia técnica. |
| Caxagás | Venta de Gas, instalación de sistemas de distribución de gas y oxígeno. |

Fuente: elaboración propia

Tabla 44. Principales proveedores de servicios de la empresa CITE Koriwasi

| Proveedor | Servicio |
|--------------------------------------|--|
| Jorge Luis Huamán Torres | Capacitador en joyería |
| Henry Escalante Poma | Consultoría de desarrollo de diseños |
| Hugo Guillermo Alberto Vásquez Uribe | Consultoría de promotor y nexos comerciales |
| Nataly Ivana Muñoz Olivos | Consultoría para el desarrollo de diseños en la línea artesanal. |

| Proveedor | Servicio |
|---|---------------------------------------|
| Acosta Stock Eirl | Servicio de mantenimiento de máquinas |
| Romanoff Internacional | Asistencia técnica de impresora 3D |
| Compañía Peruana Seg. Y Vigilancia SRL | Servicio de Seguridad del local. |
| Valeria Casaverde Hidalgo | Dictado de cursos de joyería. |
| ISEM | Dictado de cursos de seguridad |

Fuente: elaboración propia

ANEXO 6. Control de calibración de máquinas del área de casting de la Empresa CITE Koriwasi.

| CONTROL DE INSPECCIÓN DE CALIBRACIÓN Y SECADO | | | | | | |
|---|------|---------|---|-------------------------------|----|---------------|
| Responsable: | | | ACCIONES CORRECTIVAS | | | |
| LÍMITE CRÍTICO | | | Comunicar al jefe de el área de casting | | | |
| Calibración: Cumplir con los parámetros establecidos en el procedimiento de Calibración y secado | | | Corregir la desviación detectada | | | |
| FRECUENCIA: Horario por cada línea. | | | Identificar el lote comprometido para realizar las Acciones | | | |
| ITEM | Hora | Máquina | Área | Conformidad de la CALIBRACIÓN | | Observaciones |
| | | | | SI | NO | |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 13 | | | | | | |
| 14 | | | | | | |
| 15 | | | | | | |

Figura 26. Control de calibración de máquinas del área de casting de la empresa CITE Koriwasi.

ANEXO 8. Procedimiento de limpieza y desinfección de utensilios en el área de casting.

LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE UTENSILIOS EN EL AREA DE CASTING

| | |
|--------------------------|--|
| Propósito | Estandarizar el procedimiento de limpieza y desinfección de los utensilios en los procesos del área de casting |
| Alcance | Planta de Cite Koriwasi |
| Frecuencia | Diario / Continuo |
| Elementos de aseo | Agua potable, bidón plástico, escobilla, malla y paños |
| Productos | Guantes de PVC cortos, Marroquín de PVC y mascarilla antiguas |

| Pasos en las actividades | | Responsable de ejecución | Responsable de verificación |
|---------------------------------|---|---------------------------------|------------------------------------|
| 1 | Retiro de solidos con agua potable | Responsable del área | Jefe del área |
| 2 | Preparar la solución detergente | Responsable del área | Jefe del área |
| 3 | Estregar con escobilla y malla según se requiera hasta que se note la eliminación de la suciedad. | Responsable del área | Jefe del área |
| 4 | Enjuagar con abundante agua. | Responsable del área | Jefe del área |
| 5 | Desinfección de los utensilios y dejar actuar por 15 a 20 minutos. | Responsable del área | Jefe del área |
| 6 | Enjuagar con abundante agua. | Responsable del área | Jefe del área |

| | |
|-------------------------------|--|
| Monitoreo | La ejecución de la limpieza y desinfección de los utensilios se registrará en un formato de control. |
| Puntos de control | Libre de suciedad y manchas |
| Acciones de corrección | Sin olores desagradables |
| Acciones correctivas | Volver a ejecutar las actividades del procedimiento hasta lograr conformidad con los puntos de control |
| Normas de seguridad | Validación del producto usado |

| | |
|--|--------------------------------|
| Responsable de verificación y seguimiento | Supervisor del área de casting |
|--|--------------------------------|

ANEXO 9. Procedimiento de limpieza y desinfección de manos.

| | |
|--------------------------|---|
| Propósito | Estandarizar el procedimiento de limpieza y desinfección de manos |
| Alcance | Planta de Cite Koriwasi |
| Frecuencia | Diario / Continuo |
| Elementos de aseo | Agua potable, papel toalla |
| Productos | Jabón líquido y alcohol. |

| Pasos en las actividades | | Responsable de ejecución | Responsable de verificación |
|---------------------------------|---|--|------------------------------------|
| 1 | Aplicar agua y dosis de jabón líquido en las manos. | Todos los colaboradores de la planta Cite Koriwasi | Jefe del área |
| 2 | Frotar manos y antebrazos. | Todos los colaboradores de la planta Cite Koriwasi | Jefe del área |
| 3 | Enjuagar con abundante agua. | Todos los colaboradores de la planta Cite Koriwasi | Jefe del área |
| 4 | Secarse con papel toalla. | Todos los colaboradores de la planta Cite Koriwasi | Jefe del área |
| 5 | Desinfección con alcohol. | Todos los colaboradores de la planta Cite Koriwasi | Jefe del área |

| | |
|-------------------------------|---|
| Monitoreo | La verificación del cumplimiento de la higiene de manos se registrar en un formato de control de higiene. |
| Puntos de control | Libre de suciedad y manchas Sin olores desagradables |
| Acciones de corrección | Volver a ejecutar las actividades del procedimiento hasta lograr conformidad con los puntos de control |
| Acciones correctivas | Validación del producto usado |
| Normas de seguridad | N.A. |

| | |
|--|--------------------------------|
| Responsable de verificación y seguimiento | Supervisor del área de casting |
|--|--------------------------------|

ANEXO 10. Temario y cronograma de curso de aplicación de herramientas 5’S.

| <i>Koriwasi</i> | METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----|----|----|----|----|---|--|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|---|
| | CURSO: APLICACIÓN DE HERRAMIENTA 5’S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INFORMACIÓN GENERAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DIRIGIDO A: | Operarios del área de Casting | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CAPACIDAD: | 5 Personas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EXPOSITOR: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DURACIÓN: | 12 horas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OBJETIVO: | Al término del curso de metodología de las 5 S’s, el participante comprenderá la metodología de las 5S y los pasos de implantación para modificar su modo y ambiente de trabajo. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TEMARIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MÓDULO 1 | 1. Introducción a las herramientas 5’s. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2. Objetivos y retos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3. Estudio y descripción de las 5’s. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4. Evaluación módulo 1 y ejercicios prácticos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MÓDULO 2 | 5. ¿Cómo implantar las 5’s. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6. Beneficios de la aplicación de las 5’s. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7. Casos reales de la aplicación. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8. Talleres practicos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 9. Evaluación módulo 2 y ejercicios prácticos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CRONOGRAMA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th>L</th><th>M</th><th>M</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td style="background-color: #00aaff;">3</td><td style="background-color: #00aaff;">4</td><td>5</td> </tr> <tr> <td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td> </tr> <tr> <td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td> </tr> <tr> <td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td> </tr> <tr> <td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">ene-20</p> | L | M | M | J | V | S | D | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | | <p>Viernes 03 de enero del 2020: El Desarrollo del MÓDULO 1 y evaluación de personal, se llevará a cabo en el horario de 12pm a 6pm, se dará espacio de 30 minutos de refrigerio.</p> <p>Sábado 04 de enero del 2020: El desarrollo del MÓDULO 2 se llevará a cabo en el horario de 8am a 2pm, se dará espacio de 30 minutos de refrigerio.</p> |
| L | M | M | J | V | S | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ANEXO 11. Procedimiento de trabajo del área de Casting.

| | |
|---|---|
|  | PROCEDIMIENTO DE TRABAJO EN AL ÁREA DE CASTING |
| INFORMACIÓN GENERAL | |
| OBJETIVO: | Establecer las actividades del proceso de fabricación de joyería en el área de casting. |
| ALCANCE: | 5 personas. |
| RESPONSABILIDAD: | Operario del área de casting. |
| ESPECIFICACIÓN DE ACTIVIDADES | |
| NOMBRE DE ACTIVIDAD | TAREA |
| ELABORACIÓN DEL MOLDE DE CAUCHO | 1. Orden de prototipo de cera en caucho. |
| | 2. Acondicionamiento del molde. |
| | 3. Vulcanizado. |
| | 4. Corte de caucho. |
| REPRODUCCIÓN DE PIEZAS EN CERA | 5. Inyección de cera con parámetros según molde. |
| | 6. Desmolde y limpieza de ceras. |
| | 7. Armado y pesado del árbol en cera. |
| ELABORACIÓN DE MOLDES EN YESO | 8. Mezcla de yeso en máquina. |
| | 9. Revestimiento del cilindro con yeso y agua al vacío. |
| | 10. Reposo del cilindro. |
| | 11. Recocido del cilindro con yeso en horno a 700 °C. |
| ELABORACIÓN DE PIEZAS EN METAL | 12. Inyección de metal en cilindro con atmósfera controlada. |
| | 13. Reposo y enfriado del cilindro en agua. |
| | 14. Lavado del cilindro para eliminar restos de yeso. |
| | 15. Limpieza del árbol en metal. |
| | 16. Separación de las piezas del árbol. |
| | 17. Entrega al área de trabajo en mesa o ventas. |

ANEXO 12. Temario y cronograma de curso de aplicación de Kanban.

| <i>Koriwasi</i> | | METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|----|----|----|----|---|---|--|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|---|
| | | CURSO: APLICACIÓN DE HERRAMIENTA KANBAN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INFORMACIÓN GENERAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DIRIGIDO A: | Operarios del área de Casting | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CAPACIDAD: | 5 Personas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EXPOSITOR: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DURACIÓN: | 12 horas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OBJETIVO: | Al término del curso, el participante comprenderá la metodología de la herramienta Kanban, y los pasos de implantación para modificar su modo y ambiente de trabajo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TEMARIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MÓDULO 1 | 1. Cuales son los principios y prácticas fundamentales del método Kanban | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2. ¿Por qué se necesita adoptar el sistema Kanban? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3. Sistemas Kanban. - Práctica 1: visualización. - Práctica 2: Limitar el trabajo en progreso. - Práctica 3: Administrar el flujo. - Práctica 4: Políticas explícitas. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4. Evaluación módulo 1 y ejercicios prácticos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MÓDULO 2 | 5. Diseñar tarjeta Kanban | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6. Realizar los procedimientos para tarjetas Kanban | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7. ¿Cómo diseñar un tablero Kanban eficaz? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8. Beneficios de la aplicación Kanban | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 9. Evaluación módulo 2 y ejercicios prácticos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CRONOGRAMA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <thead> <tr> <th>L</th><th>M</th><th>M</th><th>J</th><th>V</th><th>S</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr> <td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr> <tr> <td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td></tr> <tr> <td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td></tr> <tr> <td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">ene-20</p> | | L | M | M | J | V | S | D | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | | <p>Viernes 10 de enero del 2020: El Desarrollo del MÓDULO 1 y evaluación de personal, se llevará a cabo en el horario de 12pm a 6pm, se dará espacio de 30 minutos de refrigerio.</p> <p>Sábado 11 de enero del 2020: El desarrollo del MÓDULO 2 se llevará a cabo en el horario de 8am a 2pm, se dará espacio de 30 minutos de refrigerio.</p> |
| L | M | M | J | V | S | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |