



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE MEJORA
CONTINUA EN EL ÁREA DE CENTRIFUGADO DE LA
EMPRESA GRUPO DISMETAL SAC

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Pedro Luis Vilchez Lazo

Asesor:

Ing. Angelo Ruben Guevara Chávez

Lima - Perú

2021

DEDICATORIA

A mi madre por darme la vida,
Enseñarme los valores que hoy
me sirven para poder seguir el
camino que se me presenta,
a mi padre que esta con Dios
y me enseñó que tenemos que
ser fuertes y no bajar la cabeza
ante nadie.

AGRADECIMIENTO

A Dios por conducir mi camino y ayudarme al logro del objetivo, a la empresa Grupo Dismetel SAC por apoyarme y brindarme las facilidades para realizar el presente proyecto, a mis tutores de la Universidad Privada del Norte que me apoyaron en mi formación profesional, y a mi familia por apoyarme y darme la fuerza necesaria para lograr mis objetivos.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
RESUMEN EJECUTIVO	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad Problemática.....	11
1.2. Formulación del problema.....	14
1.2.1. Problema general	14
1.2.2. Problemas específicos	14
1.3. Objetivos	15
1.3.1. Objetivo general	15
1.3.2. Objetivos específicos	15
1.4. Marco teórico.....	16
1.4.1. Antecedentes	16
1.4.1. Bases teóricas.....	19
1.5. Justificación	23
1.5.1. Justificación teórica.....	23
1.5.2. Justificación práctica.....	23
1.5.3. Justificación cuantitativa	23
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	24
2.1. Diseño de la investigación	24
2.3. Población y muestra	24
2.4. Operacionalización de variables.....	25
2.5. Técnicas e instrumentos	27
2.6. Materiales.....	28
2.7. Procedimiento de tratamiento.....	28
2.8. Análisis de datos.....	29
2.9. Aplicación del diagrama de análisis del proceso.....	38
2.10. Análisis utilizando el Mapa de la Cadena de Valor VSM actual.	39
2.11. Aspectos éticos.....	41
2.12. Aplicación de herramientas y métodos.....	41
2.12.1. Aplicación de los 5 Porque.....	44
2.12.2. Implementación de la metodología RCM.	46
2.12.3. Implementación de la metodología Poka Yoke	57
CAPITULO III RESULTADOS	60
3.1. Respecto a la dimensión de la metodología RCM.....	62

3.2. Respecto a la metodología Poka Yoke.....	71
CAPITULO IV DISCUSIONES.....	82
CAPITULO V CONCLUSIONES.....	84
CITAS Y REFERENCIAS	86
ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de Operacionalización de Variable Independiente. _____	25
Tabla 2 <i>Matriz de Operacionalización de Variable Dependiente.</i> _____	25
Tabla 3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos _____	27
Tabla 4 <i>Estadística de Confiabilidad del instrumento de la observación.</i> _____	28
Tabla 5 <i>Análisis del Cumplimiento de Entregas de Lotes en Fecha Acordada del Año 2020.</i> ____	31
Tabla 6 <i>Resumen de Cantidad Total de Producción de la Empresa Grupo Dismetel SAC año 2020.</i> _____	32
Tabla 7 Análisis de Merma del Área de Centrifugado del Año 2020. _____	34
Tabla 8 Resumen de entrevista a la supervisora de proceso del Área de Centrifugado Año 2020. _____	37
Tabla 9 Valoración de Propuestas del Diagrama de Ishikawa. _____	43
Tabla 10 Escala de Calificación en la Valoración de Propuestas. _____	44
Tabla 11 ¿Por qué? de los Problemas en Centrifugado _____	45
Tabla 12 Resumen de Reporte de Fallas de las Máquinas del Área de Centrifugado Año 2020. _____	49
Tabla 13 <i>Resumen de Reportes de Fallas de las Máquinas del Área de Centrifugado del Año 2020</i> _____	50
Tabla 14 <i>Equipos del Área de Centrifugado.</i> _____	54
Tabla 15 Sistema y Subsistema de la Compresora. _____	54
Tabla 16 Sistema y Sistema del Crisol. _____	55
Tabla 17 Sistema y Subsistema de la Máquina Centrífuga. _____	55
Tabla 18 <i>Resumen del Reporte de Mermas de los 5 Primeros Meses del Año 2021.</i> _____	60
Tabla 19 <i>Comparativo de Producción y Mermas del Área de Centrifugado del Año 2020-2021.</i> _	61
Tabla 20 <i>Comparativo de Mermas por Rebaba del Área de Centrifugado.</i> _____	63
Tabla 21 Reporte de fallas de Máquinas del Área de Centrifugado 5 Meses. _____	64
Tabla 22 Resumen del Reporte de Fallas del Área de Centrifugado del Año 2021. _____	65
Tabla 23 <i>Comparativo de los Resultados de Indicadores de Mantenimiento de las Máquinas del Área de Centrifugado del Año 2020 – 2021.</i> _____	69
Tabla 24 <i>Comparativo de Indicadores de Disponibilidad del Área de Centrifugado.</i> _____	70
Tabla 25 <i>Comparativo de Mermas por Arañazo del Área de Centrifugado del Año 2020 - 2021.</i> 72	
Tabla 26 Identificación de las Mejoras Obtenidas en el Área de Centrifugado. _____	73

Tabla 27 <i>Comparativo del Tiempo de Ciclo Después de la Implementación de Poka Yoke y RCM.</i>	76
Tabla 28 <i>Resumen de la Cantidad de Lotes de Pedidos de los 5 Primeros Meses del Año 2021.</i>	78
Tabla 29 <i>Porcentaje de Mejora del Índice de Cumplimiento en la Fecha Acordada.</i>	81
Tabla 30 <i>Histórico de Cumplimiento de Pedidos en la Fecha Acordada del 2020.</i>	89
Tabla 31 <i>Histórico de Cumplimiento de Pedidos del Año 2021</i>	90
Tabla 32 <i>Plan de Mantenimiento Preventivo de Equipos del Área de Centrifugado.</i>	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura de la Empresa. _____	30
Figura 2 Cantidad de Mermas de cada Área del Año 2020. _____	33
Figura 3 Imagen de la Huella de Arañazo en la Pieza de Producción. _____	35
Figura 4 Pieza de producción en metal del área de centrifugado. _____	38
Figura 5 Value Stream Mapping (VSM) del Estado Actual _____	40
Figura 6 Diagrama de Ishikawa _____	42
Figura 7 Molde antes de Poka Yoke _____	58
Figura 8 Molde con implementación Poka Yoke. _____	59
Figura 9 Porcentaje de Mermas del Año 2021 en el Área de Centrifugado. _____	61
Figura 10 Mapa de la Cadena de Valor del Estado Futuro. . _____	79
Figura 11 Máquina Centrífuga del Área de Centrifugado. _____	88
Figura 12 DAP del Área de Centrifugado Después de la Implementación. _____	91
Figura 13 DAP del Área de Centrifugado Antes de la Implementación de la Mejora. _____	92
Figura 14 Molde sin Sistema Poka Yoke. _____	93
Figura 15 Molde con Sistema Poka Yoke. _____	94
Figura 16 Guía de Observación. _____	98
Figura 17 Base de Datos de la Observación. _____	102

ÍNDICE DE ECUACIONES

MTBF= Tiempo promedio entre fallas Ecuación 1	50
MTTR= La rapidez con la que se repara la máquina Ecuación 2	50
Calculando la disponibilidad "Ecuación 3"	51
Tiempo de ciclo. "Ecuación 4"	74
Índice de cumplimiento. "Ecuación 5"	81

RESUMEN EJECUTIVO

La empresa Grupo Dismetel SAC tuvo problemas en la entrega de pedidos en la fecha acordada, esto causó la pérdida de algunos clientes y falta de crecimiento en los 6 años de funcionamiento de la empresa. En la investigación se encontró que el área de centrifugado, tuvo el 78% del total de mermas, esto fue producido por fallas en las máquinas, ocasionando paradas de producción, piezas con rebaba. Otro problema fue que el método utilizado para trabajar no estaba dando resultado, eso se comprobó en la entrevista donde la supervisora indica que el personal experto también tiene mermas en su producción. Para solucionar se implementó la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM y la metodología Poka Yoke. El primero incrementó la disponibilidad de la máquina de 75% a 98%, y con ello también redujo la merma por rebaba de 287416 unidades a 568 unidades. Mientras que la metodología Poka Yoke logró reducir la merma por arañazo de 184947 unidades a 524 unidades. Esas mejoras beneficiaron en la reducción del tiempo de ciclo de 15.21 segundos a 9.51 segundos. La mejora continua aplicada impactó en el incremento del índice de cumplimiento de entregas a tiempo de 11% a 100%.

Palabras clave: Método, RCM, Poka Yoke, disponibilidad, centrifugado.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

A nivel mundial existen muchas metodologías que tienen como objetivo, generar un valor agregado y demostraron ser eficientes en la mejora continua que debe tener una empresa en todos sus procesos, independientemente del rubro al que pertenezca.

Improven (2021), nos indica distintas dificultades y la solución a ello en una empresa. Nos menciona que para evitar generar sobre costo, las empresas deben, tener sus procesos direccionado a trabajar con la mayor eficiencia posible, manejar la producción nombrando un responsable para que ejecute el control ya que a la falta de este no se podrá lograr los objetivos, utilizar el principio de Pareto para identificar y luego solucionar los problemas que proporcionen un mayor impacto en la reducción de desperdicios en la empresa. Este conjunto de herramientas son utilizadas por las metodologías quienes buscan conducir a la empresa a la mejora continua. Al implementar lo mencionado se habrá logrado la mejora de cualquier empresa y esto hará que logre posicionarse en un nivel alto de competitivamente. (Yarto , 2010)

Open mind BBVA (2021), informa que a inicios del siglo 21 Europa presenta bajo crecimiento de su productividad en comparación al país de EE. UU. a pesar de los beneficios de la tecnología digital actual, quien a los últimos años se incrementó de manera exponencial. También indica que el lento crecimiento de la productividad puede ser el resultado de la falta de continuidad en la innovación para encontrar nuevos caminos que conduzcan a la mejora continua.

Reliabilityweb (2021), indica que normalmente las empresas contratan al personal para que reciba instrucciones y obedecer a sus superiores, sus experiencias de varios años de trabajo sirve poco, ya que el uso del conocimiento obtenido por las experiencias vividas en los procesos de la empresa, no podrán lograr el crecimiento de esta. Al contrario que si se le indica que uno de sus funciones será la constante innovación en

posibles mejoras a sus procesos de trabajo, entonces en algún momento el trabajador aportará ideas de mejora que continuamente logren generar valor agregado a la empresa.

A nivel nacional Cárdenas & Gálvez (2010), implementaron un proceso de mejora continua en una empresa de servicios, donde tuvieron como resultado, lograr optimizar la capacidad operativa y reducir los tiempos de atención a reclamos del promedio de 7 a 3.5 horas, con el cual también lograron mejorar la imagen de la empresa ante sus clientes.

Toda empresa nace con el objetivo de crecer cada vez más, para lograrlo, debe tener un equipo que dentro de sus funciones en la empresa pueda incentivar y aplicar el proceso de mejora continua en toda la organización, tomando en cuenta que nunca un proceso será perfecto, siempre existe la posibilidad de mejorarlo.

En Lima, actualmente la empresa Grupo Dismetel SAC, cuenta con una planta de fabricación ubicada en el distrito de Comas y un puesto comercial en el distrito del Rímac. la empresa se dedica a la importación y fabricación de diversos productos, entre los cuales el principal es la fabricación de hebillas y adornos de metal para distintos productos como cartera, zapatos, correa. Estos productos tienen su inicio de proceso en el área de joyería donde se elabora la pieza matriz y luego pasa al área de centrifugado donde se realiza un molde de silicona quien va a ser capaz de copiar la forma de la pieza utilizada dejando una cavidad idéntica, luego se procede a utilizar unas cuchillas especiales para realizar los canales por donde fluirá el metal líquido desde el centro del molde hasta llegar a la cavidad formada por la pieza, luego este molde es instalado en el sitio de trabajo de fundición centrífuga.

Al momento que el molde este programado para producción, el operario coge el molde, separa la base de la tapa, le coloca una película de talco a las cavidades, lo sacude para

retirar el exceso, cierra el molde y lo coloca dentro de la máquina centrífuga, es ahí cuando este mediante los platos interiores inferior y superior de la máquina prensan al molde y lo hacen girar a una velocidad promedio de 450 RPM. Es en este momento cuando se procede a coger mediante un cucharón un poco de metal líquido y vaciarlo al embudo de la máquina centrífuga quien conduce el metal líquido hacia el interior del molde y este continúa conduciéndolo por los canales hasta que llegue a la cavidad, donde el metal líquido llenará toda la cavidad y luego se solidificará llegando a formar una pieza idéntica a la pieza matriz que se utilizó para del molde.

Cabe aclarar que el tipo de aleación de metal que utiliza la empresa se llama zamak y es preparado previamente para que esté líquido mediante un crisol al cual se le aplica fuego hasta que alcance y se mantenga a una temperatura de 450°C.

Después de 10 segundos la máquina centrífuga se detiene, se procede a abrir la tapa de la máquina centrífuga y se retira el molde, luego se coloca el molde encima de la mesa de trabajo y se abre separando la base de la tapa, es ahí cuando nos damos cuenta que las piezas presentan problemas de rebaba.

Luego de abrir el molde procedemos a separar las piezas, los residuos de metal inservibles lo colocamos en un recipiente, las piezas de producción son inspeccionadas para dar conformidad de calidad y entregar a la siguiente área. es ahí cuando nos damos cuenta de otro tipo de problema del área, donde las piezas tienen huella de una línea marcada y al buscar la interrogante del porqué, revisan hacia las fases anteriores del proceso y se llega a detectar que la cavidad de los moldes tiene también esa línea marcada por el arañazo que sufrió, por lo tanto, se concluye que las piezas al ser una copia de la cavidad del molde también presentan huella de arañazos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

1. ¿De qué manera el proceso de mejora continua impacta en el cumplimiento de la entrega a tiempo de los pedidos del cliente?

1.2.2. Problemas específicos

2. ¿De qué manera la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) reduce las mermas por rebaba del área de centrifugado?
3. ¿De qué manera la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) incrementa la disponibilidad de los equipos del área de centrifugado?
4. ¿De qué manera la metodología Poka Yoke reduce las mermas producidas por arañazos?
5. ¿De qué manera las metodologías Poka Yoke y Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM, reducen el tiempo de ciclo en el área de centrifugado?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar de qué manera el proceso de mejora continua impacta en el cumplimiento de la entrega a tiempo de los pedidos del cliente.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Determinar de qué manera la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) reduce las mermas por rebaba del área de centrifugado.
2. Determinar de qué manera la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) incrementa la disponibilidad de los equipos del área de centrifugado.
3. Determinar de qué manera la metodología Poka Yoke reduce las mermas producidos por arañazos.
4. Determinar de qué manera las metodologías Poka Yoke y Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM, reducen el tiempo de ciclo en el área de centrifugado.

1.4 Marco teórico

1.1.1. Antecedentes

Cubillas (2020), presentó en la ciudad de Lima una tesis de titulación de Ingeniería Industrial, implementó la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) y logró obtener efectos positivos en la disponibilidad de las extrusoras hidráulicas pertenecientes a la empresa Italsolder SAC. Las máquinas lograron incrementar su disponibilidad al 10%, los tiempos de reparación se redujeron en un 25%, el número de fallas se redujo en un 78%, los costos de mantenimiento se redujo en un 77%.

Ríos (2018), presentó en la ciudad de Lima una tesis de titulación de Ingeniería, sustentó la mejora del proceso en la producción para poder lograr incrementar la productividad en el área de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa Electro Volt Ingenieros SA. Las mejoras estuvieron direccionado a reestructurar el método de trabajo y la implementación de indicadores de gestión. Obtuvieron como resultado un incremento de la productividad del 13%,.

Campos (2018), presentó en la ciudad de Lima una tesis de titulación de Ingeniería Industrial, logro sustentar la reducción del tiempo en fabricar el molde para vidrio mediante la aplicación de la mejora continua en el área de matricera de la empresa AGP Perú SAC 2018.

Alayo & Becerra (2012), Estudiantes de la facultad de Ingeniería y Arquitectura en la ciudad de Lima, quienes tuvieron como objetivo implementar la mejora continua en la empresa Agroindustrias Kaizen para poder incrementar la productividad y rentabilidad de la empresa. Se implementaron: La matriz IPERC en el programa de salud y seguridad en el trabajo, el plan de mantenimiento preventivo, estandarización de métodos de trabajo en los procesos, plan de capacitación al personal y la metodología 5S. Como resultado obtuvieron el incremento de la eficiencia de la

empresa de 50% a 70%, la productividad de 9.92% a 13.2%, también logró reducir el 4% de los tiempos ociosos.

Chávez & Jorge (2015), En la ciudad de Lima presentó una tesis de titulación en Ingeniería Industrial, Tuvo como objetivo elevar la rentabilidad de la empresa, los problemas presentados en la empresa fueron de disminución de las ventas por pérdidas de clientes, desorden en los espacios de trabajo, procesos sin definir. Para dar solución a todos estos problemas utilizó distintas herramientas de mejora continua obteniendo como resultado el incremento del 20% en la rentabilidad de la empresa Pereda.

Flores (2021), presentó una tesis de Maestría en Gestión Pública en la ciudad de Tarapoto, tuvo como objetivo encontrar el nivel de relación entre la mejora continua con la transparencia de las gestiones aplicado en la municipalidad de Morales, determinaron que existe una relación directa porque el coeficiente de correlación de Spearman obtuvo el valor de 0.810 el cual indica que la correlación es alta y positiva.

Yarto (2010), presentó en el país de México una tesis de doctorado en Ciencias Administrativas, investigaron la relación del involucramiento del personal con la mejora continua, el alcance de la investigación fue correlacional, utilizaron un cuestionario para recolectar datos los cuales fueron introducidos en el software SPSS. Del resultado de la investigación determinaron que la capacitación al personal y el apoyo de la gerencia incrementará la productividad con un valor de 25.3% y 13.4% respectivamente, por lo tanto al incrementar el nivel de capacitación que se brinda al personal, ellos estarán mejor preparados el cual influirá para que la empresa pueda lograr que el personal utilice mejor los recursos y tenga mayor involucramiento en sus operaciones.

Martínez (2018), presentó en la ciudad de Bogotá una tesis de titulación en Ingeniería Industrial, en el cual propuso la utilización de una mejora continua kaizen que mediante

la metodología 5s logre estandarizar las actividades de auto sostenimiento, este es un programa de reciclaje que realizan las empresas afiliadas al programa quienes a cambio reciben una certificación de donación de especie de la fundación creada sin ánimo de lucro. La estandarización de actividades de reciclaje se realiza con la finalidad de aplicar mecanismos que tengan facilidad de aplicación en las empresas donantes para poder atraer y retenerlos.

Manjarres (2016), presentó en la ciudad de Ambato una tesis de titulación en Ingeniería comercial, tuvo como objetivo el desarrollo de un plan de mejora continua en los procesos de la empresa Khristell Jeans. Como resultado obtuvo que la implementación del plan mencionado permitirá obtener alternativas viables, acertadas que permitan obtener el mejoramiento continuo y eficiencia en utilizar los recursos con el cual se logrará que la empresa sea mas productiva y competitiva.

Hubspot (2021), menciona que en la actualidad la mejora continua son técnicas que logran mejorar a una empresa, entidad que por naturaleza siempre busca escalar en su competitividad con el objetivo de mejorar e intentar cumplir a la perfección los requerimientos de su cliente. También menciona que la implementación de una mejora continua a sus procesos es fundamental, porque permite un incremento promedio de 60 % de su productividad actual, reducir los tiempos de entrega pactados con los clientes y reducir considerablemente los costos de producción.

1.4.1. Bases teóricas

Mejora continua

Respecto al concepto Bonilla, et al.,(2020) Señala que consiste en aplicar metodologías que logren optimizar los procesos con la finalidad de incrementar el nivel de su eficiencia, eficacia y efectividad.

También Aguilar (2010), indica que en la vida existen procesos de constantes cambios, nada puede considerarse mejorado de manera definitiva. Siempre habrá la posibilidad de mejorarlo.

Por otro lado la Universidad Esan (2016) menciona que al terminar de mejorar un proceso se debe iniciar analizar otra vez desde el inicio, con ello se podrá reevaluar los procesos y buscar nuevas mejoras.

Metodologías en la mejora continua

Existen diferentes metodologías que conducen a lograr mejora continua entre los principales tenemos:

Metodología PHVA: Es una herramienta que sirve para evaluar la gestión de una organización, se divide en 4 principios:

Planear: quien indica que las organizaciones dependen de los clientes por lo tanto deben preocuparse por satisfacer su necesidad actual y futura.

Hacer: este enfoque está basado en los procesos, se logra mejores resultados cuando las actividades se toman como proceso.

Verificar: está enfocado en la toma de decisión, para que tenga eficacia se basa en el análisis de los datos y la información.

Actuar: cuando los resultados de las mediciones no son los esperados es necesario realizar las correcciones y ajustes necesarios.

Kaizen: tuvo su origen en Japón y surgió de la necesidad del pueblo para salir de la situación en que estuvieron después de la segunda guerra mundial. Se utiliza como método de gestión de la calidad total. Es utilizado para realizar la mejora de los procesos los cuales deben ser atacados desde la causa raíz.

Six Sigma: metodología utilizada para la mejora de procesos, está centrado en conseguir la minimización o eliminación de los defectos. Su meta es tener como valor máximo 3.4 piezas defectuosas por cada millón de unidades producidas.

Lean Manufacturing: busca constantemente oportunidades de mejora de con la finalidad de identificar y eliminar desperdicios, el cual no agrega valor al proceso pero sí genera pérdida por mano de obra, costos de insumo y otros gastos generados por el proceso realizado pero que no formará parte de la producción. Una de las técnicas que utiliza esta metodología es el Poka Yoke: son métodos que tienen la función de evitar errores humanos en el proceso antes que pueda generar defectos en la producción. Las utilidades que podemos obtener con el Poka Yoke son: asegurar la calidad de los productos de cada puesto, eliminar la posibilidad que el trabajador cometa errores evitar accidentes producidos por distracciones, permite al trabajador realizar sus acciones con mayor tranquilidad. También se puede mencionar que mayormente los poka yoke son económicos al implementarlos.

Metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM): es utilizado para determinar qué se debe hacer para lograr conseguir lo que se necesita que la máquina realice en su actividad destinada. También es utilizado para determinar, prevenir los requerimientos (repuestos) que necesita un equipo para lograr su propósito en un contexto definido. Para optimizar el tiempo de reposición de repuestos primero evalúa la consecuencia de la falla y el tiempo que demorará en obtener los repuestos para

generar un stock de repuestos, pero si la obtención de repuestos es de manera instantánea mediante un proveedor, no sería necesario tener stock.

El alma mater de RCM es el análisis de fallos potenciales que puede tener la instalación, se tiene que encontrar o definir que fallos podría tener la instalación y nos enfocaremos en intentar evitarlos. Luego de definir que equipos son los que tienen fallos potenciales RCM pide que se responda a 7 preguntas.

¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?

¿De qué manera falla el equipo en satisfacer sus funciones?

¿Cuál es la causa de cada falla funcional?

¿Qué sucede cuando presenta una falla el equipo?

¿Qué sucede si el equipo falla?

¿Qué se puede hacerse para lograr prevenir la falla?

¿Qué sucede si no prevenimos la falla?

Para dar respuesta a estas preguntas RCM pide que se conforme un equipo que estará conformado por personal de supervisión, operario y de mantenimiento.

Uno de los indicadores que se puede obtener con RCM es la disponibilidad, este es el resultado obtenido al operar el tiempo disponible para producir entre el tiempo total de paradas Moubray (2004).

Herramientas de la mejora continua

Para lograr la mejora continua se utiliza diferentes herramientas los cuales sirven para el planeamiento, análisis, interpretación, de los problemas que pudiera presentar

alguna organización, mediante estas herramientas nos facilitarán para lograr la mejora esperada. Entre las principales herramientas tenemos:

Diagrama causa efecto: fue desarrollado por el profesor Kaouro Ishikawa en Japón, Permite observar con claridad las causas o orígenes del efecto o problema que pueda presentarse, para luego buscar más rápidamente la solución más óptima.

Diagrama de flujo: es la representación de manera gráfica de la secuencia de todas las etapas, operaciones, movimientos, decisiones ocurridas en un proceso. Su gráfica se realiza mediante formas de figuras geométricas usadas de manera estandarizada.

Histograma: demuestra el número de veces que se repiten en los resultados, permite ver alrededor de que valor están agrupadas las mediciones, a esto también se le denomina tendencia central. También Permite visualizar mediante un gráfico la información con mucha mayor facilidad.

Diagrama de Pareto: histograma especial en donde las frecuencias aparecen ordenas de mayor a menor, el diagrama permite asignar un orden a los problemas, con el fin identificar y darles prioridad a los problemas vitales.

Plantilla verificación: Se utiliza para recolectar datos obtenidos en una observación con el fin de utilizarlo para analizar algún problema, los datos de la plantilla se pueden utilizar para hacer histogramas, diagramas de Pareto.

1.5. Justificación

1.5.1. Justificación teórica

La mejora es importante, porque la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) y la metodología Poka Yoke, no eran usados en esta empresa, el cual, al aplicarla se logrará el beneficio de reducir la cantidad de mermas producidos por el área de centrifugado, influyendo directamente a poder cumplir la entrega de pedidos de los clientes en la fecha acordada.

1.5.2. Justificación práctica

La mejora tiene gran importancia porque reducirá las mermas por rebaba, los cuales son producidas por fallas en las máquinas. También se logrará reducir las mermas producida por el defecto de huellas de arañazos en las piezas. Estas mejoras permitirán a la empresa lograr la entrega a tiempo de los pedidos de los clientes.

1.5.3. Justificación cuantitativa

La mejora, logrará darnos un valor positivo en el incremento de la disponibilidad de los equipos, una reducción en el valor del tiempo de ciclo, el incremento de la vida útil del molde. Con todo esto lograremos reducir las mermas del área de centrifugado y por ende, la producción fluirá con mayor rapidez y se entregará a tiempo el pedido de los clientes.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Diseño de la investigación

Según la manipulación de la variable de estudio el diseño de la investigación es pre experimental.

Llamado así por el grado de control mínimo, consiste en aplicar un solo estímulo a un grupo y luego aplicar una medición, para luego observar el grado de influencia sobre una o más variables. (Sampieri et al. 2010)

2.3. Población y muestra

La población en estudio será las mermas del área de centrifugado en los últimos 6 años de la empresa.

Para la selección de la muestra se utilizó el muestreo no probabilístico por conveniencia, por la facilidad de acceso y proximidad de los datos para el investigador, esto en relación a la empresa Grupo Dismetel SAC.

Población: 6 años de producción

Muestra: 1 año de producción; (2020)

2.4. Operacionalización de variables

Tabla 1

Matriz de Operacionalización de Variable Independiente.

Variable	Definición			Indicador	Unidad de medida
	Conceptual	Dimensiones			
Variable independiente	Enfocado en la mejora de los procesos, en	Mapa de la cadena de valor		Reducción de Lead Time	días
	revisar continuamente las operaciones de los diferentes tipos de problemas que permitirán la optimización	Implementación de la Mejora continua en máquinas		lead time 2020 – lead time 2021	
Mejora continua				Tiempo medio entre fallas de la máquina MTBF	Porcentaje
				$\frac{\text{Horas total disponibles} - \text{horas de reparación}}{\text{Número de fallas}} \times 100$	
		Efectos de la implementación de la mejora continua		Índice de cumplimiento de entregas de pedidos a tiempo	Porcentaje
				$\frac{\text{Cantidad de entregas a tiempo}}{\text{Cantidad de total de entregas}} \times 100$	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2

Matriz de Operacionalización de Variable Dependiente.

Definición				
Variable	Conceptual	Dimensiones	Indicador	Unidad de medida
Variable dependiente	Organización dedicada a la producción de bienes con el cual busca un fin económico mediante la satisfacción de su cliente.	Área de centrifugado	Disponibilidad de la máquina	Porcentaje
			$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$	
			Tiempo medio de reparación de la máquina MTTR	Porcentaje
Empresa Grupo Dismetel SAC			$\frac{\text{Tiempo total en reparaciones}}{\text{Número de fallas}} \times 100$	
			Tiempo de ciclo	Segundos
			$\frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Unidades producidas}}$	

Fuente: Elaboración propia.

2.5. Técnicas e instrumentos

Tabla 3

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Técnicas	Justificación	Instrumentos	Aplicación
Observación directa	Esta técnica de recolección de datos utilizada, sirvió para obtener datos, los cuales se abordaron al software estadístico SPSS el cual nos proporcionó un resultado favorable de confiabilidad del instrumento. (ver tabla 4)	Guía de Observación	Esta guía consta de 33 ítems los cuales están orientadas a obtener información sobre las causas de la problemática de mermas en el área.
		Ficha de análisis del cumplimiento de entregas	Se utilizó para observar el nivel de cumplimiento de entregas durante el año 2020 con el objetivo de identificar la cantidad de meses que se incumplieron en la entrega.
La entrevista	El investigador decidió realizar esta técnica por la facilidad que le da para cuestionar al entrevistado sobre los temas que son de su interés. el objetivo de este tipo de entrevista es la de obtener datos con la mayor precisión posible para darle la claridad necesaria a la toma de alguna decisión en la investigación (Morga, 2012).	Guía de entrevista semi estructurada	En este instrumento se llegó a utilizar 12 preguntas dirigidos a la supervisora del área de fundición porque hubo la necesidad de investigar las causas de los problemas de disponibilidad de las máquinas y problemas en los procesos.

Fuente: Elaboración propia

Tabla4

Estadística de Confiabilidad del instrumento de la observación.

Alfa de Cronbach	N° de Ítems	Decisión
0.958	33	Confiable

Fuente: Elaboración propia

Los datos recolectados de los 8 operarios observados se ingresaron al software estadístico SPSS para poder verificar la fiabilidad. Obtuvimos el valor de 0.958 en el alfa de Cronbach, el cual indica que el instrumento es confiable.

2.6. Materiales

En la presente investigación se utilizó diversos materiales los cuales fueron muy útiles para lograr la recopilación de la información, aquí abajo los mencionamos:

- Lapicero
- Cámara fotográfica
- Hoja bond A4
- Celular
- Perforador
- Perforador
- Engrampador
- Resaltador

2.7. Procedimiento de tratamiento

En relación al procedimiento de tratamiento de los datos:

La guía de observaciones: tiene el objetivo de encontrar las posibles causas de los arañazos de los moldes, en primera instancia se realizó la validación de este instrumento mediante el software estadístico SPSS V.25. el resultado obtenido del análisis de confiabilidad alfa de Cronbach indica que la escala es confiable para ser aplicada a los colaboradores del área de centrifugado de la empresa Grupo Dismetel SAC. Esta herramienta consta de 33 ítems.

El Analista se acercó al área de centrifugado para constatar de qué manera manipulan los moldes en la sección de los maquinistas, el resultado obtenido anotó en la guía de observación. Luego pasó a observar al personal de la línea de mesa donde intentó verificar si el problema es originado en esta sección. También observó el nivel de cumplimiento de los ítems restantes. Ficha de análisis de cumplimiento de entrega: para la investigación se solicitó el registro histórico de cumplimientos de pedidos y mermas producidas en el periodo la persona encargada indicó que solo tienen información de 2 años anteriores, indica que él ingresó los datos del último año, pero la persona que ingresó los datos del año anterior ya no trabaja en la empresa y no puede dar confiabilidad de ese registro.

La guía de entrevista: finalmente se utilizó una guía semiestructurada, con este instrumento se procede a obtener información de la supervisora del proceso y el maquinista representante. esta herramienta consta de 12 ítems, los cuales proporcionan datos referidos a las posibles fallas en las máquinas, posible deficiencia del método actual de trabajo, los cuales podrían ser las causas de las mermas por rebabas y arañazos respectivamente.

2.8. Análisis de datos

Para iniciar, el investigador solicitó el organigrama de la empresa para poder ver de qué manera está organizada la estructura de la organización y así poder iniciar con la investigación del problema. En la figura 1 que mostramos a continuación se puede ubicar la estructura de la empresa.

Figura 1

Estructura de la Empresa.

Organigrama de la empresa Grupo Dismetel SAC



Fuente: Elaboración propia

Luego procedemos a iniciar el análisis de la problemática con la intención de encontrar la causa raíz del problema para su posterior solución. Para ello continuamos con el análisis.

El primer instrumento utilizado fue la ficha de análisis de cumplimiento: este es un registro histórico del año 2020 donde indica la cantidad de la cantidad total de pedidos, pedidos incumplidos en ese año y la cantidad de días de retraso por cada pedido, con este registro el investigador pudo detectar que el incumplimiento de los pedidos se realiza desde mucho tiempo atrás.

Tabla 5

Análisis del Cumplimiento de Entregas de Lotes en Fecha Acordada del Año 2020.

Descripción de productos ofertados	Cantidad de lotes		Lotes entregados
	de pedidos (2020)	Lotes entregados en la fecha acordada	fuera de fecha acordada
Hebillas para Calzado	6	2	4
Hebillas para cartera	1	0	1
Hebillas para correa	7	0	7
Adorno para calzado	6	0	6
Adorno para cartera	1	0	1
Total	21	2	19

Fuente: Elaboración propia

Continuamos con el análisis: en el histórico encontramos registrado la cantidad de merma del año, el cual está separada por cada área que la generó, este tipo de registro segmentado se utiliza para poder identificar con mayor facilidad dónde se generaron los problemas.

Tabla 6

Resumen de Cantidad Total de Producción de la Empresa Grupo Dismetel SAC año 2020.

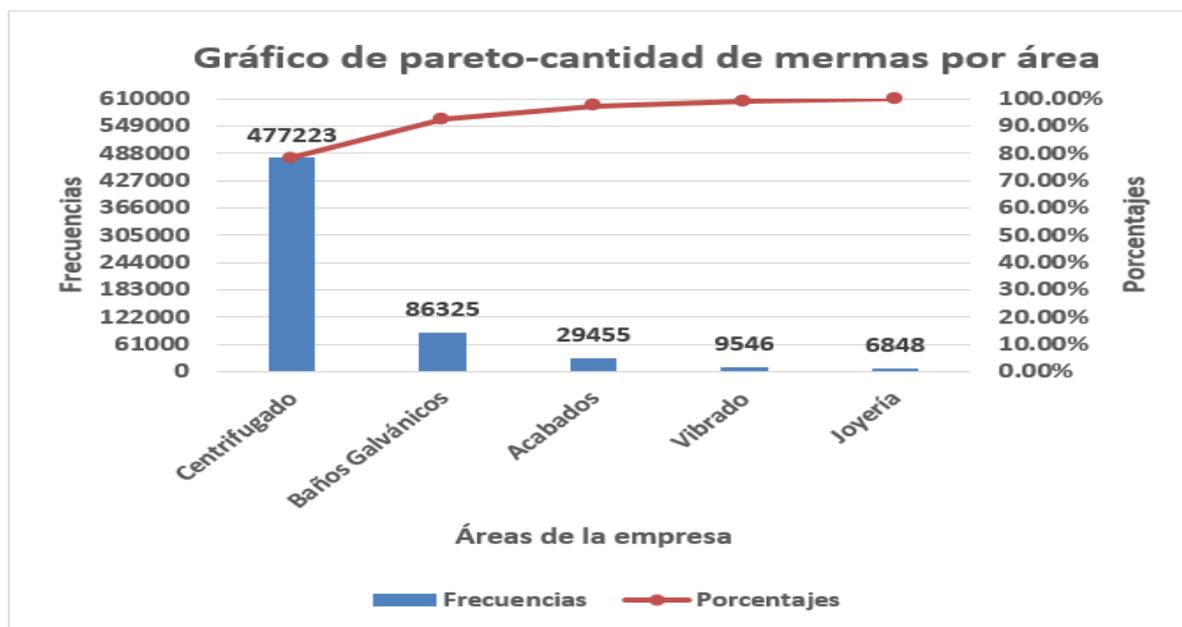
Total producción (unidades)	Cantidad de producción y mermas del año 2020				Cantidad de merma (Unidades)	% del total de merma
	Piezas buenas (unidades)	Merma (Unidades)	Merma segmentada por áreas			
2234143	1624746	609397	Centrifugado		477223	78%
			Baños galvánicos		86325	14%
			Acabados		29455	5%
			Vibrado		9546	2%
			Joyería		6848	1%

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 2 se muestra un gráfico de Pareto ubicando entre las 5 áreas de todo el proceso de fabricación, a centrifugado como el área con mayor cantidad de las mermas producidas en el año 2020.

Figura 2

Cantidad de Mermas de cada Área del Año 2020.



Nota: En la figura se ubica al área de centrifugado con el 78 % de mermas con respecto al total de todos los procesos, por el principio de Pareto, podemos concluir que, si solucionamos este problema que representa el 20% de las causas, habremos solucionado el 80 % del problema. por ende, se da por ubicado el área donde se concentrará la investigación.

Fuente: Elaboración propia

Las mermas en el área de centrifugado se encuentran registradas de manera codificadas según el defecto que presenten. En la siguiente tabla se puede distinguir que las mermas por rebaba y huella extraña tienen un mayor porcentaje, tomando como conclusión que estos son los que se tiene que resolver en el área de centrifugado.

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de los tipos de merma sobre el total del área de centrifugado.

Tabla 7

Análisis de Merma del Área de Centrifugado del Año 2020.

Total mermas de las 5 áreas de la empresa 2020 (unidades)	Total merma del área de centrifugado 2020 (unidades)	Merma de centrifugado sobre el total de las 5 áreas %	Descripción del tipo de merma	Código	Cantidad de merma segmentado según código	Porcentaje de cada tipo sobre el total de merma
609397	477223	78.31%	Rebaba	C1	287416	60.23%
			Huella (arañazos)	C2	184947	38.75%
			Hueco	C3	1800	0.38%
			Mal llenado	C4	2820	0.59%
			Deformidad	C5	240	0.05%
Total					477223	

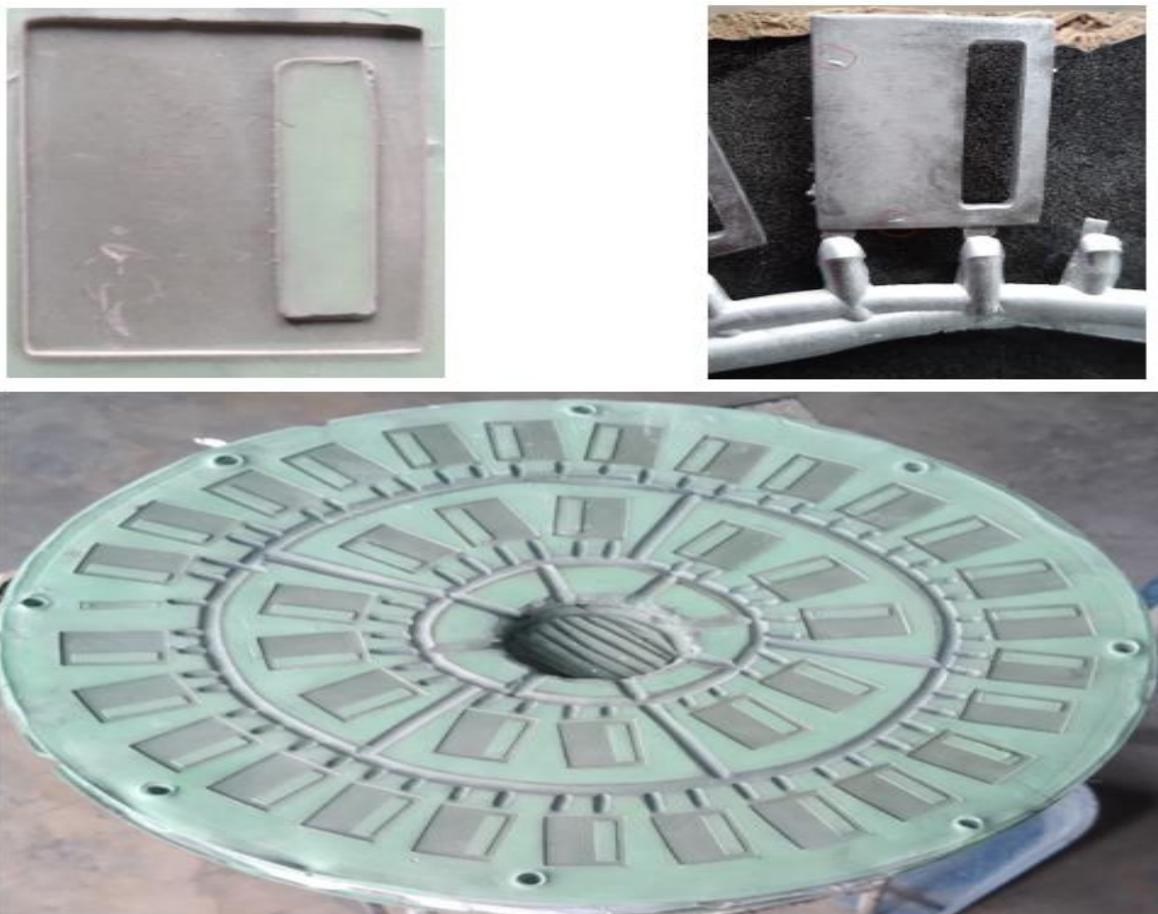
Fuente: Elaboración propia

EL segundo instrumento utilizado fue la observación: Al detectar que una de las causas más representativas de las mermas es huella extraña (arañazos) en las piezas, continuamos con el análisis y se procedió a ver en físico las piezas defectuosas, luego se revisó la causa que lo origina y se encontró que la cavidad del molde presenta el mismo defecto a causa del arañazo que sufrieron y como la pieza es copia de la cavidad del molde presenta el mismo defecto de arañazo.

en la figura 3 se muestra: la cavidad con el arañazo que sufrió en el proceso, la pieza de metal con el efecto producido y el molde completo de cavidades.

Figura 3

Imagen de la Huella de Arañazo en la Pieza de Producción.



Nota: En la primera imagen de la izquierda se puede observar la huella del arañazo en la cavidad, en la imagen de la pieza de metal se muestra cómo deja la huella, la imagen debajo se muestra el molde completo.

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la causa de ese problema en el área se utilizó la ficha de observación, que logró obtener información detallada de las operaciones de los maquinistas y del personal de la línea de mesa. En ambas secciones se pudo detectar que varios de esos procesos existen rozamiento entre la base y la tapa, en ese proceso podría haber residuos de metal que al hacer contacto con las cavidades procede a arañarlos ocasionando mayormente una línea en la cavidad de los moldes.

También se pudo observar que el arañazo no es ocasionado por descuido del personal, esto sucede por la aceleración del personal en su proceso de cumplir su programa del día, el cual conduce a la posibilidad de arañar la cavidad de los moldes, por la falta de un método de trabajo que pueda prevenir este problema.

En primera instancia se puede pensar que las personas deberían trabajar con más cuidado y delicadeza a los moldes para que las cavidades no sufran rozamientos con otros cuerpos y no ocasione arañazos, pero, Esto generaría la reducción de la productividad, el cual cambiaría el problema de arañazo en las cavidades por la reducción de la productividad y no encontraríamos una solución viable.

El tercer instrumento utilizado fue una guía de entrevista semi estructurada: esta fue utilizada para obtener información de la supervisora del proceso y el maquinista representante. Esta herramienta consta de 12 ítems. El resultado de la entrevista se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8

Resumen de entrevista a la supervisora de proceso del Área de Centrifugado Año 2020.

Dimensiones	Ítems	Acciones a evaluar	Respuestas
Identificación de personal nuevo como pasible responsable de los problemas	1	¿Cuántas horas de trabajo realizan?	Programado es 8 horas, pero hacemos 4 horas extras en promedio cada día.
	2	¿Todas las máquinas de su área presentan fallas?	Si, todas presentan fallas. Al inicio había máquinas nuevas, pero fallaron y no se pudo encontrar sus repuestos. Estas máquinas lo compraron seminuevas, desde ahí inició con fallas eso fue hace promedio 6 años.
	3	¿Qué problema se presenta en la producción a causa de las fallas?	Tenemos problemas de rebabas en las piezas, esto se debe a la falta de presión en la máquina.
	4	¿Tienen registrado el tiempo de la máquina parada y la cantidad de fallas?	Si, todo se registra y se entrega a digitación para que lo ingrese al sistema.
	5	¿Qué cantidad de producción realizan al día?	Tenemos un programa diario de 5680 unidades.
	6	¿Cumplen su programa en la hora indicada o cuantas horas realizan para cumplirla?	No se cumple, realizamos 4 horas de sobretiempo en cada turno para cumplirla.
	7	¿Cuántos tipos de mermas presentan en su área?	Existen 5 tipos, pero mayor porcentaje tienen las mermas de rebaba y arañazos
	8	¿La cantidad de mermas del área se debe solo a fallas en las máquinas?	Las mermas por rebaba se deben a las fallas de la máquina, pero hay otro tipo de mermas llamado arañazos que parece que es por errores de los trabajadores al ejecutar su proceso.
	9	¿El personal está capacitado en el método de trabajo que utilizan?	Si.
Maquinaria	10	¿La producción del personal experto también tiene mermas por arañazos?	Si, pero menor cantidad.
	11	¿Informan el porcentaje de merma de cada tipo?	Si, todos los tipos y cantidad de merma se envía a registrar en el sistema.
	12	¿conocen otro método de trabajo diferente al actual?	No, siempre se ha trabajado con este método. Pero solo tenemos altas mermas en dos tipos.

Fuente: Elaboración propia

En este instrumento se logra encontrar: que la falla de las máquinas se da desde que la empresa las compró seminuevas ya que directamente se mandó a instalar sin realizar una detección y corrección de las fallas potenciales que este podría presentar en la producción, que los operarios utilizan horas extras para terminar su trabajo programado, que existen 5 tipos de mermas de los cuales 2 son los que tienen mayor porcentaje, que las mermas por rebaba se debe a las fallas de las máquinas. Estos son los hallazgos más resaltantes que se encontró los cuales se analizarán con detalle al continuar con la investigación.

2.9. Aplicación del diagrama de análisis del proceso

Luego se procede a realizar un diagrama de análisis del proceso DAP para poder identificar más detalladamente la causa del problema. Ahí se identifica que la fase del proceso de selección es el cuello de botella.

Primero porque los trabajadores tienen que seleccionar las piezas buenas de los dos tipos de merma: rebaba y huella extraña (arañazo) en las piezas.

En la figura 4 se muestra una pieza con el problema de rebaba y otra sin ella.

Figura 4

Pieza de producción en metal del área de centrifugado.



Fuente: Elaboración propia

Con respecto a las mermas por rebaba se pueden quitar mediante una lima, lija o alicate. Esta huella se encuentra en la parte lateral y no genera dificultad al siguiente proceso.

Para quitar la rebaba de las piezas genera mucho tiempo al operario y cuando anteriormente consultamos a los representantes del proceso del área, nos dijeron que las máquinas están en mal estado y por lo tanto no pueden controlar los parámetros de trabajo y esto es lo que ocasiona rebaba en las piezas.

2.10. Análisis utilizando el Mapa de la Cadena de Valor VSM actual.

Seguidamente se procede a realizar un Mapa de la Cadena de Valor (VSM) del estado actual de la empresa, con la finalidad de que tengamos un mejor entendimiento de todos los procesos, tanto de los que agregan valor y de los que no lo hacen. En el VSM se pudo identificar que el tiempo de ciclo real del área de centrifugado es 15.21 segundos, este es mayor al Takt Time que tiene un valor de 10.14 segundos el cual fue calculado para 2 turnos de trabajo, pero en el proceso de producción por los problemas de mermas que tienen en el área de centrifugado utilizan 3 turnos para completar su programa de 5680 unidades, pero en algunas ocasiones aun así no llegan a completar su programa. Esto origina que el área se convierta en un cuello de botella.

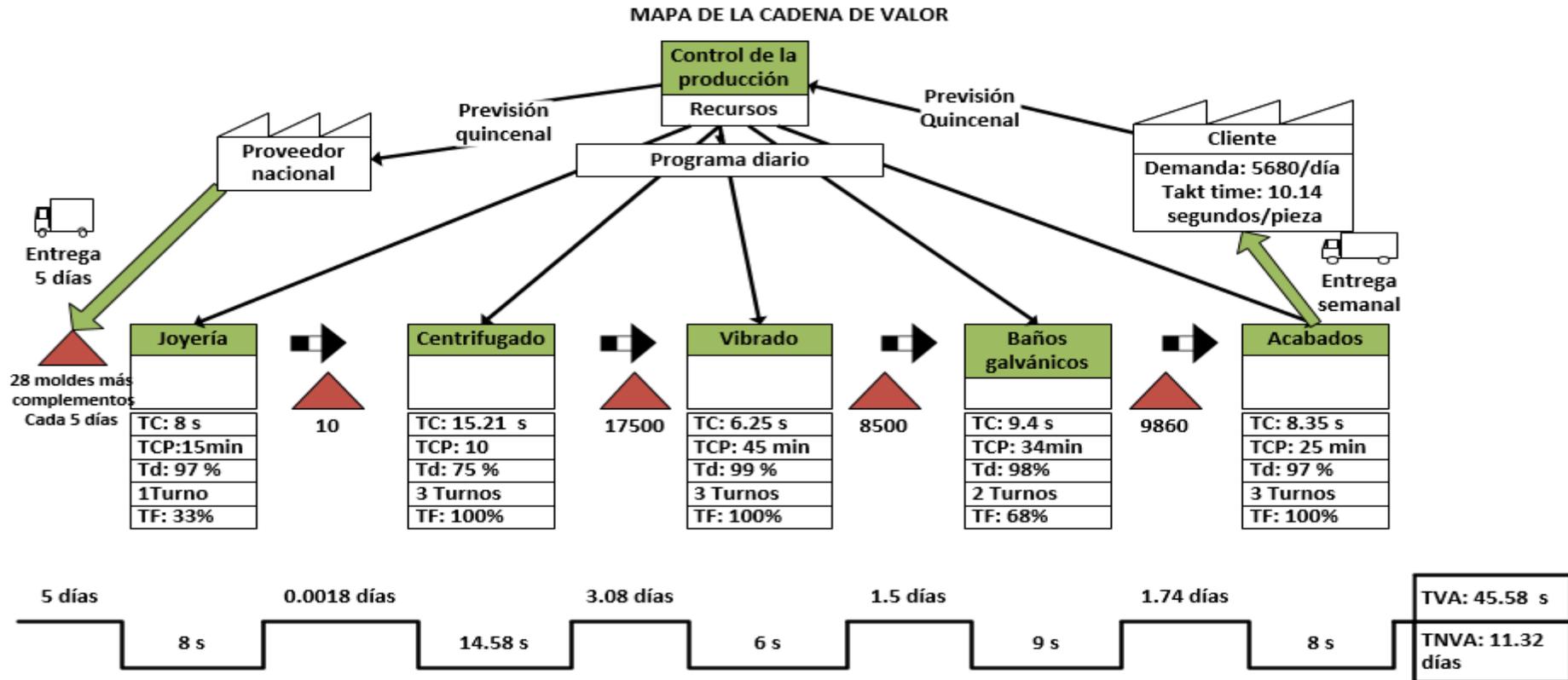
También es muy importante mencionar que el tiempo disponible de las máquinas es de 75% el cual, incrementarlo es uno de los objetivos de la presente investigación.

Otro indicador que podríamos mejorar es el lead time que actualmente está en 11.32 días.

En la figura 5 se muestra el VSM del estado actual.

Figura 5

Value Stream Mapping (VSM) del Estado Actual



Nota: Se muestra el VSM del estado actual donde podremos ver qué área está originando el cuello de botella.

Fuente: Elaboración propia

2.11. Aspectos éticos

En la presente investigación se solicitó los datos a fuentes internas de la empresa con previo permiso de los encargados, el instrumento de la observación utilizado tuvo una validación mediante el software estadístico SPSS V.25. asegurando la fiabilidad de la información recogida. Asimismo, al obtener la información se respetó el horario de almuerzo, y suplementos proporcionados por la empresa.

2.12. Aplicación de herramientas y métodos

Identificados las causas de los problemas del área de centrifugado, se informó a la gerencia de la empresa. El Gerente convocó a una reunión con la participación del personal de: supervisora y expertos del área del área de centrifugado, Técnicos del área de mantenimiento, jefe de producción y él.

En la reunión se elaboró un diagrama de Ishikawa registrando la lluvia de ideas aportadas por todos los integrantes para encontrar la solución del problema del área.

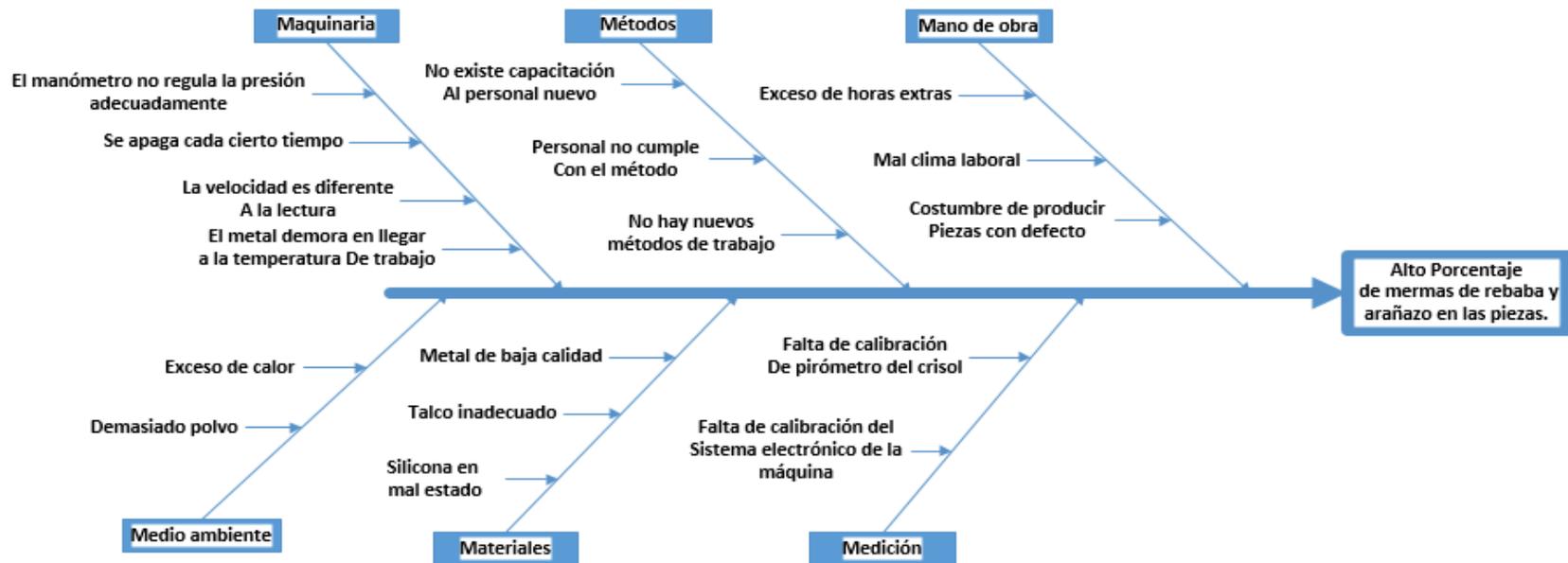
Seguidamente, se realizó una lista de todas las ideas junto a una valoración según el criterio de los participantes, con la finalidad de seleccionar la idea viable que pueda solucionar el problema.

En la figura 6 se muestra el diagrama de Ishikawa donde podremos identificar las causas que originan el problema.

Figura 6

Diagrama de Ishikawa

DIAGRAMA CAUSA-EFECTO DEL ÁREA DE CENTRIFUGADO



Nota: en este diagrama se muestra la lluvia de ideas propuestas por los integrantes de la reunión en busca de la solución del problema alto porcentaje de merma.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9

Valoración de Propuestas del Diagrama de Ishikawa.

Dimensiones	Causas	Criterios de evaluación de la causa						Total
		A	B	C	D	E	F	
Maquinaria	El manómetro a veces no regula la presión.	3	3	2	3	3	3	17
	Se apaga la máquina cada cierto tiempo.	1	2	1	2	1	1	8
	La velocidad es diferente a la lectura.	3	3	3	2	2	3	16
	El metal demora en llegar la temperatura de trabajo.	1	1	1	1	1	2	7
Método	No existe capacitación al personal nuevo.	1	1	2	1	1	1	7
	Personal no cumple con el método.	1	1	1	2	1	1	7
	Falta de nuevos métodos de trabajo.	3	3	3	3	2	3	17
M. de obra	Exceso de horas extras.	2	1	1	1	2	1	8
	Mal clima laboral.	1	1	2	1	1	2	8
	Costumbre de producir piezas con defecto.	1	1	1	2	1	1	7
M. ambiente	Demasiado polvo	2	1	1	1	2	1	8
	Exceso de calor	1	1	1	2	1	1	7
Materiales	Silicona en mal estado	1	2	1	2	1	1	8
	Talco inadecuado	2	1	1	2	1	1	8
	Metal de baja calidad	2	1	2	1	2	1	9
Medición	Falta de calibración del sistema electrónico de la máquina	1	1	1	2	1	1	7
	Falta de calibración del pirómetro del crisol	1	2	1	1	2	1	8

Fuente: Elaboración propia

Donde:

A= Es factor determinante que genera el problema.

B= Es una causa directa del problema.

C= Es una solución.

D= Es factible implementar la solución.

E= Es medible

F= Tiene bajo costo.

Tabla 10

Escala de Calificación en la Valoración de Propuestas.

Escala	valoración
1	En desacuerdo
2	De acuerdo
3	Totalmente de acuerdo

Fuente: Elaboración propia

2.12.1. Aplicación de los 5 Porque

Luego de la valoración encontramos 3 de las causas con mayor puntuación.

En la dimensión maquinaria, la primera causa posible es: el manómetro en ocasiones no regula la presión. La segunda causa: La velocidad es diferente a la lectura.

En la dimensión Métodos, la posible causa es falta de nuevos métodos de trabajo.

Tabla 11

¿Por qué? de los Problemas en Centrifugado

Ítems ¿Porqué?	Maquinaria	Método
	El manómetro a veces no regula la presión.	Falta de nuevos métodos de trabajo.
1	Tiene desgaste	No se conoce nuevos métodos.
2	El técnico no encontró la falla.	Falta innovación de nuevos métodos de trabajo.
3	Porque no le permitieron terminar su trabajo.	No dieron el tiempo necesario para detectar la causa de la falla.
4	Porque estaban atrasado con su producción.	Porque están atrasado en su producción
5	La máquina presenta problemas.	porque la máquina no trabaja de manera eficiente.

Fuente: Elaboración propia

Luego de la metodología de los 5 porque, podemos notar que:

- respecto a la dimensión maquinaria: las máquinas de centrifugado presentan fallas y no pueden ser reparados porque el personal de centrifugado está atrasado constantemente, ellos indican que prefieren trabajar con este nivel de disponibilidad porque el área de mantenimiento no da solución a las fallas de las máquinas. El área de mantenimiento indica que las máquinas de centrifugado pueden quedar operativas, pero se van a tomar 3 días en promedio para realizarlo, porque tienen que primero identificar todas las fallas potenciales que presentan y luego tendrán que hacer un plan de mantenimiento para conservar el mismo nivel de funcionamiento.
- Con respecto a la dimensión método: Concluimos que falta innovación de nuevos métodos de trabajo.

En la reunión pedimos opinión de los integrantes para resolver lo mencionado, y se resolvió por acuerdo aplicar la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM para resolver el problema de rebaba en las piezas producido por fallas en las maquinarias Y utilizar la metodología Poka Yoke para resolver el problema de Arañazos en las piezas, producido por deficiencia del método de trabajo que utilizan los operarios en las actividades de los procesos.

2.12.2. Implementación de la metodología RCM.

Con respecto a la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM, esta nos indica que primero tenemos que analizar las fallas potenciales que puedan tener las máquinas del área de centrifugado, ya vimos que son de vital importancia porque sin ello el área no podrá producir piezas. Para iniciar la metodología RCM nos pide que apliquemos 7 preguntas básicas del RCM.

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?

Su función es convertir el metal líquido en piezas sólidas, el cual adquiere una forma según la cavidad del molde. Estas pueden ser: hebillas para calzado, cartera, correa, adorno para calzado, cartera.

Los parámetros de funcionamiento estándar son:

- controlar la temperatura del metal.
- generar aire comprimido para alimentar al pistón de la máquina.
- hacer girar a los platos internos a una velocidad estándar.
- Dar presión al molde de tal manera que quede sellado el molde al girar y solo tenga un agujero en la parte central por donde ingresará el metal líquido.

- controlar el tiempo de solidificación del metal líquido de tal manera que las piezas queden bien sólidas.

2. ¿De qué manera falla el equipo en satisfacer sus funciones?

La presión no controla y las piezas que salen del molde presentan rebaba por este problema.

La velocidad no es la que indica en el lector porque hay momentos que indica un valor sin embargo se ve que gira más lento y más rápido sin que el maquinista modifique nada.

3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?

- El manómetro presenta fallas internas.
- El pistón tiene desgaste y no impulsa con la fuerza necesaria para que ejerza la presión adecuada sobre el molde.
- El tacómetro tiene problemas de fallas en los circuitos electrónicos de la placa interna.
- El motor tiene problemas en los rodamientos.

4. ¿Qué sucede cuando presenta una falla el equipo?

- El molde no se comprime de manera adecuada entre la base y la tapa.
- Los platos de la máquina hacen girar al molde en diferentes velocidades.

5. ¿Qué sucede si el equipo falla?

La huella de separación entre base y tapa queda marcada con una línea gruesa o una lámina de metal llamado rebaba que tendrá que ser quitado posteriormente.

6. ¿Qué se puede hacerse para lograr prevenir la falla?

- Con respecto al tacómetro mandarlo a una empresa especializada en su reparación.
- Con respecto al manómetro remplazarlo porque tiene bajo costo.

- Con respecto al pistón enviarlo a una empresa especializada para su reparación.

7. ¿Qué sucede si no prevenimos la falla?

- La producción continuará con problemas de rebaba.
- las personas de selección continuarán tomándose más tiempo en realizar su trabajo por quitarlos.
- Los problemas de incumplimiento de entregas continuarán.

A continuación, se presenta un resumen del reporte de las fallas presentadas en el área de centrifugado del año 2020 donde se encuentra el tiempo disponible laborado, la cantidad de fallas en ese periodo y el tiempo que se tomó en la reparación de las máquinas de centrifugado.

Tabla 12

Resumen de Reporte de Fallas de las Máquinas del Área de Centrifugado Año 2020.

Reporte de fallas del área de centrifugado				
Meses	Descripción	Máquina Compresora	Crisol	Máquina centrífuga
Enero	Horas disponibles	576	576	576
	# de fallas	2	6	90
	Horas en reparación	24	32	172
Febrero	Horas disponibles	576	576	576
	# de fallas	6	4	52
	Horas en reparación	16	16	172
Marzo	Horas disponibles	576	576	576
	# de fallas	2	16	76
	Horas en reparación	10	64	138
Abril	Horas disponibles	576	576	576
	# de fallas	4	6	96
	Horas en reparación	14	24	172
Mayo	Horas disponibles	576	576	576
	# de fallas	12	6	56
	Horas en reparación	32	90	136
Junio	Horas disponibles	576	576	576
	# de fallas	10	8	52
	Horas en reparación	32	44	92
Julio	Horas disponibles	576	576	576
	# de fallas	6	8	68
	Horas en reparación	16	46	168
Agosto	Horas disponibles	576	576	576
	# de fallas	10	4	84
	Horas en reparación	16	16	156
Setiembre	Horas disponibles	576	576	576
	# de fallas	6	8	96
	Horas en reparación	16	12	176
Octubre	Horas disponibles	576	576	576
	# de fallas	6	6	64
	Horas en reparación	24	18	124
Noviembre	Horas disponibles	576	576	576
	# de fallas	4	4	52
	Horas en reparación	16	14	118
Diciembre	Horas disponibles	576	576	576
	# de fallas	10	12	50
	Horas en reparación	44	36	92

Fuente: Elaboración propia

Tabla13

Resumen de Reportes de Fallas de las Máquinas del Área de Centrifugado del Año 2020

Descripción	reporte de fallas del año 2020		
	Máquina compresora	Crisol	Máquina centrífuga
Total Horas disponibles	6912	6912	6912
# de fallas	78	88	836
Horas en reparación	260	412	1716

Fuente: Elaboración propia

A continuación, procedemos a realizar los cálculos de los indicadores actuales (año 2020) para ello inicialmente mostramos las fórmulas utilizadas en mantenimiento y luego empezamos a resolver los indicadores de cada máquina de centrifugado.

MTBF= Tiempo promedio entre fallas Ecuación 1

$$\frac{\text{Horas total disponibles} - \text{horas de reparación}}{\text{Numero de fallas}}$$

MTTR= La rapidez con la que se repara la máquina Ecuación 2

$$\frac{\text{Tiempo total en reparaciones}}{\text{Número de fallas}}$$

Disponibilidad= Porcentaje del tiempo en que la máquina no falla y es utilizado operativamente por la producción.

$$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Indicadores de la Máquina compresora:

Calculando el MTBF

$$MTBF = \frac{6912 - 260}{78}$$

$$MTBF = 85.3 \text{ horas}$$

Entre cada falla la máquina tuvo un promedio de 85.3 horas de producción.

Calculando el MTTR

$$MTTR = \frac{260}{78}$$

$$MTTR = 3.33 \text{ horas}$$

El técnico de mantenimiento se ha demorado un promedio de 3.33 horas en reparar cada falla.

Calculando la disponibilidad “Ecuación 3”

Disponibilidad de la máquina compresora

$$\text{Disponibilidad} = \frac{85.3}{85.3 + 3.33}$$

$$\text{Disponibilidad} = 96 \%$$

La máquina solo trabajó el 96 % del tiempo total disponible programado para la producción.

indicadores del crisol de centrifugado

Calculando el MTBF

$$MTBF = \frac{6912 - 412}{88}$$

$$MTBF = 73.86 \text{ horas}$$

Entre cada falla la máquina tuvo un promedio de 73.86 horas de producción.

Calculando el MTTR

$$MTTR = \frac{412}{88}$$

$$MTTR = 4.68 \text{ horas}$$

El técnico de mantenimiento se ha demorado un promedio de 4.68 horas en reparar cada falla.

Calculando la disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{73.86}{73.86 + 4.68}$$

$$\text{Disponibilidad} = 94\%$$

La máquina solo trabajó el 94% del tiempo total disponible programado para la producción.

Indicadores de la máquina centrífuga del área de centrifugado

Calculando el MTBF

$$MTBF = \frac{6912 - 1716}{836}$$

$$MTBF = 6.21 \text{ horas}$$

Entre cada falla la máquina tuvo un promedio de 6.21 horas de producción.

Calculando el MTTR

$$MTTR = \frac{1716}{836}$$

$$MTTR = 2.05$$

El técnico de mantenimiento se ha demorado un promedio de 2.05 horas en reparar cada falla.

Calculando la disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{6.21}{6.21 + 2.05}$$

$$\text{Disponibilidad} = 75\%$$

La máquina solo trabajó el 75 % del tiempo total disponible programado para la producción.

Luego de encontrar el nivel de los indicadores actuales de las tres máquinas del área de centrifugado, procedemos a identificar la función que cumplen los equipos.

Tabla 14

Equipos del Área de Centrifugado.

Equipos	Función
Compresora	Alimentar de aire comprimido a la máquina centrífuga.
Crisol	Alimentar de metal líquido a la máquina centrífuga.
Máquina centrífuga	Producir piezas de producción de manera eficiente.

Fuente: elaboración propia

Seguidamente detallamos los sistemas, subsistemas, función falla funcional, modo o causa de la falla de los equipos del área de centrifugado.

Tabla 15

Sistema y Subsistema de la Compresora.

Equipo	Sistema	Subsistema	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa de la falla)
	Eléctrico	Tablero de control	Controlar en encendido automático	No enciende la compresora	Llave térmica o contactor con falla
Compresor	Mecánico	Sistema de control del aire	Lubricar, conducir el aire	El compresor se apaga por falta de aceite.	Sobrecalentamiento del motor
	Neumático	Sistema anti retorno	Absorber, comprimir y expulsar el aire	No comprime y no se llena el depósito de aire.	Desgaste de los pistones.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Sistema y Sistema del Crisol.

Equipo	Sistema	Subsistema	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa de la falla)
Crisol	Eléctrico	Tablero de control	Controla la temperatura del metal	No calienta el metal, no controla la temperatura	Termocupla en mal estado
	Mecánico	control de ingreso de gas	Controla el ingreso de gas	No controla el ingreso, la temperatura nunca deja de subir	Válvula solenoide en mal estado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17

Sistema y Subsistema de la Máquina Centrífuga.

Equipo	Sistema	Subsistema	Función	Falla funcional	Modo de falla (causa de la falla)
Máquina centrífuga	Eléctrico	Tablero de control	Controla el circuito eléctrico a todos los componentes	No enciende, no controla la velocidad	Falla en la llave térmica. Falla en el controlador de la velocidad
		Sistema de Transmisión	Permite la conexión del motor con los componentes	No giran los platos	Engranajes, polea, sujetadores en mal estado.
	Neumática	control de la presión	Presionar el molde intentando unir la base con la tapa	El molde no es presionado o lo es parcialmente	Compresora, pistón, válvulas en mal estado

Fuente: Elaboración propia

Luego de responder las 7 preguntas básicas de RCM, conocer los equipos del área de centrifugado y de ellos, sus sistemas, subsistemas, función, la falla funcional que presentan, modo o causa de falla de las máquinas de centrifugado y luego de hacer un análisis, los técnicos especialistas de mantenimiento procedieron a realizar una correctivo general de las tres máquinas, para el cual se tomaron 3 días, 1 domingo para cada máquina, con la finalidad de no reducir o perjudicar las horas laborales de la producción del área de centrifugado.

2.12.2.1. Plan de mantenimiento

Luego del mantenimiento correctivo general de las tres máquinas de centrifugado, estas quedaron 100% operativas, a continuación de ello se construyó un plan de mantenimiento con la finalidad de inspeccionar el buen funcionamiento de estas en producción.

En la tabla 32 se muestra el plan de mantenimiento preventivo donde se detalla la definición de las tareas, el intervalo de horas a realizar, el responsable a realizar la actividad.

2.12.3. Implementación de la metodología Poka Yoke

La metodología Poka Yoke está enfocada a eliminar errores producidas por los operarios, también tiene la característica de ser económico.

Esta metodología tendrá como objetivo resolver el problema de arañazo en las piezas producidas por el área de centrifugado. Como mencionamos, este problema en los moldes es originado por el método de trabajo actual, que no está previsto para trabajar con la misma velocidad para piezas lisas, que por la rapidez que se requiere para ser productivo las personas cometen errores en sus procesos y los moldes terminan arañándose, produciendo como consecuencia piezas con huella de arañazos.

En la reunión se acordó aplicar la metodología Poka Yoke mediante el nuevo método de colocación de las billas (guías) en los moldes. este material cumple la función de sujetador y guía para la alineación entre base y tapa. Tiene forma de semicírculo, el material es de hoja lata y tiene el color del acero

2.12.3.1. Método antes de la implementación de Poka Yoke

la billa es colocada en la parte interna de la base del molde, este es el proceso tradicional de fabricación del molde donde la billa solo cumple dos funciones: sujetador y guía en la unión entre la base y tapa del molde.

En la figura 7 se muestra un molde elaborado de la manera tradicional donde la billa solo tiene dos funciones: sujetador y guía, esto aplicado en la unión de base y tapa.

Figura 7

Molde antes de Poka Yoke



Nota: Las billas son los que tienen forma de semicírculos de color acero. Cumplen 2 funciones: sujetador y guía.

Fuente: Elaboración propia

2.12.3.2. Método después de la implementación de Poka Yoke

la billa es colocada en la parte interna de la tapa del molde, este es el nuevo método de fabricación del molde en donde la billa cumple tres funciones: sujetador, guía, protector. entre la base y tapa del molde sirve para las 2 primeras mencionadas, la tercera función servirá al momento de manipulación ejecutado por los trabajadores maquinistas y personal de mesa en el área de centrifugado.

Figura 8

Molde con implementación Poka Yoke.



Nota: Las billas se encuentran en la tapa, cumplen 3 funciones: sujetador, guía, protector.

Fuente: Elaboración propia

2.12.3.3. Función Poka Yoke en el nuevo método

Las billas, por quedar en alto relieve cumplirá una tercera función, de bloqueador contra otros cuerpos. obstruirá a cualquier cuerpo que se acerque a las cavidades, logrando que esta no se arañe por más que el personal trabaje de manera veloz por la exigencia para llegar a la productividad requerida. no será necesario que el personal tenga cuidado especial en el trato de los moldes por lo tanto la productividad se mantendrá en esta fase, pero en la fase de selección se incrementará, por la eliminación de los problemas de arañazos en las cavidades de los moldes.

CAPITULO III RESULTADOS

Luego de implementar la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y la metodología Poka Yoke se inició un nuevo registro tanto de las fallas de las máquinas como de las mermas, esto más adelante nos indicará si realmente existe o no mejora en el área de centrifugado de la empresa Grupo Dismetel SAC.

En la siguiente tabla se muestra las mermas del área de centrifugado durante los 5 primeros meses después de aplicar las metodologías.

Tabla 18

Resumen del Reporte de Mermas de los 5 Primeros Meses del Año 2021.

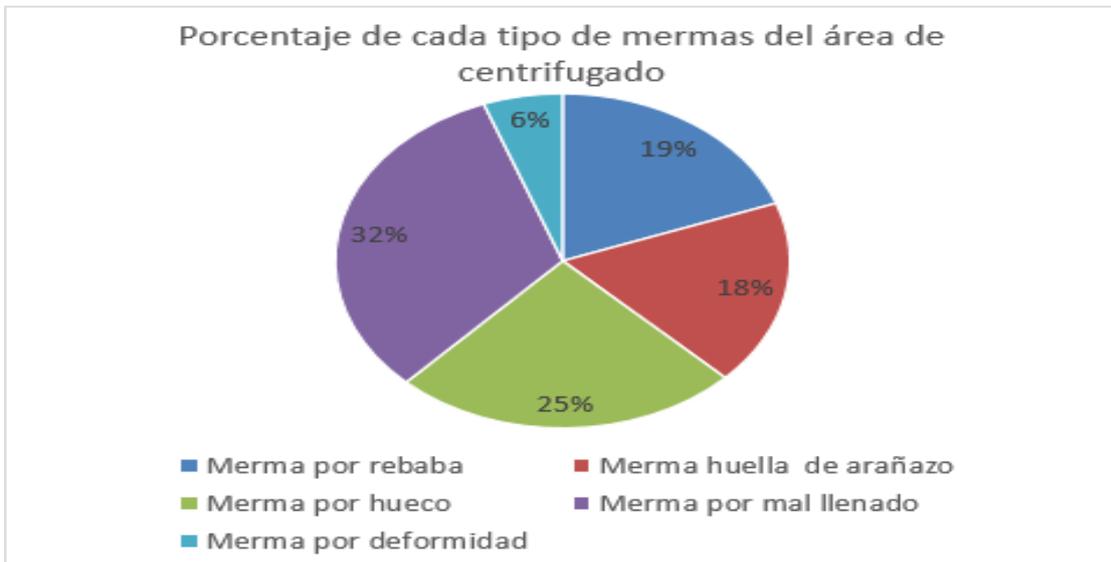
Resumen del reporte de mermas del área de centrifugado año 2021						
Total piezas buenas 2021 (unidades)	Total piezas mermas del 2021 (unidades)	% de merma sobre el total de producción	Descripción del tipo de merma	Código según tipo de merma	Cantidad de merma segmentado según código	Porcentaje de cada tipo sobre el total de merma
			Rebaba	C1	568	19%
			Huella arañazo	C2	524	18%
680970	2927	0.43%	Hueco	C3	725	25%
			Mal llenado	C4	945	32%
			Deformidad	C5	165	6%
Total					2927	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 9 podemos observar con mayor claridad la cantidad de mermas del área de centrifugado según el porcentaje de cada tipo donde verificamos la reducción de las mermas por rebabas y arañazos.

Figura 9

Porcentaje de Mermas del Año 2021 en el Área de Centrifugado.



Fuente: Elaboración propia

Luego procedemos a realizar un cuadro comparativo del total de mermas del año 2020 con el total de los 5 meses del año 2021, Donde no consideramos las mermas de las áreas restantes.

Tabla 19

Comparativo de Producción y Mermas del Área de Centrifugado del Año 2020-2021.

Producción del área de centrifugado y comparativo de mermas					
Producción total 2020	Mermas en el área de centrifugado 2020 (antes de la mejora)	% del total 2020	Producción total 2021 (5 meses)	Mermas en el área de centrifugado 2021 (después de la mejora)	% del total 2021
2101969	477223	22.7%	683897	2927	0.43%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla mostrada podemos identificar que las mermas se han reducido de 477223 a 2927 unidades, podemos mencionar, que en consideración a la producción antes que se

realice la mejora, fue de 12 meses y después de la mejora es de 5, aun así, se puede distinguir con claridad la gran reducción de unidades mermadas.

En esta tabla podemos identificar con claridad que la merma en el área de centrifugado ha reducido notablemente de 22.7 % a 0.43%, después de aplicar las metodologías RCM y Poka Yoke.

3.1. Respecto a la dimensión de la metodología RCM

Resultados de objetivos específicos

Objetivo específico 1:

Determinar de qué manera la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) reduce las mermas por rebaba del área de centrifugado.

La metodología RCM nos condujo a identificar todas las fallas potenciales de la máquina, identificar la causa que las origina, para que posteriormente el personal realice un mantenimiento correctivo. Después de realizarlo, siguiendo los pasos que nos indica la metodología, se procedió a realizar el plan de mantenimiento para mantener operativa a las máquinas y no presenten paradas en producción. Posterior a ello estos equipos ingresaron a producción iniciando con el 100% de operatividad y al primer mes con solo 4 fallas y 2 horas de intervención del técnico de mantenimiento. Este correcto funcionamiento de las máquinas influyó directamente en la producción. Al trabajar la máquina correctamente, con el prensado y la velocidad de rotación correcta, dan como resultado que las piezas salgan del molde sin rebaba (ver figura 4). Es por ello que las mermas por rebaba se han reducido tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 20

Comparativo de Mermas por Rebaba del Área de Centrifugado.

Comparativo de mermas de los años 2020-2021 del área de centrifugado			
Tipo de merma: Rebaba			
Antes de la mejora 2020		Después de la mejora 2021 (5 meses)	
Cantidad (unidades)	% del total de mermas	Cantidad (unidades)	% del total de mermas
287416	60%	568	19%

Fuente: Elaboración propia

En valores de porcentajes identificamos que tuvo una reducción de 60% a 19%. se menciona que la reducción mostrada del año 2020 es de 12 meses, pero la del año 2021 es de 5, la diferencia de meses no influye en la gran reducción de 287416 a 568 unidades, Esta gran reducción se realizó mediante el uso de la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM. Con lo mostrado, se da por logrado el objetivo 1.

Continuando con la identificación del logro de los objetivos de la presente investigación, podemos decir que luego de la implementación de la metodología RCM, se procede a realizar una nueva medición de los indicadores de mantenimiento. para comprobar la mejora, se procedió a realizar los indicadores de mantenimiento, los cuales comprobarán si realmente existe mejora con respecto a disponibilidad de las máquinas de la empresa Grupo Dismetel SAC.

La siguiente tabla muestra el reporte de fallas después de la implementación de la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), donde se observan 5 meses de trabajo después de la aplicación.

Tabla 21

Reporte de fallas de Máquinas del Área de Centrifugado 5 Meses.

Reporte de fallas del área de centrifugado del año 2021				
Meses	Descripción	Máquina		Máquina
		Compresora	Crisol	centrífuga
Enero	tiempo disponible	384	384	384
	# de fallas	0	0	4
	Horas en reparación	0	0	2
Febrero	tiempo disponible	384	384	384
	# de fallas	2	2	16
	Horas en reparación	1	6	6
Marzo	tiempo disponible	384	384	384
	# de fallas	4	8	18
	Horas en reparación	4	6	16
Abril	tiempo disponible	384	384	384
	# de fallas	4	2	16
	Horas en reparación	2	2	4
Mayo	tiempo disponible	384	384	384
	# de fallas	4	6	18
	Horas en reparación	2	2	6

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla, realizamos un resumen de estos 5 primeros meses con la finalidad de utilizar los valores en las fórmulas de los indicadores de mantenimiento.

Tabla 22

Resumen del Reporte de Fallas del Área de Centrifugado del Año 2021.

Resumen de reporte de fallas del área de centrifugado del año 2021			
Descripción	Máquina compresora	Crisol	Máquina centrífuga
Total Horas disponibles	1920	1920	1920
# de fallas	14	18	72
Horas en reparación	9	16	34

Fuente: Elaboración propia

Luego de tener el resumen del reporte de fallas de los 5 primeros meses del año 2021, podemos distinguir, que si comparamos los 5 primeros meses del año 2020 (tabla 11) con los 5 primeros meses del año 2021 (tabla 18), podemos notar que en el 2021 se ha reducido notablemente las fallas de las máquinas del área de centrifugado, para confirmar lo mencionado y tener una respuesta cuantitativa de la mejora, procedemos a utilizar estos datos para poder calcular los indicadores de mantenimiento los cuales nos confirmarán si realmente existió mejora en las máquinas de centrifugado.

Para ello primero identificamos las fórmulas a utilizar:

MTBF= Tiempo promedio entre fallas

$$\frac{\text{Horas total disponibles} - \text{horas de reparación}}{\text{Numero de fallas}}$$

MTTR= La rapidez con la que se repara la máquina

$$\frac{\text{Tiempo total en reparaciones}}{\text{Número de fallas}}$$

Disponibilidad= Porcentaje del tiempo en que la máquina no falla y es utilizado operativamente por la producción.

$$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Luego de conocer las fórmulas procedemos a utilizarlos para calcular los indicadores de Las máquinas del área centrifugado después de aplicar la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM.

Calculamos los indicadores de la máquina compresora:

Calculando el MTBF:

$$MTBF = \frac{1920 - 9}{14}$$

$$MTBF = 136.5$$

Entre cada falla la máquina tuvo un promedio de 136.5 horas de producción.

Calculando el MTTR:

$$MTTR = \frac{9}{14}$$

$$MTTR = 0.64$$

El técnico de mantenimiento se ha demorado un promedio de 0.64 horas en reparar cada falla.

Calculando la Disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{136.5}{136.5 + 0.64}$$

$$\text{Disponibilidad} = 99 \%$$

La máquina trabajó el 99% del tiempo total disponible programado para la producción.

Calculando los indicadores del equipo crisol:

Calculando del MTBF:

$$\text{MTBF} = \frac{1920 - 16}{18}$$

$$\text{MTBF} = 105.8$$

Entre cada falla la máquina tuvo un promedio de 105.7 horas de producción.

Calculando el MTTR: $\text{MTTR} = \frac{16}{18}$

$$\text{MTTR} = 0.89$$

El técnico de mantenimiento se ha demorado un promedio de 0.88 horas en reparar cada falla.

Calculando la disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{105.8}{105.8 + 0.89}$$

$$\text{Disponibilidad} = 99 \%$$

La máquina trabajó el 99 % del tiempo total disponible programado para la producción.

Calculando los indicadores de la máquina centrífuga:

Calculando el MTBF:

$$MTBF = \frac{1920 - 34}{72}$$

$$MTBF = 26.19$$

Entre cada falla la máquina tuvo un promedio de 26.19 horas de producción.

Calculando el MTTR:

$$MTTR = \frac{34}{72}$$

$$MTTR = 0.47$$

El técnico de mantenimiento se ha demorado un promedio de 0.47 horas en reparar cada falla.

Calculando la disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{26.19}{26.19 + 0.47}$$

$$\text{Disponibilidad} = 98 \%$$

La máquina trabajó el 98% del tiempo total disponible programado para la producción.

Ahora realizamos un comparativo de las fallas del año 2020 y 2021 con la finalidad de observar con mayor claridad la mejora.

Tabla 23

Comparativo de los Resultados de Indicadores de Mantenimiento de las Máquinas del Área de Centrifugado del Año 2020 – 2021.

Fuente: Elaboración propia

Comparativo de resultado de indicadores de mantenimiento de máquinas del área de centrifugado					
Equipo	indicador	(2020) Resultado	(2021) Resultado	(diferencia)	Mejora Interpretación de la mejora
Maquina compresora	MTBF	85.3	136.5	51.2	Se incrementó 51.2 de horas en producción sin fallar
	MTTR	3.3	0.6	2.7	se ha reducido 2.7 horas en el tiempo de reparación de la máquina
	Disponibilidad	96.2	99.5	3.3	Actualmente la máquina produce 3.3% más del tiempo disponible.
Máquina crisol	MTBF	73.9	105.8	31.9	Se incrementó el tiempo 31.9 de horas en producción sin fallar
	MTTR	4.7	0.9	3.8	se ha reducido 3.8 horas en el tiempo de reparación de la máquina
	Disponibilidad	94.0	99.2	5.2	Actualmente la máquina produce 5.2% más del tiempo disponible.
Máquina centrífuga	MTBF	6.2	26.2	20.0	Se incrementó 20 de horas en producción sin fallar
	MTTR	2.1	0.5	1.6	se ha reducido a 1.6 horas en el tiempo de reparación de la máquina
	Disponibilidad	75.2	98.2	23.0	Actualmente la máquina produce 23% más del tiempo disponible programado.

Objetivo específico 2:

Determinar de qué manera la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM incrementa la disponibilidad de los equipos del área de centrifugado.

Este objetivo se logró luego de implementar la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM, realizar el plan de mantenimiento para controlar que los equipos sigan teniendo buen funcionamiento en la producción, y realizar los indicadores de mantenimiento con su respectiva interpretación para verificar si realmente tienen buen funcionamiento las máquinas. Ahora podemos decir que se ha cumplido el objetivo, mediante la siguiente tabla de comparación del antes y después de la mejora podemos observar con mayor claridad el incremento de la disponibilidad.

Tabla 24

Comparativo de Indicadores de Disponibilidad del Área de Centrifugado.

Indicadores de disponibilidad de las máquinas del área de centrifugado				
Equipo	Indicador	Año 2020	Año 2021	Mejora (diferencia)
		(antes de la mejora) Resultado	(después de la mejora) Resultado	
Máquina compresora	Disponibilidad	96.2%	99.5%	3.3%
Máquina crisol	Disponibilidad	94.0%	99.2%	5.2%
Máquina centrífuga	Disponibilidad	75.2%	98.2%	23.0%

Fuente: Elaboración propia

De esta tabla podemos observar que los equipos del área de centrifugado: máquina compresora, máquina crisol y la máquina centrífuga tuvieron incremento de 3.3%, 5.2%

y 23% respectivamente. Este último antes de la mejora tuvo bajo nivel de disponibilidad a comparación del resto y después de la mejora prácticamente se ha nivelado a la misma disponibilidad de las otras máquinas. Con este resultado se alcanzó a lograr el objetivo 2 de la presente investigación.

3.2. Respecto a la metodología Poka Yoke

La aplicación de la metodología Poka Yoke consistió en el cambio de método de colocación de las billas (guías) de la base a la tapa por cumplir una tercera función de protector a las cavidades ante otros cuerpos que podrían arañarlos.

Objetivo específico 3:

Determinar de qué manera la metodología Poka Yoke reduce las mermas producidas por arañazos.

Para lograr este objetivo tuvimos que revisar el reporte de mermas (ver tabla 19) desde la fecha que se utilizó en producción los moldes realizados con el sistema Poka Yoke.

En la siguiente tabla se muestra un comparativo del año 2020 con el año 2021 para poder entender con mayor claridad la reducción de las mermas.

Tabla 25

Comparativo de Mermas por Arañazo del Área de Centrifugado del Año 2020 - 2021.

Comparativo de mermas de los años 2020-2021 del área de centrifugado			
Tipo de merma: Huella de arañazo			
Antes de la mejora 2020		Después de la mejora 2021 (5 meses)	
Cantidad (unidades)	% del total de Mermas	Cantidad (unidades)	% del total de mermas
184947	38.75%	524	18%

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla podemos observar la reducción de mermas por arañazo de 39% a 18% con respecto al total de todos los tipos de mermas del área de centrifugado. por arañazo. Con respecto a la cantidad mostrada en unidades, la reducción fue de 184947 a 524, esta es una reducción muy significativa. Con lo mencionado, mostramos el logro del objetivo 3 propuesto en la presente investigación.

Objetivo específico 4:

Determinar de qué manera las metodologías Poka Yoke Y Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM, reducen el tiempo de ciclo en el área de centrifugado.

Este objetivo se logró identificar utilizando un DAP con la finalidad de verificar si hubo mejoras en los procesos. Se encontró mejoras en distintas fases, tanto en la sección de los maquinistas, mesa de trabajo y operarios de selección, esto es por la conexión que tiene el molde sobre estas fases.

En la siguiente tabla se muestra las mejoras logradas en las fases señaladas según los tiempos tomados y registrados en el DAP del área de centrifugado, los tiempos mencionados están considerados a 1 pieza de producción.

Tabla 26

Identificación de las Mejoras Obtenidas en el Área de Centrifugado.

Fuente: Elaboración propia

Fase del proceso	Tipo de operación	Mejora	Operaciones mejoradas en proceso de centrifugado (tiempos de 1 pieza)		Utilidad (segundos)	% utilidad (segundos)
			valor antes (segundos)	valor después (segundos)		
revisión del tipo de modelo del molde.	Combinada 	Eliminación de la fase.	0.5	0	0.5	100.00%
graduar parámetro de trabajo.	Operación 	Reducción del tiempo.	0.545	0.227	0.318	58.35%
separar las piezas de producción de los residuos de metal.	Operación 	Reducción del tiempo.	1.455	0.682	0.773	53.13%
inspeccionar piezas y quitar residuos.	Combinada 	Reducción del tiempo.	8.152	3.839	4.313	52.91%
Total			10.652	4.748	5.904	55.43%

Con esta tabla se identifica el valor del tiempo de producción del área de centrifugado reducido en 55.43% menos del total de segundos utilizados en la producción de cada pieza. Esta mejora se debe a prácticamente la eliminación de las mermas por rebaba y arañazos en toda la producción, el cual la cantidad realizada promedio es de 5680 piezas al día, esto quiere decir que los operarios no tendrán que: quitar las rebabas que tenían las

piezas a causa de las fallas de las máquinas, escoger las piezas buenas de piezas con arañosos. Con la casi eliminación de estas mermas se logra una mayor facilidad al momento de realizar su trabajo principalmente en la fase de selección de las piezas.

Por tener mayor facilidad al momento de realizar su trabajo, el tiempo de ciclo del proceso también se debe reducir, para comprobarlo se procede a verificar la cantidad de producción real en: dos turnos de 8 horas, restándole 2 descansos de 10 minutos cada uno por cada turno y 10 minutos de tiempo de cambio de producto por turno. ellos logran hacer 5680 unidades, la misma que se realizaba antes de implementar las metodologías donde utilizaban 3 turnos de 8 horas.

Para encontrar el tiempo de ciclo utilizamos la siguiente fórmula:

Tiempo de ciclo. “Ecuación 4”

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{\text{tiempo disponible}}{\text{unidades producidas}}$$

$$\text{T. C.} = \frac{2 \text{ turnos de 8 horas} - (40 \text{ min. de descansos}) - (20 \text{ min. T. C. P})}{5680 \text{ unidades de producción}}$$

$$\text{TC} = \frac{54000 \text{ segundos}}{5680 \text{ unidades producidas}}$$

$$\text{TC} = 9.51 \text{ segundos/pieza}$$

Este resultado indica que cada 9.51 segundos se produce una pieza en el área de centrifugado de la empresa Grupo Dismetel SAC. Este resultado del tiempo de ciclo es menor al tiempo takt, que es de 10.14 segundos el cual es un factor muy importante para poder cumplir con el cliente.

Después de la mejora se utilizó 2 turnos de 8 horas, pero, a este se le descontará los tiempos de suplementos y tiempo de cambio de producto. Esto se aplicó por el reclamo de los trabajadores que solicitaban que se le considere dentro del tiempo programado para que puedan realizar sus necesidades fisiológicas, ejercicios ergonómicos y otros.

Antes de la mejora la empresa utilizaba para hallar el tiempo Takt las 8 horas completas por 2 turnos, que quiere decir 16 horas de trabajo, pero no lograban completar su producción y para hacerlo tenían que trabajar un turno adicional.

Para observar la reducción del tiempo de ciclo en el área de centrifugado se realiza la siguiente tabla con la finalidad de distinguir la reducción después de implementar la metodología Poka Yoke y RCM.

Tabla 27

Comparativo del Tiempo de Ciclo Después de la Implementación de Poka Yoke y RCM.

Comparativo del tiempo de ciclo de los años 2020-2021 del área de centrifugado			
Tiempo de ciclo			
Antes de la mejora		Después de la mejora	
2020		2021 (5 meses)	
$\frac{8 \text{ horas} * 3 \text{ turnos}}{5680 \text{ unidades producidas}}$	$TC = \frac{86400}{5680}$	$\frac{7.5 \text{ horas} * 2 \text{ turnos}}{5680 \text{ unidades producidas}}$	$TC = \frac{54000}{5680}$
15.21 segundos/pieza		9.51 segundos/pieza	

Fuente: Elaboración propia

Como podemos verificar el tiempo de ciclo se ha reducido de 15.21 segundos a 9.51 segundos. Con este resultado podemos decir enfáticamente que se ha logrado alcanzar el objetivo 4.

Objetivo general:

Determinar de qué manera el proceso de mejora continua impacta en el cumplimiento de la entrega a tiempo de los pedidos del cliente.

Con el logro de los 4 objetivos, el área de centrifugado ha conseguido mejorar lo siguiente:

Objetivo 1: Reducir las mermas de rebabas de 287416 unidades a 568 unidades. Gracias a la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM.

Objetivo 2: incremento de la disponibilidad de las máquinas del área de centrifugado gracias a la implementación de la metodología RCM:

Máquina compresora: 96.2% a 99.5%

Máquina crisol: 94% a 99.2%

Máquina centrífuga: 75.2% a 98.2%

Objetivo 3: Reducir las mermas de arañazos de 184947 unidades a 524 unidades, esto gracias a la aplicación de la metodología Poka Yoke.

Objetivo 4: Reducción del tiempo de ciclo de 15.21 segundos a 9.51 segundos en la fabricación de una pieza de producción.

Todas estas mejoras mencionadas están realizadas en el área de centrifugado, el cual en el VSM del estado actual se ha identificado que tiene la mayor cantidad de problemas, con la solución de estos problemas se deberá mejorar el cumplimiento de la entrega de pedidos a los clientes en la fecha pactada, para poder visualizar si esto se cumple procedemos a observar la ficha de cumplimiento registrado en el sistema de la empresa. A continuación, se observa la tabla resumen del cumplimiento de pedidos de la empresa.

Tabla 28

Resumen de la Cantidad de Lotes de Pedidos de los 5 Primeros Meses del Año 2021.

Descripción de productos ofertados	Cantidad de lotes de pedidos (2021)	Lotes entregados fuera de fecha acordada	Lotes entregados en la fecha acordada
Hebillas para calzado	3	0	3
Hebillas para cartera	1	0	1
Hebillas para correa	3	0	3
Adorno para calzado	2	0	2
Adorno para cartera	1	0	1
Total	10	0	10

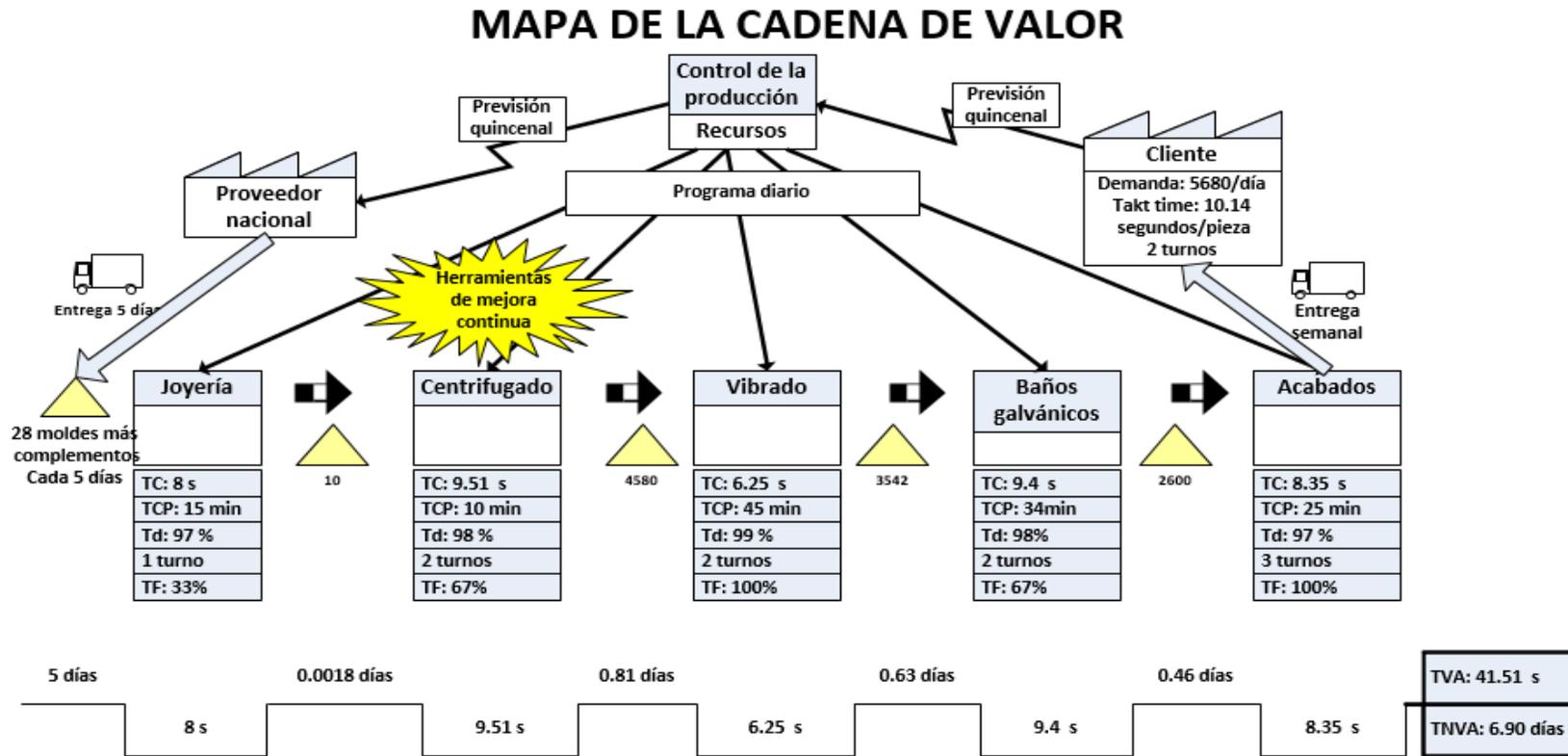
Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se identifica que la cantidad de 10 lotes de pedidos entregados en los 5 primeros meses del año 2021 todas fueron entregadas en la fecha acordada. Con el cual la empresa podrá tener una mejor imagen frente a sus clientes y a la vez a las empresas que posiblemente puedan serlo.

A continuación, se muestra el VSM del estado futuro donde se podrá visualizar el resultado de los indicadores actualizados después de la implementación de la mejora continua en el área de centrifugado de la empresa Grupo Dismetel SAC.

Figura 10

Mapa de la Cadena de Valor del Estado Futuro.



Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar los indicadores están actualizados a los resultados mostrados en las páginas anteriores. Todos los objetivos propuestos en la presente investigación se lograron. Además, vamos a mostrar otros indicadores que podrán aclarar más la mejora en la empresa.

Lead Time:

Antes de la mejora, la empresa utilizaba mayor cantidad de tiempo en el almacenamiento de la producción debido al retraso constante del área de centrifugado por los problemas que presentaba, este, en algunas fechas tuvo retrasos en la entrega de la producción a la siguiente área ocasionando varias veces que el personal no tenga producción para trabajar. Es por ese motivo que decidieron darle un tiempo de hasta 3 días para que se acumule las producciones y luego recién pasaba la producción al proceso de la siguiente área.

El Lead time en el VSM del estado actual fue de 11.32 días y luego de la implementación es de 6.90 días, se ha reducido 4.42 días, gracias a la aplicación de la mejora continua.

Aplicando la fórmula:

Reducción de lead time= lead time 2020 - lead time 2021

Reducción de lead time= 11.32 días – 6.90 días

Reducción de lead time= 4.42 días

1. Índice de cumplimiento de entrega de pedidos a tiempo de 2020

En el año 2020 se entregó 2 pedidos en la fecha acordada con el cliente, 19 pedidos se entregaron fuera de la fecha acordada.

Fórmula para hallar el índice de cumplimiento de entrega de pedidos a tiempo:

$$\text{Índice de cumplimiento} = \frac{\text{Cantidad de entregas a tiempo}}{\text{Cantidad de total de entregas}} \times 100$$

$$\text{Índice de cumplimiento} = \frac{2}{19} \times 100$$

$$\text{Índice de cumplimiento} = 11\%$$

Índice de cumplimiento. “Ecuación 5”

2. Índice de cumplimiento de entrega de pedidos a tiempo de 2021.

En el año 2021 después de la mejora hasta la fecha se ha entregado 10 pedidos de 10 solicitados esto sucedió durante los 5 primeros meses del año 2021.

$$\text{Índice de cumplimiento} = \frac{10}{10} \times 100$$

$$\text{Índice de cumplimiento} = 100\%$$

Se realiza la siguiente tabla con la finalidad de distinguir con mayor claridad la diferencia de porcentajes entre el año 2020 y 2021.

Tabla 29

Porcentaje de Mejora del Índice de Cumplimiento en la Fecha Acordada.

Resumen de cumplimiento de entrega de pedidos en la fecha acordada		
Año 2020	Año 2021	% mejora
11%	100%	89%

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV DISCUSIONES

Interpretación comparativa

En relación a la presente investigación realizada, se tiene que la disponibilidad de las máquinas se encontraba al 75%, esto debido a las constantes fallas que presentaba desde que inició la empresa porque los compró seminuevas, actualmente gracias a la implementación de la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad se pudo incrementar a 98% eso debido al minucioso análisis de todos los fallos potenciales para su posterior aplicación de un mantenimiento correctivo seguidamente de un plan de mantenimiento que le permita conservar lo mejorado. Al respecto, Mendoza (2020) menciona que solo pudo mejorar la disponibilidad de 73% a 92%, quedando el 6% a comparación de la presente investigación.

Los repuestos de las piezas cumplen un rol fundamental al momento de hacer un mantenimiento correctivo, la mala elección de estos puede influir en una reducción de la disponibilidad en lugar del incremento, en algunos casos se tiene que elegir un repuesto adaptado o reemplazo en lugar de el original, pero, si se tiene en cuenta las capacidad, el material, características y confiabilidad del lugar de compra, esto logrará que el equipo trabaje con la misma capacidad y tenga el tiempo de vida similar al original, ese conocimiento es lo que se utilizó en la empresa Grupo Dismetel SAC para el cambio de repuesto llamado motor de la máquina centrífuga, el cual al cambiarlo realizó la misma función y con la misma capacidad que el original. Al respecto, Da costa (2010) indica que sus equipos presentan problemas prematuras por el uso de repuestos adaptados nacionalmente en lugar de los originales.

Limitaciones

Para la elaboración del presente proyecto se presentó dificultades para conseguir los archivos de la data de cumplimiento de entregas de pedidos de los clientes de años anteriores dado que la persona que los ingresó al sistema ya no se encuentra laborando en la empresa, solo se encontró del año 2019 pero estaba incompleto. Es por eso que solo se utilizó la data del 2020, porque la persona que los ingresó al sistema sí se encuentra laborando y puede dar información de los detalles de ello, pero el gerente de la empresa indica, que el incumplimiento en la entrega de los pedidos a los clientes sucede desde inicios de la empresa.

El gerente de la empresa no aceptó brindar información económica de la empresa, por el grado de confidencialidad que él lo considera. De haberlo obtenido se podría haber realizado otros indicadores.

La presente investigación se realizó en tiempos de pandemia. No se pudo realizar la validación de los instrumentos mediante expertos por la dificultad de comunicación, ya que el único medio es el correo, pero, es difícil obtener una respuesta.

Implicancias

La información utilizada en la presente investigación se realizó de un año atípico por encontrar la información verídica de solo ese año, se menciona que:

el gerente de la empresa indica que la demanda de la empresa se ha mantenido debido a que otras empresas han cerrado o quebrado por la pandemia, esto es motivo de que la empresa mantenga su nivel de producción.

Otro motivo, es que no hay una seguridad de la fecha de la reactivación económica o en todo caso no se sabe si habrá, porque la pandemia continua y no hay seguridad de que los niveles de económicos se recuperen al mismo de antes de la pandemia.

CAPITULO V CONCLUSIONES

1. En la investigación realizada se determinó que la empresa tuvo problemas de manera continua con el cumplimiento de la entrega de sus pedidos a los clientes en la fecha acordada, al iniciar la investigación se encontró que la causa principal de este problema era la gran cantidad de mermas que generaba el área de centrifugado frente al resto de áreas de la empresa. Las mermas del área eran a la vez generadas por la gran cantidad de fallas que presentaban las máquinas y por la falta de un nuevo método de trabajo. Es por ese motivo que se decidió aplicar la mejora continua mediante la aplicación de la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM y la metodología Poka Yoke.
2. En torno a las fallas de las máquinas se aplicó la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM para poder dar solución, logrando que estas alcancen un incremento de la disponibilidad de: en la máquina centrífuga de 75% a 98%, en la máquina crisol de 94% a 99%, en la máquina compresora de 96% a 99%.
3. El incremento de la disponibilidad de las máquinas influyó directamente en la reducción de las mermas por rebaba, el cual redujo de 287416 unidades a 568 unidades. Cuando la máquina se encuentra 100% operativo, el maquinista regula el parámetro que necesita el molde, la máquina responde, obedece y aplica el parámetro, como resultado de ello las piezas salen del molde sin rebabas el cual facilita grandemente a la fase de selección quien es donde se encargaban de quitar las rebabas de las piezas a causa de las fallas de las máquinas.
4. Otra reducción se dio en las mermas por arañazos el cual se solucionó con la aplicación de la metodología Poka Yoke estas mermas tuvieron una reducción de 184947 unidades a 524 unidades, el sistema Poka Yoke utilizado fue el cambio de ubicación de las billas de la base a la tapa, este, al estar colocado en la tapa cumple

una tercera función de protector de las cavidades, quiere decir, que de cualquier manera que se maneje los moldes en producción, esta no se arañará y como resultado las piezas saldrán igual, con misma forma de la cavidad, es decir sin arañazos.

5. También se pudo reducir el tiempo de ciclo de 15.21 segundos a 9.51 segundos. Esta mejora se debe a las mejoras mencionadas en las líneas anteriores. Con esta reducción se puede constatar que al ser menor que el tiempo Takt (10.14 segundos) se va poder terminar la producción en el tiempo previsto y por ende cumplir con la entrega de pedidos a los clientes en la fecha acordada.
6. En el VSM del estado actual también podemos observar que el lead time es de 11.32 días, en el VSM del estado futuro se ha reducido a 6.9 días. La reducción de 4.42 días es uno de los beneficios que se obtiene de la mejora continua aplicado al área de centrifugado, esto se logra por la agilidad que se incrementa en todas las áreas restantes, por tener sus productos por trabajar en la hora programada.
7. La implementación de la mejora continua en la empresa Grupo Dismetel SAC, logra traer muchos beneficios para la empresa, se inició con la identificación del área cuello de botella en donde se aplicó la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y la metodología Poka Yoke. Con la mejora continua implementada, la empresa puede cumplir con la entrega de pedidos a sus clientes en la fecha acordada. Durante el año 2020 la empresa tuvo un índice de cumplimiento de 11%, durante los 5 primeros meses del año 2021 la empresa tiene el cumplimiento de 100% después de haber entregado 10 lotes de pedidos de magnitudes similares al año 2020.

CITAS Y REFERENCIAS

- Aguilar, J. E. (2010). *La mejora continua*. Asociación Oaxaqueña de Psicología A.C. Obtenido de https://educacionparatodalavida.files.wordpress.com/2016/05/analisis_de_puesto.pdf
- Alayo, R., & Becerra, A. (2012). *Elaboración e implementación de un plan de mejora continua en el área de producción de Agroindustrias Kaizen*. Universidad de San Martín de Porres.
- Balluerka, N., & Vergara, A. I. (2002). *Diseño de investigación experimental en psicología*. Prentice Hall.
- Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., & Noriega, M. T. (2020). *Mejora continua de los procesos herramientas y técnicas*. Fondo Editorial.
- Campos, L. P. (2018). *Implementación de herramientas de mejora continua para reducir el tiempo del proceso de fabricación de molde para vidrio en el área de matricería en la empresa AGP Perú SAC 2018*. Lima.
- Cárdenas, k., & Gálvez, J. (2010). Implementación de un proceso de mejora continua TOC en una empresa de servicios. *(Tesis de Maestría)*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Chávez, & J. A. (2015). *Optimización del proceso de ventas en joyería aplicando mejora*. Lima.
- Cubillas, J. (2020). *Implementación de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) y los efectos en la disponibilidad de las extrusoras hidráulicas, en la empresa Italsolder SAC*. Lima.
- Da costa, M. (2010). *Aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción*. Lima.
- Flores, K. v. (2021). *Mejora continua y transparencia de gestión en la Municipalidad*. Lima.
- Hubspot. (2021). <https://blog.hubspot.es/>. Obtenido de <https://blog.hubspot.es/sales/mejora-continua-empresas>
- Improven. (2021). *Innovar en la gestión de productos, clave para mejorar los resultados*. España.
- Manjarres, T. A. (2016). *Plan de mejoramiento continuo de los procesos de fabricación para incrementar niveles de eficiencia en la empresa khristell Jean del Cantón Pelileo*. Ecuador.

- Martínez, D. C. (2018). *Propuesta de mejoramiento continuo mediante la metodología Kaizen, a la actividad de recepción de reciclaje parte del programa de auto sostenimiento de la fundación desayunitos creando huella*. Colombia.
- Mendoza, P. A. (2020). *Implementación de la metodología RCM en el área rental de la empresa Unimaq para mejorar la disponibilidad de los grupos electrógenos Olimpian-caterpillar*. Lima.
- Morga, L. E. (2012). *Teoría y técnica de la entrevista*. Red tercer milenio.
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Rob Lockhart .
- Open mind BBVA. (2021). <https://www.bbvaopenmind.com/>. Obtenido de <https://www.bbvaopenmind.com/articulos/contrastes-en-la-evolucion-de-la-inversion-y-la-productividad-en-europa/>
- Ornelas , M. T. (2003). *Mejora continua en el proceso administrativo de instituciones públicas*. México.
- Reliabilityweb. (2021). <https://reliabilityweb.com/>. Obtenido de <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/el-proceso-de-mejora-continua>
- Ríos, E. (2018). *Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergido en aceite, en la empresa Electro Volt Ingenieros SA*. Lima.
- Sampieri, R. H., Collado , C. F., & Lucio, p. B. (2010). *Metodología de la investigación*. McGRAW-HILL.
- Universidad Esan. (4 de Mayo de 2016). <https://www.esan.edu.pe/>. Obtenido de <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/05/las-cuatro-etapas-para-la-mejora-continua-en-la-organizacion/>
- Yarto , M. A. (2010). *Modelo de mejora continua en la continuidad de empresas de cartón corrugado del área metropolitana de la ciudad de México*. México.

ANEXOS

Figura 11

Máquina Centrífuga del Área de Centrifugado.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 30
Histórico de Cumplimiento de Pedidos en la Fecha Acordada del 2020.

Productos	Cantidad producida	fecha aceptación del contrato	fecha pactada para la entrega	Fecha de entrega real	Cantidad de días programados	Cantidad de días de retraso	Cantidad de días total transcurridos	¿Se cumplió en fecha acordada?
Hebillas para Calzado	82500	2/12/2019	17/01/2020	17/01/2020	45	0	45	Si
Hebillas para cartera	49320	16/12/2019	3/02/2020	6/02/2020	47	3	50	No
Hebillas para correa	65760	6/01/2020	25/02/2020	27/02/2020	49	2	51	No
Adorno para calzado	175086	21/01/2020	9/03/2020	14/03/2020	48	5	53	No
Adorno para cartera	24660	5/02/2020	17/03/2020	21/03/2020	42	4	46	No
Hebillas para Calzado	54252	19/02/2020	30/03/2020	3/04/2020	41	3	44	No
Hebillas para correa	36990	2/03/2020	14/04/2020	22/04/2020	42	8	50	No
Adorno para calzado	49320	13/03/2020	22/04/2020	27/04/2020	39	5	44	No
Hebillas para Calzado	21372	6/04/2020	4/05/2020	7/05/2020	28	3	31	No
Hebillas para correa	12330	15/04/2020	21/05/2020	26/05/2020	36	5	41	No
Hebillas para Calzado	127410	22/05/2020	23/06/2020	23/06/2020	31	0	31	Si
Hebillas para correa	50964	16/06/2020	30/07/2020	3/08/2020	44	3	47	No
Adorno para calzado	26304	3/07/2020	15/08/2020	19/08/2020	42	4	46	No
Hebillas para correa	125766	17/07/2020	2/09/2020	7/09/2020	45	5	50	No
Adorno para calzado	9864	3/08/2020	15/09/2020	17/09/2020	42	2	44	No
Hebillas para correa	125766	15/08/2020	28/09/2020	30/09/2020	43	2	45	No
Hebillas para Calzado	108504	12/09/2020	9/10/2020	13/10/2020	27	4	31	No
Adorno para calzado	42744	25/09/2020	15/10/2020	19/10/2020	20	4	24	No
Hebillas para Calzado	69870	12/10/2020	28/11/2020	30/11/2020	46	2	48	No
Hebillas para correa	177552	26/10/2020	1/12/2020	7/12/2020	35	6	41	No
Adorno para calzado	199746	29/10/2020	9/12/2020	12/12/2020	40	3	43	No

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31

Histórico de Cumplimiento de Pedidos del Año 2021

Productos	Cantidad producida	fecha aceptación del contrato	fecha pactada para la entrega	Fecha de entrega real	Cantidad de días programados	Cantidad de días de retraso	Cantidad de días total transcurridos	¿Se cumplió en la fecha acordada?
Hebillas para Calzado	78600	1/12/2020	15/01/2021	15/01/2021	44	0	44	Ok.
Hebillas para cartera	52600	9/12/2020	3/02/2021	3/02/2021	54	0	54	Ok.
Hebillas para correa	65760	5/01/2021	25/02/2021	25/02/2021	50	0	50	Ok.
Adorno para calzado	75086	12/01/2021	9/03/2021	9/03/2021	57	0	57	Ok.
Adorno para cartera	74660	4/02/2021	17/03/2021	17/03/2021	43	0	43	Ok.
Hebillas para Calzado	54252	9/02/2021	30/03/2021	30/03/2021	51	0	51	Ok.
Hebillas para correa	86990	4/03/2021	14/04/2021	14/04/2021	40	0	40	Ok.
Adorno para calzado	49320	15/03/2021	22/04/2021	22/04/2021	37	0	37	Ok.
Hebillas para Calzado	71372	1/04/2021	4/05/2021	4/05/2021	33	0	33	Ok.
Hebillas para correa	72330	3/04/2021	21/05/2021	21/05/2021	48	0	48	Ok.

Fuente: Elaboración propia

Figura 12

DAP del Área de Centrifugado Después de la Implementación.

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO DE CENTRIFUGADO										
				Resumen						Observaciones
				Actividad	cantidad	propuesta	economía			
Área: Centrifugado		Fecha: 14 de julio de 2020		Operación		15				
Producto: Colgantes		Método de trabajo: Actual		Inspección						
Elaborado por: Ing. Pedro Vilchez		Aprobado por: G. General		Combinado		2				
				Transporte		2				
				Demora		1				
				Almacén						
				Total		20				
Item	Actividad	C	D	T	Símbolos					
		U	m	sg	○	□	◐	➔	D	▽
1	Maquinista revisa los moldes acumulados y los apila	22		6				x		
2	colocar molde en plato de la máquina	22		7	x					
3	graduar parámetro de trabajo	22		5	x					
4	vacear metal líquido al embudo de la máquina	22		4	x					
5	Esperar solidificación del metal en el molde	22		6					x	
6	retirar molde de la máquina y enviar	22		5	x					
7	Mesa de fundición (producción)	22	2	4					x	
8	Coger el molde de la mesa	22		3	x					
9	Abrir el molde	22		4	x					
10	Retirar las piezas y residuos con alicate	22		5	x					
11	Talquear las cavidades del molde	22		6	x					
12	Sacudir el molde	22		7	x					
13	Cerrar, registrar el ciclo de trabajado del molde y enviar a máquina	22		8	x					
14	Separar las piezas de producción de los residuos de metal	22		15	x					
15	Colocar las piezas de producción en un taper y enviar a máquina	22		4	x					
16	Mesa de selección	230	15	11					x	
17	Colocar la piezas acumuladas en una franela	230		49	x					
18	Cerrar franela y frotar para quitar residuos	230		128	x					
19	Inspeccionar piezas y quitar residuos	230		883					x	
20	Colocar piezas en taper, contar cantidades y enviar a siguiente área	230		129	x					

Fuente: Elaboración propia

Figura 13

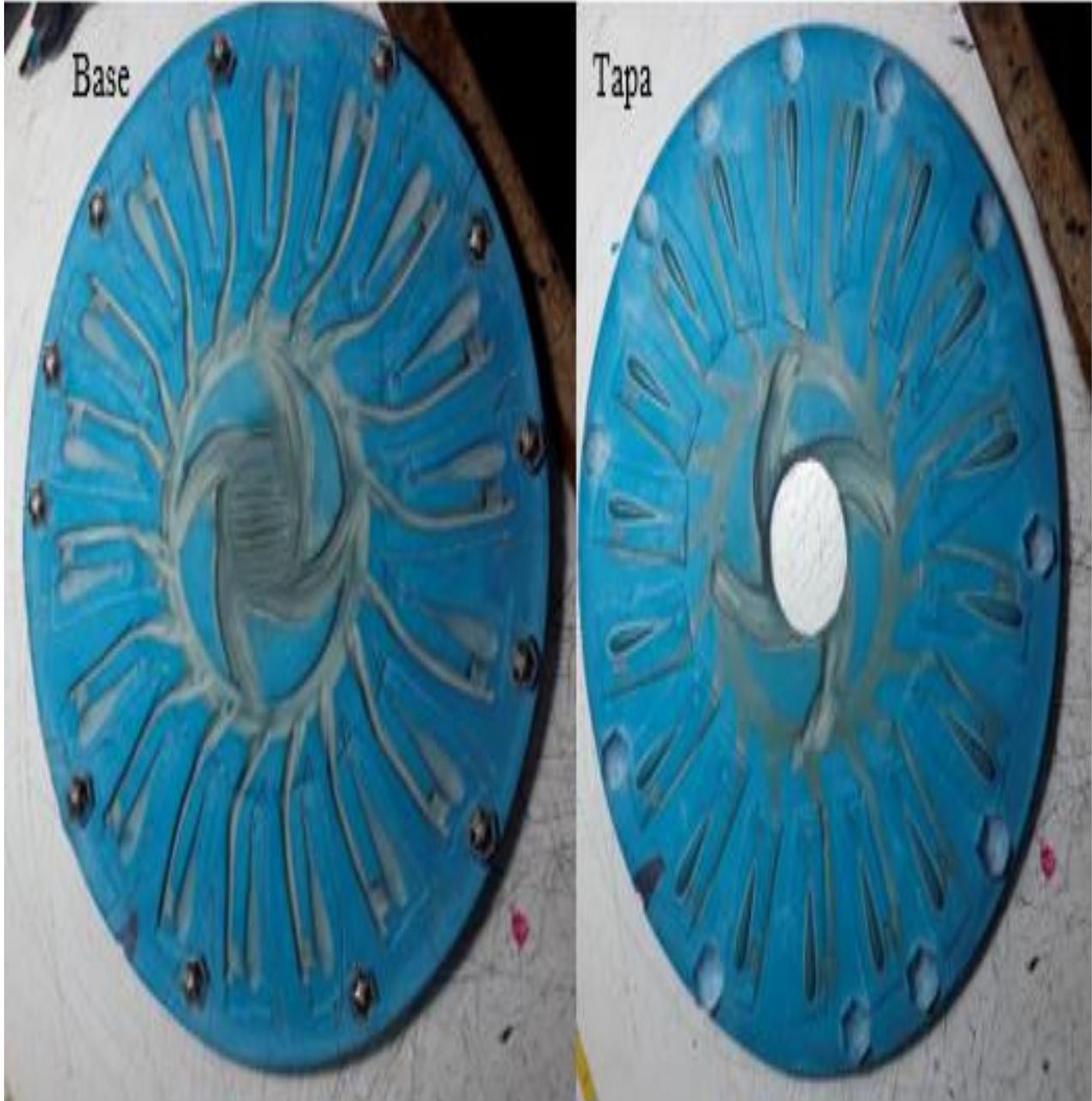
DAP del Área de Centrifugado Antes de la Implementación de la Mejora.

		DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO DE CENTRIFUGADO										
		Resumen										
		Actividad	cantidad	propuesta	economía							
		Operación	15									
		Inspección										
		Combinado	3									
		Transporte	2									
		Demora	1									
		Almacén										
		Total	21									
EMPRESA GRUPO DISMETAL SAC												
Área: Centrifugado	Fecha: 14 de julio de 2020											
Producto: Colgantes	Método de trabajo: Actual											
Elaborado por: Ing. Pedro Vilchez	Aprobado por: G. General											
Item	Actividad	C	D	T	Símbolos					Observaciones		
		U	m	sg	○	□	◻	➔	D		▽	
1	Maquinista revisa los moldes acumulados y los apila	22		5								
2	coger y revisar el tipo de modelo del molde	22		11								
3	colocar en plato de la máquina	22		8								
4	graduar parámetro de trabajo	22		12								
5	vacear metal líquido al embudo de la máquina	22		4								
6	Esperar solidificación del metal en el molde	22		6								
7	retirar molde de la máquina y enviar	22		6								
8	Mesa de fundición (producción)	22	2	5								
9	Coger el molde de la mesa	22		2								
10	Abrir el molde	22		4								
11	Retirar las piezas y residuos con alicate	22		5								
12	Talquear las cavidades del molde	22		6								
13	Sacudir el molde	22		7								
14	Cerrar, registrar el ciclo de trabajado del molde y enviar a máquina	22		8								
15	Separar las piezas de producción de los residuos de metal	22		32								
16	Colocar las piezas de producción en un taper y enviar a máquina	22		4								
17	Mesa de selección	230	1.5	12								
18	Colocar la piezas acumuladas en una franela	230		48								
19	Cerrar franela y frotar para quitar residuos	230		128								
20	Inspeccionar piezas y quitar residuos	230		1875								
21	Colocar piezas en taper, contar cantidades y enviar a siguiente área	230		129								

Fuente: Elaboración propia

Figura 14

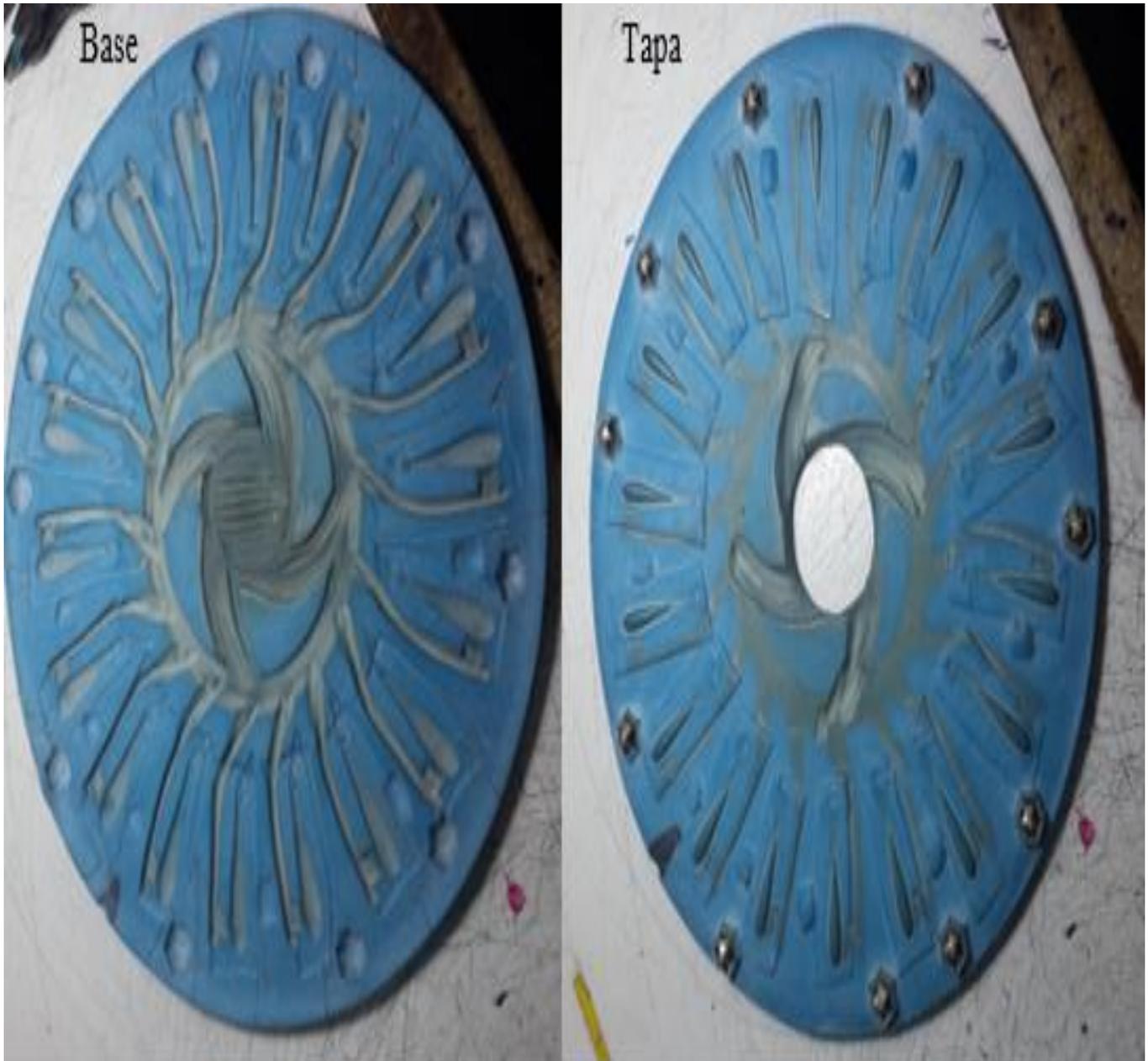
Molde sin Sistema Poka Yoke.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15

Molde con Sistema Poka Yoke.



Fuente: Elaboración propia

Empresa Grupo Dismetel SAC

Guía de entrevista

Área: Centrifugado

Entrevistador:

Entrevistado:

Puesto o cargo del entrevistado

Tiempo en el cargo:

Tiempo Laborando en la empresa:

Fecha:

Objetivo de la entrevista: Recolectar información de la situación actual del área para identificar las causas del alto porcentaje de mermas, luego se analizará para encontrar oportunidades de mejora, seguidamente se implementará soluciones los cuales permitirán que la empresa pueda ser tener mayor eficacia en la entrega de pedidos a sus clientes.

Tema de la entrevista: Mermas generadas en el área.

Presentación: Buenos..... , como parte de mi tesis estoy realizando una investigación acerca de las mermas que presenta el área, la información brindada en esta entrevista es de carácter confidencial, pues posteriormente solo se utilizará esta investigación para buscar una solución a este problema, no hay respuesta correcta o incorrecta. De antemano: ¡muchas gracias por su colaboración!

Ítems	Acciones a evaluar	Registro de cumplimiento		
		Si	Casi siempre	No
1.	¿Cuántas horas de trabajo realizan?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	¿Todas las máquinas de su área presentan fallas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	¿Qué problema se presenta en la producción a causa de las fallas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	¿Tienen registrado el tiempo de la máquina parada y la cantidad de fallas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	¿Qué cantidad de producción realizan al día?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	¿Cumplen su programa en la hora indicada o cuantas horas realizan para cumplirla?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	¿Cuántos tipos de mermas presentan en su área?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	¿La cantidad de mermas del área se debe solo a fallas en las máquinas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	¿El personal está capacitado en el método de trabajo que utilizan?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	¿La producción del personal experto también tiene mermas por arañazos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

11 ¿Informan el porcentaje de merma de cada tipo?

--	--	--

12 ¿conocen otro método de trabajo diferente al actual?

--	--	--

Fuente: Elaboración propia

Figura 16

Guía de Observación.



Empresa Grupo Dismetel SAC

Guía de observación

Área en observación: Centrifugado

Proceso observado:

Observador:

Responsable del proceso observado:

Fecha:

Objetivo de la observación: Recolectar información de la situación actual para identificar las causas del alto porcentaje de mermas del área, luego se analizará para encontrar oportunidades de mejora, seguidamente se implementará soluciones los cuales permitirán que la empresa pueda ser más eficiente.

Instrucciones:

Observe si la ejecución de las siguientes actividades que se enuncian es realizado por la persona observada y marcar con x el nivel de cumplimiento en la columna correspondiente, es muy importante anotar las observaciones en el lugar indicado.

Ítems	Acciones a evaluar	Registro de cumplimiento			Observaciones
		Sí	Casi siempre	No	
1	Apila los moldes correctamente en la mesa de la máquina para no generar mermas por arañazos a las piezas de la producción.				
2	Intenta solucionar o busca ayuda cuando se presenta problemas de rebaba.				
3	Abre el molde de la manera adecuada para no generar mermas por arañazos en las piezas de producción.				
4	Utiliza alguna técnica para prevenir el error de los operarios y las fallas de las máquinas.				
5	Informa inmediatamente cuando la máquina presenta falla.				
6	Retira y envía el molde de la manera adecuada para evitar generar mermas de arañazos en la producción.				
7	Realiza un plan de mantenimiento para las máquinas del área.				

Fuente: Elaboración propia

Continuación de la figura 15

7	Realiza un plan de mantenimiento para las máquinas del área.				
8	Acude inmediatamente cuando le informan que la máquina falla.				
9	Coge el molde de la manera adecuada para no generar mermas por arañazos en las piezas.				
10	Utiliza el parámetro adecuado en la máquina con la finalidad de producir piezas sin rababa.				
11	Retira las piezas y residuos del molde de la manera adecuada para evitar generar mermas por arañazos en las piezas de producción.				
12	Mantiene la parte externa de la funda del talco libre de residuos para evitar generar mermas por arañazos en la producción.				
13	Sacude el molde cumpliendo el método de trabajo actual para evitar generar mermas por arañazos.				
14	Busca la causa raíz que origina las fallas en las máquinas para solucionarlo.				
15	El programa de producción se cumple solo con la cantidad de personas programadas.				
16	Conoce otros métodos de trabajo diferentes al actual.				
17	Busca otros métodos de trabajo con la finalidad de minimizar sus mermas.				
18	Cumple su programa dentro de las horas programadas.				
19	Registra la cantidad de mermas según sus códigos para diferenciarlos.				
20	registra la cantidad de fallas producidas en el día.				
21	Se encuentra capacitado en el método de trabajo actual.				
22	Registra el tiempo tomado en la reparación de la máquina.				

Continuación de figura 15

23	Verifica si el programa de producción indica con claridad la cantidad a producir y el personal necesario para realizarlo.				
24	Toma acciones preventivas para evitar las fallas potenciales de las máquinas que le impida cumplir su función.				
25	Reúne a su personal experto para encontrar solución a los problemas del área.				
26	Verifica si las mermas por problemas de rebaba se dan por fallas en las máquinas.				
27	Registra el tiempo de almacenaje de la producción de todas las áreas.				
28	Registra el cumplimiento de entregas de pedidos a los clientes.				
29	Registra en el sistema los turnos y horas de trabajo de cada día.				
30	Registra los tiempos de duración de las paradas no programadas, en el formato de control de paros de maquinaria.				
31	Informa la cantidad de mermas del área de cada día.				
32	Verifica los registros del informe de mermas de todas las áreas en el sistema de la empresa.				
33	Realiza rozamientos entre la cavidad del molde con otros cuerpos.				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32
Plan de Mantenimiento Preventivo de Equipos del Área de Centrifugado.

Plan de mantenimiento de equipos de centrifugado					
Equipo	Sistema	Subsistema	Definición de tareas	Intervalo (horas)	Realizarse por:
Compresor	Eléctrico	Tablero de control	Inspeccionar la llave térmica y contactor	500	Técnico eléctrico
			el cableado de entrada y salida	1000	Auxiliar
	Mecánico	Sistema de control del aire	inspección y mantenimiento del motor	1200	Técnico mecánico
			inspeccionar componentes externos del motor	1000	Técnico mecánico
			inspeccionar el sistema de lubricación	100	auxiliar
	Neumático	Sistema anti retorno	inspeccionar la válvula anti retorno	500	Técnico mecánico
			inspección y mantenimiento de los pistones	1000	Técnico mecánico
Crisol	Eléctrico	Tablero de control	inspeccionar el pirómetro	150	Técnico electrónico
			calibración del pirómetro	200	Técnico electrónico
			inspeccionar la llave térmica de encendido	1000	Técnico electricista
		control de ingreso de	cambio de termocupla	500	Técnico electricista
	mecánico	gas	inspeccionar la válvula solenoide	300	Técnico electricista
			inspeccionar mechero de horno	24	Técnico mecánico
			inspeccionar conducto de gas	1000	Técnico mecánico
Máquina centrífuga	Eléctrico	Tablero de control	inspeccionar llave térmica	500	Técnico electricista
			mantenimiento de timer	1000	Técnico electrónico
			Mantenimiento de sección de control de velocidad	100	Técnico electrónico
			Calibración del tacómetro	1000	Técnico electrónico
	Mecánico	Sistema de Transmisión	Mantenimiento de resortes para soporte de platos	120	Técnico mecánico
			Cambio de resortes de soporte de platos	2000	Técnico mecánico
			cambio de rodajes de acoplamiento	1500	Técnico mecánico
			mantenimiento de soporte de embudo	1000	Técnico mecánico
			calibración de platos superior e inferior	5000	Técnico mecánico
			cambio de platos superior e inferior	20000	Técnico mecánico
			cambio de polea	500	Técnico mecánico
	Neumática	control de la presión	mantenimiento de pistón	120	Técnico mecánico
			inspeccionar lubricación de pistón	100	Técnico mecánico
			inspeccionar válvula	500	Técnico mecánico
			inspeccionar la lectura del manómetro	24	Técnico mecánico

Fuente: Elaboración propia

Figura 17

Base de Datos de la Observación.

OPERARIOS	ÍTEM DE LAS OBSERVACIONES																																	
	I.1	I.2	I.3	I.4	I.5	I.6	I.7	I.8	I.9	I.10	I.11	I.12	I.13	I.14	I.15	I.16	I.17	I.18	I.19	I.20	I.21	I.22	I.23	I.24	I.25	I.26	I.27	I.28	I.29	I.30	I.31	I.32	I.33	
1 Op. Enc Jorge	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2
2 Op. Enc Pablo	2	1	1	2	2	1	2	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	2
3 Op. Enc Ulises	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 Op. Enc Carlos	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5 Op. Enc Rosa	2	1	2	2	1	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6 Op. Enc Margarita	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7 Op. Enc Jenny	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8 Op. Enc Elizabet	2	1	2	2	1	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia