



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN**

Tema:

**MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA LA
FABRICACIÓN DE RESISTENCIAS ELÉCTRICAS INDUSTRIALES EN
LA EMPRESA TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA**

Trabajo de Titulación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a
la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización

ÁREA: Industrial y manufactura

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, Materiales y Producción

AUTOR: Bryan Fernando Chimborazo Constante

TUTOR: PhD. Víctor Hugo Guachimposa Villalba

Ambato - Ecuador

enero – 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA LA FABRICACIÓN DE RESISTENCIAS ELÉCTRICAS INDUSTRIALES EN LA EMPRESA TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Bryan Fernando Chimborazo Constante, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, enero 2023

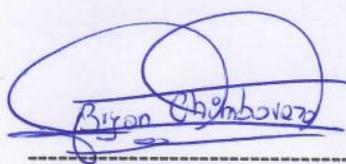
PhD. Víctor Hugo Guachimposa Villalba

TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA LA FABRICACIÓN DE RESISTENCIAS ELÉCTRICAS INDUSTRIALES EN LA EMPRESA TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA, es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, enero 2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Bryan Chimborazo", is written over a horizontal dashed line.

Bryan Fernando Chimborazo Constante

CC: 1804775862

Autor

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Bryan Fernando Chimborazo Constante, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA LA FABRICACIÓN DE RESISTENCIAS ELÉCTRICAS INDUSTRIALES EN LA EMPRESA TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, enero 2023

Ing. Pilar Urrutia, Mg.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. John Reyes Mg.

PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Edith Tubon Mg.

PROFESOR CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, enero 2023



Bryan Fernando Chimborazo Constante

CC: 1804775862

Autor

DEDICATORIA

A Dios, por permitir que culmine esta etapa de mi vida lleno de salud y vida, derramando bendiciones sobre mí y mi familia.

A mis padres, que fueron mi apoyo en las buenas y en las malas, los consejos y las enseñanzas que me permitieron llegar a ser una persona de bien.

A mi hermana, que formo parte de mi vida desde que llego a este mundo para alegrar y compartir los mejores momentos en familia.

A mi tía, que, por su apoyo para mi familia, me recordó que siempre hay que tener la cabeza en alto y nunca hay que rendirse frente a cualquier adversidad.

A mis abuelitos maternos y paternos que, en su momento me dieron consejos de vida y que hoy me cuidan desde el cielo, gracias por todo.

Bryan Fernando Chimborazo Constante

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la sabiduría y una familia que siempre me apoya en cada decisión.

A mis padres, por permitir que inicie y concluya una etapa importante en mi vida, mil gracias por su apoyo.

A la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, por ser la guía de mi camino durante mi etapa estudiantil.

A mi tutor PhD. Víctor Guachimposa, por ser un pilar fundamental como guía durante esta etapa estudiantil.

A las personas más cercanas, por el apoyo incondicional brindado hasta finalizar mi carrera universitaria.

Bryan Fernando Chimborazo Constante

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|--------|
| Portada..... | I |
| Aprobación del Tutor | II |
| Autoría..... | III |
| Aprobación Tribunal de Grado | IV |
| Derechos de autor..... | V |
| Dedicatoria | VI |
| Agradecimiento | VII |
| Índice de Contenidos..... | VIII |
| Índice de Tablas | IX |
| Índice de Figuras | X |
| Resumen Ejecutivo..... | XI |
| Abstract | XVIVII |
| Introducción | XVIII |
| Capítulo I..... | 1 |
| Marco Teórico..... | 1 |
| 1.1 Tema de Investigación | 1 |
| 1.2 Antecedentes Investigativos..... | 1 |
| 1.2.1 Contextualización del Problema..... | 4 |
| 1.2.2 Fundamentación Teórica | 7 |
| 1.3 Objetivos | 28 |
| 1.3.1 Objetivo General | 28 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos | 28 |
| Capítulo II | 29 |
| Metodología | 29 |
| 2.1 Materiales | 29 |
| 2.2 Métodos..... | 30 |
| 2.2.1 Enfoque | 30 |
| 2.2.2 Alcance..... | 31 |
| 2.2.3 Modalidad de la Investigación | 31 |
| 2.2.4 Población y Muestra..... | 32 |
| 2.2.5 Recolección de Información..... | 32 |
| 2.2.6 Procesamiento y Análisis de Datos | 33 |

| | |
|--|-----|
| Capítulo III..... | 35 |
| Resultados y Discusión | 35 |
| 3.1 Análisis y Discusión de Resultados | 35 |
| 3.1.1 Desarrollo de la Propuesta..... | 35 |
| 3.1.2 Condiciones actuales de la Empresa Tesla Electricidad Y Electrónica | 36 |
| 3.1.3 Proceso general de fabricación..... | 40 |
| 3.1.3 Producto de mayor demanda | 44 |
| 3.1.3 Tiempos y movimientos actuales del proceso productivo de la Empresa Tesla Electricidad Y Electrónica | 55 |
| 3.1.4 Identificación de desperdicios presentes en el proceso productivo..... | 68 |
| 3.1.5 Selección de herramientas de mejoramiento para el proceso productivo | 78 |
| 3.1.6 Aplicación de las herramientas para el mejoramiento del proceso productivo | 83 |
| 3.1.7 Nuevo método propuesto de trabajo..... | 100 |
| 3.1.8 Propuesta de mejora para el proceso de fabricación de resistencias eléctricas industriales, mediante un manual de procedimientos. | 113 |
| Capítulo IV..... | 114 |
| Conclusiones y recomendaciones | 114 |
| 4.1 Conclusiones | 114 |
| 4.2 Recomendaciones | 115 |
| Materiales de referencia | 116 |
| Bibliografía | 116 |
| Anexos | 123 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Simbología ASME para diagramas en el estudio de tiempos | 11 |
| Tabla 2. Número recomendado de ciclos de observación, según General Electric ... | 14 |
| Tabla 3. Valoración del ritmo de trabajo – método de nivelación | 16 |
| Tabla 4. Softwares empleados para el desarrollo del estudio | 30 |
| Tabla 5. Datos de Tesla Electricidad y Electrónica | 37 |
| Tabla 6. Catálogo de resistencias de Tesla Electricidad y Electrónica | 39 |
| Tabla 7. Materias primas para la fabricación de resistencias..... | 40 |
| Tabla 8. Ventas de productos, año 2021 y año 2022 | 44 |
| Tabla 9. Análisis ABC de las ventas de resistencias industriales, año 2020 y 2021 . | 45 |
| Tabla 10. Resumen del análisis ABC..... | 45 |
| Tabla 11. Producto de mayor demanda de Tesla Electricidad y Electrónica..... | 49 |
| Tabla 12. Metodologías de cronometraje, ventajas y desventajas [68] | 55 |
| Tabla 13. Instrumento de medición para la toma de tiempos | 56 |
| Tabla 14. Determinación del número de observaciones | 57 |
| Tabla 15. Cálculo del índice de desempeño..... | 57 |
| Tabla 16. Cálculo de los suplementos..... | 58 |
| Tabla 17. Descripción de las actividades del proceso de corte | 59 |
| Tabla 18. Determinación del tiempo estándar del proceso de corte | 59 |
| Tabla 19. Descripción de las actividades del proceso de rebobinado | 60 |
| Tabla 20. Determinación del tiempo estándar del proceso de rebobinado | 60 |
| Tabla 21. Descripción de las actividades del proceso de compactado..... | 61 |
| Tabla 22. Determinación del tiempo estándar del proceso de compactado | 61 |
| Tabla 23. Descripción de las actividades del proceso de medición | 62 |
| Tabla 24. Determinación del tiempo estándar del proceso de medición..... | 62 |
| Tabla 25. Descripción de las actividades del proceso de terminado..... | 63 |
| Tabla 26. Determinación del tiempo estándar del proceso de terminado | 63 |
| Tabla 27. Resumen del tiempo estándar | 64 |
| Tabla 28. Cálculo de la capacidad de producción de resistencias eléctricas industriales tipo cartucho..... | 65 |
| Tabla 29. Demanda mensual promedio..... | 65 |
| Tabla 30. Inventario de | 66 |
| Tabla 31. Lead time..... | 66 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 32. Diagrama identificador de desperdicios del proceso productivo | 68 |
| Tabla 33. Mudos del proceso productivo | 73 |
| Tabla 34. Análisis ABC – identificación de desperdicios más representativos | 75 |
| Tabla 35. Desperdicios y adaptabilidad de herramientas de mejora | 79 |
| Tabla 36. Método de factores ponderados para el desperdicio tiempo de esperas | 80 |
| Tabla 37. Método de factores ponderados para el desperdicio movimientos innecesarios | 81 |
| Tabla 38. Método de factores ponderados para el desperdicio sobreprocesamientos | 82 |
| Tabla 39. Método de factores ponderados para el desperdicio talento no utilizado .. | 83 |
| Tabla 40. Inventario para el control de tarjetas rojas | 85 |
| Tabla 41. Ficha para la identificación de causas raíz de factores que afectan a la limpieza | 90 |
| Tabla 42. Procedimiento propuesto para la limpieza de superficies y/o pisos | 90 |
| Tabla 43. Procedimiento propuesto para la limpieza de herramientas | 91 |
| Tabla 44. Procedimiento propuesto para la limpieza de máquinas y equipos | 92 |
| Tabla 45. Identificación de operaciones internas y externas del proceso corte | 93 |
| Tabla 46. Identificación de operaciones internas y externas del proceso rebobinado | 94 |
| Tabla 47. Identificación de las operaciones internas y externas del proceso compactado | 94 |
| Tabla 48. Identificación de las operaciones internas y externas del proceso medición | 95 |
| Tabla 49. Reducción de tiempo de las actividades internas y externas, proceso, corte | 96 |
| Tabla 50. Reducción de tiempo de las actividades internas y externas, proceso, rebobinado | 97 |
| Tabla 51. Reducción de tiempo de las actividades internas y externas, proceso, compactado | 98 |
| Tabla 52. Reducción de tiempo de las actividades internas y externas, procesos, medición y terminado | 99 |
| Tabla 53. Método de trabajo mejorado para el proceso de corte | 100 |
| Tabla 54. Método de trabajo mejorado para el proceso de rebobinado | 101 |
| Tabla 55. Método de trabajo mejorado para el proceso de compactado | 101 |
| Tabla 56. Método de trabajo mejorado para el proceso de medición | 102 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 57. Método de trabajo mejorado para el proceso de terminado | 103 |
| Tabla 58. Tiempo de ciclo situación actual vs situación mejorada..... | 104 |
| Tabla 59. Capacidad de producción actual vs mejorada para la fabricación de resistencias eléctricas industriales tipo cartucho..... | 106 |
| Tabla 60. Diagrama de sinóptico mejorado del proceso de corte | 107 |
| Tabla 61. Diagrama de sinóptico mejorado del proceso de rebobinado | 108 |
| Tabla 62. Diagrama de sinóptico mejorado del proceso de compactado..... | 109 |
| Tabla 63. Diagrama de sinóptico mejorado del proceso de medición | 110 |
| Tabla 64. Diagrama de sinóptico mejorado del proceso de terminado | 111 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Interrelación de la ingeniería de métodos | 8 |
| Figura 2. Técnicas o herramientas del estudio del trabajo | 9 |
| Figura 3. Cursograma sinóptico | 11 |
| Figura 4. Cursograma analítico | 12 |
| Figura 5. Diagrama de recorrido | 13 |
| Figura 6. Ritmo de trabajo según la escala de valoración británica..... | 15 |
| Figura 7. Criterios del método de nivelación | 16 |
| Figura 8. Desperdicios o mudas | 20 |
| Figura 9. Adaptación actualizada de las herramientas manufactura ajustada de la Casa Toyota | 23 |
| Figura 10. Mapa de la cadena de valor – VSM..... | 24 |
| Figura 11. Logotipo de la empresa..... | 36 |
| Figura 12. Ubicación de Tesla Electricidad y Electrónica..... | 37 |
| Figura 13. Orden de producción de la empresa..... | 38 |
| Figura 14. Proceso de corte..... | 41 |
| Figura 15. Proceso de rebobinado: a) Operario con la máquina bobinadora; b) Varilla de cerámica bobinada con terminales | 42 |
| Figura 16. Proceso de compactado: a) Relleno del tubo de acero inoxidable con oxido de magnesio; b) Compactado de la resistencia | 42 |
| Figura 17. Medición de la potencia de las resistencias | 43 |
| Figura 18. Proceso de terminado..... | 43 |
| Figura 19. Diagrama ABC | 46 |
| Figura 20. Layout y diagrama de recorrido para la fabricación de resistencias eléctricas industriales tipo cartucho | 47 |
| Figura 21. Mapa de procesos del producto productivo de la empresa Tesla Electricidad y Electrónica..... | 48 |
| Figura 22. Diagrama de sinóptico del proceso de corte..... | 50 |
| Figura 23. Diagrama de sinóptico del proceso de rebobinado..... | 51 |
| Figura 24. Diagrama de sinóptico del proceso de compactado..... | 52 |
| Figura 25. Diagrama de sinóptico del proceso de medición | 53 |
| Figura 26. Diagrama de sinóptico del proceso de terminado..... | 54 |

| | |
|--|-----|
| Figura 27. Mapa de la cadena de valor, situación actual | 67 |
| Figura 28. Porcentaje de desperdicios del proceso productivo | 73 |
| Figura 29. Mapa de la cadena de valor e identificación de desperdicios, situación actual | 74 |
| Figura 30. Análisis ABC de desperdicios | 75 |
| Figura 31. Desperdicio tiempo de espera o esperas | 76 |
| Figura 32. Desperdicio movimientos innecesarios | 77 |
| Figura 33. Desperdicio por sobreprocesamiento..... | 77 |
| Figura 34. Desperdicio por talento no utilizado..... | 78 |
| Figura 35. Modelo de tarjeta roja propuesto | 84 |
| Figura 36. Asignación de tarjetas rojas | 84 |
| Figura 37. Asignación de tarjetas rojas | 85 |
| Figura 38. Falta de orden y organización en las herramientas de uso cotidiano..... | 86 |
| Figura 39. Propuesta para el orden y organización en las herramientas de uso cotidiano | 87 |
| Figura 40. Falta de orden en las instalaciones eléctricas, hidráulicas y neumáticas.. | 87 |
| Figura 41. Ejemplo propuesto para la adecuación de las instalaciones | 88 |
| Figura 42. Falta de señalética y control visual..... | 88 |
| Figura 43. Orden y control visual, para el estante de insumos y materiales | 89 |
| Figura 43. Fundas y cartones en el área de producción | 90 |
| Figura 45. Tiempos de procesamiento situación actual vs situación mejorada | 104 |
| Figura 46. Situación actual vs propuesta..... | 106 |
| Figura 47. Mapa de la cadena de valor, situación mejorada | 112 |

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación tiene como propósito el mejoramiento del proceso productivo para la fabricación de resistencias eléctricas industriales en la empresa Tesla Electricidad y Electrónica. En primer lugar, se presenta un análisis y diagnóstico de la situación actual del área de producción de la empresa para identificar las condiciones en las que se llevan a cabo las operaciones productivas, reconociendo el problema presente, que se forja por la deficiente organización y generación de desperdicios en el proceso, que causan la existencia de operaciones, transporte o movimientos innecesarios, que retrasan la productividad de la empresa.

De este modo, a través realizar un levantamiento de la información, se identifica los procesos productivos de la empresa, para determinar el tiempo estándar de cada área, juntamente con la capacidad productiva de la línea de producción y la identificación de desperdicios que afectan negativamente a la productividad, esto se plasma en un VSM (Value Stream Mapping, o Mapa del flujo de valor), por ser una herramienta de diagnóstico que evidencia la situación y condiciones actuales del proceso.

Mediante la propuesta para el mejoramiento del proceso productivo para la fabricación de resistencias eléctricas industriales, existe un enfoque sobre la aplicación de herramientas de mejora como la metódica 5S's, SMED (Single Minute Exchange of Die o “cambio de matriz en menos de 10 minutos”) y estandarización, para eliminar y/o reducir los desperdicios identificados, a la vez, se mejora el tiempo de procesamiento de estos. De esta manera, se reduce el tiempo de ciclo del proceso de 96.9 minutos a 78.16 minutos, lo que representa un mejoramiento del 19.33% y se refleja en un incremento de la capacidad productiva de 297 resistencias mensuales a 368 resistencia al mes, beneficiando significativamente a la empresa.

Palabras clave: Mejoramiento de proceso productivo, metódica 5S, Single Minute Exchange of Die, estandarización de procesos.

ABSTRACT

The purpose of this research work is to improve the production process for the manufacture of industrial electrical resistors at Tesla Electricidad y Electrónica. First, an analysis and diagnosis of the current situation of the production area of the company was made in order to identify the conditions in which the productive operations are carried out, recognizing the problem present in the production area that is forged by the deficient organization and the generation of waste in the process, which cause the existence of unnecessary operations, transportation or movements that delay the productivity of the company.

Thus, through a survey of information, the company's production processes were identified, to later determine the standard time of each one of them, together with the production capacity of the production line and the identification of the waste that negatively affects productivity in order to capture it in a VSM (Value Stream Mapping), as it is a diagnostic tool that allowed to show the situation and the current conditions of the production process.

A proposal was made to improve the production process for the manufacture of industrial electrical resistors, through the application of improvement tools such as the 5S's method, SMED (Single Minute Exchange of Die) and Standardization to eliminate and/or reduce the waste identified in the process, while improving the processing time of these. In this way, the process cycle time was reduced from 96.9 minutes to 78.16 minutes, which represents an improvement of 19.33%, and this is reflected in an increase in production capacity from 297 resistors per month to 368 resistors per month, significantly benefiting the company.

Keywords: Production process improvement, 5S methodology, Single Minute Exchange of Die, standardization of processes.

INTRODUCCIÓN

En las situaciones actuales, bajo las cuales, se desenvuelve diariamente una planta de producción, se denota amplios niveles de competitividad entre empresas y organizaciones que destinan sus actividades en brindar sus productos o servicios; de tal manera que, este obstáculo ha obligado a que, las industrias mejoren sus procesos, con la implementación de maquinaria y/o equipos de vanguardia en sus instalaciones o con la aplicación de nuevas herramientas o métodos de trabajo en sus operaciones, con el propósito de mejorar sus procesos e incrementar sus productividad.

El grado de interés de la empresa “Tesla Electricidad y Electrónica”, se enfoca en la mejora de productividad, mediante el estudio de tiempos, con el propósito de reducir actividades innecesarias en cada proceso relacionado con la fabricación de resistencias eléctricas industriales y, a la vez, eliminar actividades que no agreguen valor a los clientes.

La investigación es de gran importancia, puesto que, requiere alcanzar beneficios dentro de las instalaciones de la empresa, hablando en temáticas de organización de las actividades, procesos y la capacidad de producción, esto ligado con la optimización de los recursos empleados para la fabricación de las resistencias eléctricas industriales.

Desde otro punto de vista, la investigación genera un impacto positivo para la empresa “Tesla Electricidad y Electrónica”, el efectuar un estudio de tiempos en el proceso productivo de resistencias eléctricas industriales, puede resultar en la eliminación de tareas improductivas, garantizando una estandarización de la línea de producción; lo que posteriormente refleja en la entrega de productos finales a los clientes en menores plazos de entrega.

De igual manera la investigación es de utilidad, porque se fundamenta en fuentes de información actualizadas acorde a la temática planteada; dicha información se toma como referencia a partir de fuentes confiables como libros, artículos científicos, revistas, investigaciones y documentación empresarial. Del mismo modo la investigación tiene utilidad práctica, debido a que, con el desarrollo, se plantea una solución a la problemática presente en la empresa.

Los principales beneficiarios del estudio son la empresa “Tesla Electricidad y Electrónica”, los operarios y consumidores o clientes, puesto que, se reduce tiempos de entrega; como una consecuencia de la estandarización de sus procesos, en los que se efectúa mejoras para establecer un ritmo de trabajo adecuado en las operaciones productivas.

La factibilidad, se lleva a cabo en las instalaciones de la empresa “Tesla Electricidad y Electrónica”, por lo que, se recolecta la información pertinente para dar una solución a la problemática presente en la empresa. Desde otra perspectiva se cuenta con la supervisión empresarial para la ejecución de este estudio.

El Capítulo I, sustenta el marco teórico, donde, se evidencia los antecedentes investigativos, la contextualización del problema y la fundamentación teórica que brinde un enfoque adecuado, para concluir en esta sección, se presenta los objetivos planteados.

El Capítulo II, detalla los materiales, el enfoque, las modalidades de investigación, se detalló la población analizada, la recolección, procesamiento y análisis de los datos.

El Capítulo III, describe la organización, productos y su proceso productivo para la fabricación de resistencias eléctricas industriales; se emplea herramientas del estudio del trabajo, tiempos estándar y capacidad de producción de la planta. Concretando esta sección, se detalla una propuesta de mejora del proceso productivo.

El Capítulo IV, evidencia las conclusiones y recomendaciones, generadas de los resultados alcanzados, acorde a los objetivos planteados y a los efectos obtenidos en el transcurso de la investigación.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de Investigación

“MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA LA FABRICACIÓN DE RESISTENCIAS ELÉCTRICAS INDUSTRIALES EN LA EMPRESA TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA”

1.2 Antecedentes Investigativos

En la actualidad, la mejora y optimización de los procesos productivos ha tomado mucha importancia para que las empresas logren subsistir o expandirse en su mercado; por ello, las organizaciones han optado por implementar sistemas que agilicen y mejoren sus procesos de una manera apropiada, mediante la aplicación de sistemas de gestión de calidad, buenas prácticas de manufactura, estudio de tiempos, entre otras metodologías que permitan agregar valor a sus procesos y por ende a sus productos o servicios finales, con el propósito de llevar a cabo un control adecuado de todas las actividades operativas. En mención a lo anterior, las industrias se han encaminado a una búsqueda de mejora continua, de tal manera que se mantengan flexibles de acuerdo con las exigencias del mercado con niveles de productividad ideales para cumplir con las necesidades de sus clientes internos o externos [1].

Según la Organización Internacional del Trabajo, mediante la ingeniería de métodos y el estudio de tiempos se logra mejorar los procesos, debido a que se pueden incrementar los niveles de productividad, a la vez que se optimizan los tiempos de procesamiento y se reducen las distancias que recorren los operarios para efectuar una determinada actividad productiva. Del mismo modo, se menciona que el estudio de tiempos permite mejoras en la distribución física de las instalaciones de las organizaciones, así como la estandarización de los tiempos implementando nuevos métodos de trabajo [2].

Analizando la problemática a nivel global, muchos autores mencionan que, en las industrias manufactureras se ejecutan una gran cantidad de operaciones o actividades que no aportan ningún tipo de valor, sino que al contrario generan desperdicios de todo

tipo de índole [3]. Solo el 5% de las actividades que se desarrollan en las industrias manufactureras generan algún tipo de valor, mientras que el 60% agregan un valor parcial; por otro lado, Khusaini, menciona que, menos del 10% de las actividades agregan valor a las operaciones, a los productos o a los servicios y casi un 60% no agrega ningún valor [4].

Es por aquello que, las organización a nivel mundial se han dedicado a desarrollar técnicas y metodologías de mejora continua con las que incrementen sus niveles de efectividad y productividad ligando la parte de la mano de obra con la parte tecnológica de las máquinas, instrumentos o equipos, muchas de estas organizaciones han encontrado una solución al problema presente en sus procesos a través de la aplicaciones del estudio de tiempos y movimientos en conjunto con herramientas de manufactura ajustada para mejorar sus tiempos de ciclo, a la vez que se reduzcan los desperdicios generados en los procesos [5].

Desde otra perspectiva, un estudio de tiempos ha permitido eliminar o mejorar los elementos innecesarios que estrictamente afectan a la productividad, a la calidad de producción y a la seguridad de los operadores, de modo que, se equilibre las líneas mediante métodos de trabajo más fáciles y estandarizados, para incrementar los niveles de eficiencia y eficacia en la producción [6].

De esta manera, el estudio de tiempos se ha ido complementando con diagramas de Ishikawa, diagramas de procesos o incluso con el método de las 6M para detectar las causas que generan la problemática de tiempos muertos, tiempos improductivos y/o de ocio extensos [7]. Un enfoque en la producción de calzado, luego de aplicar el estudio de tiempos en sus procesos, logrando estandarizar operaciones y distribuir de forma equitativa las áreas de trabajo generando un impacto positivo en la productividad, de forma que se incrementa sus niveles de eficiencia en un 5.49 % [8].

Al complementar correctamente el estudio de tiempos y movimientos con la manufactura ajustada, se puede mejorar los niveles de rendimiento y productividad de una planta de producción, de este modo, lograron alcanzar un índice de mejora de la planta de 0.77 a 0.86, reflejando en un incremento de la productividad de la empresa en un 11.45%, debido a la mejora en la utilización de los recursos, a la reducción de

movimientos del personal y de los materiales y el tratamiento oportuno de los cuellos de botella del proceso productivo [9].

A nivel de Latinoamérica, el área de producción de resistencias eléctricas industriales, mejoró la productividad de las operaciones, mediante la aplicación de un estudio de tiempos, de tal manera que, en este trabajo, incrementó la productividad en el proceso productivo de resistencias tubulares a un 78% que, inicialmente se encontraba con un valor del 58%, alcanzando un 20% de mejora y esto se logra gracias a la reducción de actividades en el proceso; eliminando aquellas que son innecesarias y mejorando las actividades necesarias para la fabricación de resistencias eléctricas industriales [10].

En concordancia a lo anterior, mediante la mejora de los procesos en el ámbito laboral, se soluciona la problemática de entrega de productos a los clientes en destiempo, es decir, se elimina la existencia de retardos en las fechas de entrega prometida; pues gracias a esta metodología se detectan los cuellos de botella en los procesos productivos, así como las posibles causas que los generan con el objetivo de tomar decisiones de mejora con la ideología de implementar acciones correctivas para cumplir con el propósito de los procesos de producción y por ende satisfacer los requerimientos de los clientes [11].

Al aludir sobre la temática del mejoramiento de los procesos, se han especificado y determinado nuevos métodos o formas para efectuar un trabajo con el propósito de que se minimice y de ser posible se eliminen las demoras en los procesos de producción. En su caso relacionado con una empresa pesquera se identificó que las demoras dentro del proceso de corte y pesado era de 14,75% del tiempo total de una jornada laboral diaria y; posteriormente, al analizar el proceso con la ayuda del estudio de tiempo se logró reducir el tiempo de operación de corte y pesado de 37,78 minutos por panera a 22,60 minutos por panera consiguiendo que la productividad del proceso mencionado se incremente en un 34,52% [12].

En el Ecuador, la mejora continua de los procesos de producción ha tomado mucha importancia en gran porcentaje de organizaciones, pues a través de esta se pueden mantener altamente competitivas en sus respectivos mercados. Desde este punto de vista en una empresa dedicada a la producción de calzado se realizó un estudio de

tiempos y movimientos para mejorar el método de trabajo de los procesos productivos mediante la implementación de diagramas de flujo, diagramas de proceso, cursogramas y entre otros, de modo que se eliminen todos los aspectos o factores que se encontraban fuera del contexto de la producción, en este estudio se incrementó la productividad de la empresa al reducir el tiempo de producción de 48 pares de zapatos de 863.32 minutos a 766.31 minutos lo que representa un 12.65% de mejora para el proceso de producción de zapatos [13].

Una evidencia es que, los niveles de eficiencia en la producción se incrementan en un 22.5%, luego de elaborar una propuesta de mejora para el proceso productivo a través del estudio de tiempos y movimientos. Enfocar la solución sobre el manejo de tiempos improductivos causados por máquinas y por la desorganización de los empleados, representaban un valor del 41.65% del tiempo disponible de la jornada laboral, mientras que, al implementar las mejoras para la producción el tiempo improductivo, se redujo a un 24.72% el tiempo disponible de trabajo [14].

Al implementar herramientas de ingeniería en los procesos productivos, se puede mejorar la producción de las industrias manufactureras, tal es el caso que, al combinar el estudio de tiempos y movimientos con herramientas de manufactura ajustada para estandarizar la planta, se elimina desperdicios y se mejora el orden y limpieza de las instalaciones, minimizando con aquello el tiempo de procesamiento de 1.46 minutos a 1.28 minutos lo que representa un 11.90% de mejora en la productividad de la organización [15].

1.2.1 Contextualización del problema

Actualmente y a nivel mundial, las empresas sin importar su sector; industrial y/o comercial, se enfrentan constantemente a retos condicionados por el tipo de mercado en el que se desenvuelven; puesto que estos mercados exigen niveles de eficiencia y desempeño cada vez más altos en la elaboración de procesos productivos. Hablando de este ámbito; el mejoramiento de los procesos, a través del estudio de tiempos ha tomado gran importancia para las organizaciones, debido a las necesidades que presentan para encontrar y crear nuevas formas o métodos para realizar un determinado trabajo, de tal manera que se incrementen sus niveles de producción [16].

En relación con los niveles de productividad, gran parte de organizaciones se han visto inmersas en una serie de problemáticas y por ende a una variedad de toma de decisiones, de tal manera que garanticen su subsistencia dentro de su ámbito industrial o comercial. Dentro de estas decisiones la principal ideología ha sido y será la satisfacción de los clientes a través del cumplimiento de todas sus necesidades y requerimientos, de modo que se brinden productos de calidad en tiempos de entrega mínimos [17]. A causa de aquello, las industrias han buscado mejorar sus procesos mediante la adquisición de tecnología y maquinaria de vanguardia, así como la aplicación y planificación de nuevos métodos de trabajo y esto a la vez ligado con una capacitación constante de sus trabajadores [18].

Según la Organización Internacional del Trabajo, los tiempos improductivos representan un gran problema para las empresas manufactureras o de servicios, pues a medida que las organizaciones crecen estas se ven obligadas a cumplir con los requerimientos exigidos por los clientes [19]. En ocasiones, las empresas optan por contratar personal sin experiencia o incluso trabajar horas extras empíricamente lo que provoca que los sistemas sean inestables y no se consideren acciones de mejora dentro de sus procesos. Por otra parte, un factor relevante que fundamenta la problemática de los tiempos improductivos es que los operarios realizan su trabajo simplemente por obligación, causando que solamente cumplan con lo necesario y sin el interés de que la empresa a la que representan sobresalga entre su competencia [20].

Actualmente, el crecimiento de la competencia a nivel mundial y nivel Latinoamérica se ha convertido en uno de los factores más determinantes que exigen a las organizaciones a buscar constantemente herramientas que les permitan tener un enfoque de mejora continua en procesos, productos, bienes o servicios [21]. Por esta causa las empresas se ven en la necesidad de adaptarse a este tipo de herramientas para mantenerse competitivas en sus mercados, principalmente reduciendo sus costos de operación y maximizando los beneficios para todas las partes interesadas; para satisfacer estos requerimientos el estudio de tiempos y movimientos juntamente con la manufactura ajustada, se han transformado en una filosofía de buenas prácticas de gestión para reducir desperdicios y mejorar la efectividad operativa [22].

El estudio de tiempos ha tomado gran importancia para la mejora de los procesos productivos de las empresas, pues a través de una correcta aplicación de esta

metodología en sus actividades operativas se lidia contra la gran problemática de tiempos improductivos (tiempos ajenos a la producción), tiempos de ocio excesivos o tiempos muertos hasta el punto de reducirlos o eliminarlos; lo que causa un impacto positivo para las industrias, pues, se logra incrementar los niveles de productividad y por ende los niveles de rentabilidad de las organizaciones [23].

Con referencia a los niveles de productividad, su incremento esta netamente relacionado con las acciones internas que llevan a cabo las organizaciones, como las acciones o actividades de mejora para lograr una mayor participación en el mercado. No obstante, en las pequeñas y medianas empresas, se considera que, la implementación de herramientas de manufactura ajustada es algo complicado y difícil de hacer; este pensamiento negativo se ve plasmado en una producción restringida con carencia de estándares de calidad, con la generación de desperdicios y con tiempos de producción altamente elevados a causa de las actividades y movimientos innecesarios existentes [24].

En el Ecuador varias industrias se han enfrentado a problemas ligados con el manejo de operaciones y en gran porcentaje causan impactos negativos en los niveles de producción; para solucionar estos problemas la ingeniería de métodos mediante el estudio de tiempos ha permitido que los sistemas sean más robustos y flexibles, de modo que se hallen nuevas formas de efectuar un mismo trabajo de una manera apropiada para mejorar los procesos productivos mejorando sus productos [23], [25]. Por otra parte, las industrias plenamente se encuentran en una constante búsqueda de mejora con la finalidad de obtener propuesta que mejor se acoplen a sus necesidades; garantizando con aquello operaciones y procedimientos seguros en los que se eliminen tiempos improductivos y se considere aspectos de eficiencia y eficacia en las operaciones [25].

Un factor que afectan de manera negativa, a las empresas, es que, crecen y operan empíricamente y en muchas ocasiones se oponen a los cambios que exigen y demandan los mercados y clientes; es por esta razón que existe una mala disposición de las operaciones que no tienen una filosofía o enfoque de mejora continua, lo que se desemboca en la generación de tiempos de producción extensos, movimientos innecesarios, tiempos de espera, sobre producción o inclusive operaciones que no agregan valor.

De acuerdo con este criterio, las industrias y organizaciones ecuatorianas que no incluyen herramientas de mejora basadas en el estudio de tiempos movimientos y manufactura ajustada, dejan desapercibidos los beneficios que se podría alcanzar como incremento de la productividad, procesos mayormente flexibles con mejores niveles de capacidad productiva para responder las necesidades de todos sus clientes internos o externos [26].

“Tesla Electricidad y Electrónica”, empresa orgullosamente ambateña, se dedica a la distribución y comercialización de equipos eléctricos y electrónicos desde el año 2010. Con el pasar de los años, la organización ha ido aprovechando todas las oportunidades que se le han presentado, de modo que en la actualidad se encuentra bien posicionada dentro del mercado local y nacional. Por otra parte, la empresa, ha ganado notoriedad en su sector comercial; lo que ha provocado la necesidad de adquirir tecnologías, equipos y maquinaria de vanguardia para implementarlas dentro de sus procesos productivos.

No obstante, un impacto negativo para la empresa “Tesla Electricidad y Electrónica” se ve relacionado con procesos y procedimientos empíricos, sin un orden adecuado o ideal, para el desenvolvimiento de sus operaciones, lo que se ve reflejado en la cantidad de tiempo que emplean los operarios para efectuar una tarea específica, pues al no contar con estándares de tiempo en sus actividades productivas se da paso a la existencia de tiempos improductivos o tiempos ajenos a la producción, así como tiempos de ocio excesivos y todo aquello en conjunto se plasma en bajos niveles de productividad de los procesos de fabricación; dando como resultado cierto grado de insatisfacción en los clientes porque reciben sus productos en tiempos de entrega extensos, siendo esta causa un motivo de disgusto en la clientela hasta provocar su abandono a la empresa y afectar su rentabilidad económica.

1.2.2 Fundamentación teórica

Ingeniería de Métodos

Se encarga de la ubicación del ser humano en el proceso de producción como puede ser fabricación de productos o prestación de servicios; el enfoque es el de decidir en donde encajará el trabajador en todo el proceso en el que se convertirá la materia prima en un producto terminado, además ayuda a decidir como la persona desempeña la tarea

de forma efectiva dentro del proceso asignado. Esto indica que la importancia de la Ingeniería de Métodos se centra en el desempeño del personal dentro de cualquier actividad, ya que el costo de preparación y capacitación de una persona tiende a ser más alto. Por tal motivo comprende el estudio del proceso de producción, fabricación de bienes o prestación de servicio con ayuda de estudio de movimientos y cálculo de tiempos para poder prever en donde encaja mejor el personal o que método es más eficiente para el manejo de herramientas y maquinaria dentro de la producción [27].

Por otra parte, la ingeniería de métodos contempla el diseño, creación y selección de los mejores métodos de fabricación, procesos, herramientas, equipos y habilidades para manufacturar un producto con base en las especificaciones establecidas. Principalmente, refiere a una técnica para aumentar la producción por unidad de tiempo o reducir el costo por unidad de producción, como se muestra en la Figura 1 [28].

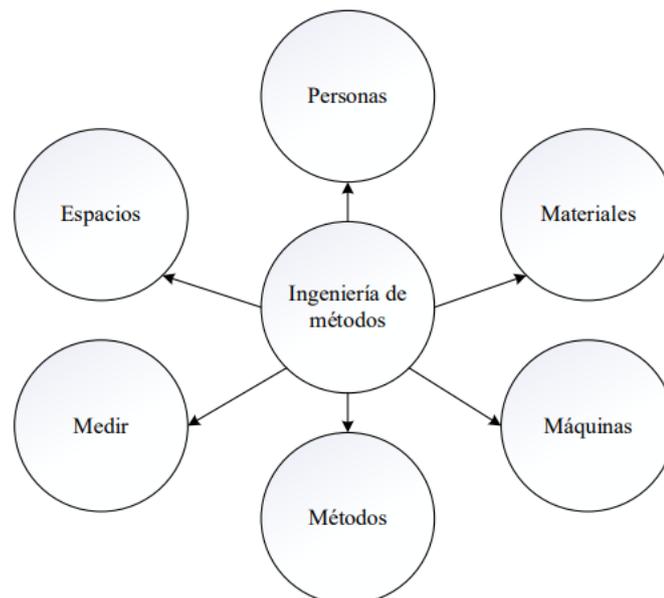


Figura 1. Interrelación de la ingeniería de métodos [28]

Estudio del trabajo

Se define como la evaluación de las condiciones de trabajo para así aprovechar de mejor forma el esfuerzo humano frente a las distintas operaciones con el fin de obtener eficiencia en el uso de recursos y mantener los debidos estándares según el desarrollo de las actividades, en si el estudio de trabajo es de alta importancia para la evaluación del entorno en donde se desempeñará el personal y las condiciones de fatiga física o

inconformidad ambiental pues, se establece condiciones como iluminación, ruido, ventilación, temperatura humedad, vibración, organización, orden y limpieza [27].

El estudio del trabajo está constituido por dos técnicas que se relacionan entre sí, por un lado, se encuentra el estudio de métodos que se relaciona con la reducción del contenido de trabajo de una actividad o procedimiento determinado, con el fin de obtener mejoras [29].

Por otra parte, se encuentra la medición del trabajo que permite identificar el tiempo improductivo de un determinado proceso con el objetivo de aplicar normas de tiempo para el cumplimiento de las operaciones de una manera más eficiente [30]. La Figura 2, muestra las técnicas del estudio del trabajo.

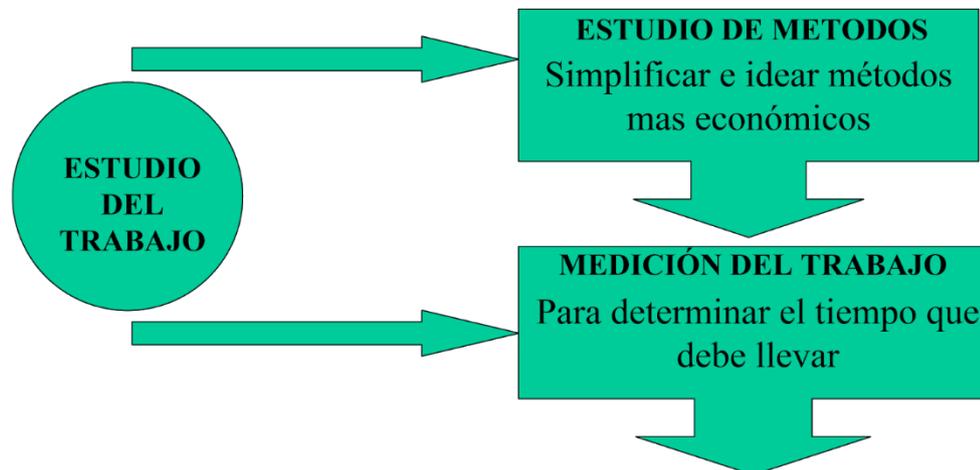


Figura 2. Técnicas o herramientas del estudio del trabajo [28]

Procedimiento básico para el estudio del trabajo

Para la correcta ejecución del estudio de trabajo se pueden seguir 8 pasos fundamentales que se detallan a continuación:

- 1) Seleccionar la actividad a estudiar
- 2) Registrar los datos de importancia con respecto a la actividad o tarea a estudiar usando las técnicas más adecuadas y organizando los datos de la manera más simple posible para el debido análisis.
- 3) Examinar las evidencias registradas de forma crítica, según si se justifica o no lo que se está realizando en la actividad y si ayuda a cumplir el propósito de esta,

además del lugar donde se ejecuta, su orden, el responsable y los medios a disposición para la actividad.

- 4) Establecer el método más económico, tomando en cuenta las circunstancias y las diferentes opiniones del personal, como son los distintos enfoques que aportarán los dirigentes, supervisores, trabajadores y otros, todos deben analizarse.
- 5) Evaluar los resultados generados con el nuevo método aplicado contrastando la cantidad de trabajo y el tiempo tipo con el antiguo método.
- 6) Definir el nuevo método aplicado y el tiempo tipo respectivo, para después presentarlo de forma verbal o por escrito, a todas las personas interesadas, usando demostraciones.
- 7) Implantar el método definido, formando y capacitando a las partes interesadas en él, para evaluarla como practica general en el tiempo tipo fijado.
- 8) Mantener en práctica el nuevo método siguiendo los resultados obtenidos y comparándolos con los objetivos planteados [31].

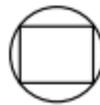
Diagramas para el estudio de métodos

Son una herramienta gráfica que permite crear una visión más concisa del proceso para el estudio, también permite tener una idea de cómo podría quedar un nuevo método para mejorar el método de trabajo actual, en donde la representación es de forma gráfica y se visualiza los cambios entre ambos [32].

Existen varios modelos sobre los cuales se puede identificar los métodos para elaborar un diagrama, alrededor del mundo, existe normativa no estandarizada, sin embargo, entidades dedicadas al control de calidad, han realizado estudios para determinar los símbolos globales, dando como resultado, el objetivo común, mantener el lenguaje para que se entienda, en cualquier parte [32].

También existen hojas de levantamiento de procesos en donde se registran los detalles y tiempos de cada fase del proceso descompuesto en actividades para así pasar después a los diagramas [32]. Todos estos diagramas emplean una simbología, como se observa en la Tabla 1, para la representación de cada evento para conseguir así una visión global del proceso [33].

Tabla 1. Simbología ASME para diagramas en el estudio de tiempos [33]

| Actividad | Símbolo | Detalle |
|---------------------|---|---|
| Operación |  | Representa un cambio sobre el terminado del producto. |
| Inspección |  | Se basa en la revisión o comprobación de algún criterio. |
| Transporte |  | Indica el traslado físico de punto a punto siendo de un trabajador producto o materiales. |
| Espera |  | Representa un tiempo de espera de un evento. |
| Almacenamiento |  | Indica cuando un objeto es ingresado en un almacén para ser tratado en tiempo futuro. |
| Operación combinada |  | Muestra la existencia de varias actividades en el mismo tiempo. |

Cursograma sinóptico

Es una herramienta para el análisis del proceso en el que se puede representar de forma gráfica y sistemática en orden secuencial las diferentes actividades que realiza el personal en los procesos de producción, en este diagrama solo pueden aparecer las operaciones, inspecciones y materiales usados en el proceso, y permiten el análisis de las tareas desempeñadas para así detectar errores o mejoras, su representación se muestra en la Figura 3 [34].

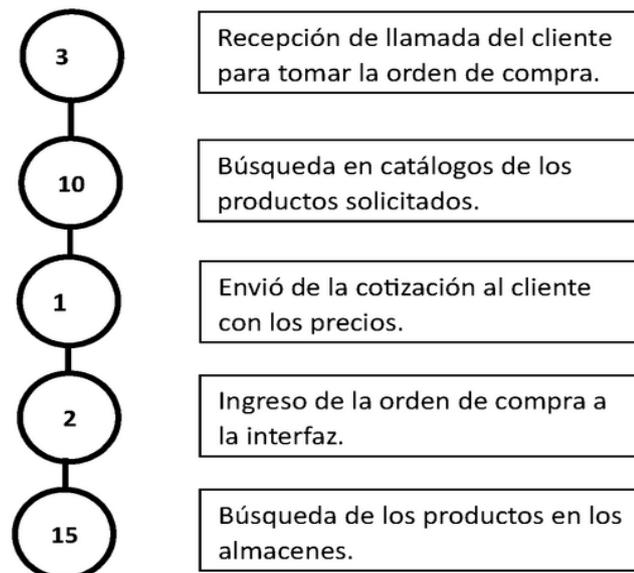


Figura 3. Cursograma sinóptico [34]

Cursograma analítico

Es un diagrama que indica la secuencia lógica de todas las tareas interconectadas con los procesos de producción, desde la llegada de la materia prima hasta el producto final, este tipo de diagrama es útil para la identificación de periodos no productivos como son retrasos de almacenamiento y traslados del artículo en el recorrido y con esto se puede partir para su mejoramiento, un formato clásico de un cursograma analítico se expone en la Figura 4 [35].

| Actividad | | | Resumen | | | | | |
|--|---------------|--------------|----------------|----------|--------------|---|---|---------------|
| SMT Emsamble | | | Actividad | Cantidad | Tiempo Total | | | |
| | | | Operación | 6 | 13,24 | | | |
| Diagrama 3 | | | Transporte | 4 | | | | |
| | | | Espera | | | | | |
| Hoja 1 | | | Inspección | 1 | | | | |
| | | | Almacenamiento | 2 | | | | |
| Descripción | Distancia [m] | Tiempo [min] | Símbolo | | | | | Observaciones |
| | | | ● | ➔ | ◐ | ■ | ▼ | |
| Recepción de Materia prima | | | | | | | | |
| Traslado de MP a almacén correspondiente | 6 - 20 | | | | | | | |
| Disposición de MP en almacén correspondiente | | | | | | | | |
| Traslado de MP a Impresora | 8 - 20 | | | | | | | |
| Impresora | | 2 | | | | | | |
| HI Speed mount | | 2,5 | | | | | | |
| Flexible cheap mount | | 2,22 | | | | | | |
| Horno | | 3,52 | | | | | | |
| AOI | | | | | | | | |
| Traslado a inicio de zona de emsamble | 5 | | | | | | | |
| Ensamble manual | | 3 | | | | | | |
| Traslado de PT a almacén correspondiente | 5 - 10 | | | | | | | |
| Disposición de PT en almacén correspondiente | | | | | | | | |

Figura 4. Cursograma analítico [35]

Estudio de tiempos

Es una herramienta usada para medir el trabajo, cuya finalidad es la de realizar un determinado trabajo de una forma más fácil y productiva, partiendo de la detección de movimientos ineficientes para la ejecución de una tarea determinada, como tal ambos estudios van de la mano pues el estudio de tiempos ayuda a la verificación del estudio de movimientos con respecto a la prueba de una implantación de un método nuevo, el cual será mejorado si existe una reducción del tiempo, así también se obtendrá una medida del tiempo necesario para realizar un trabajo o actividad y su objetivo es el de establecer un tiempo estándar para toda una operación, y sus resultados sirven para la determinación del tiempo requerido para un operador calificado [36].

Numero de observaciones

Según el criterio de la General Electric que se muestra en la Tabla 2, se recomienda un número determinado para la toma de ciclos de observaciones para un estudio de tiempos en base a una toma de tiempo de ciclo observada [7].

Tabla 2. Número recomendado de ciclos de observación, según General Electric [7]

| Tiempo de ciclo (minutos) | Número de observaciones recomendadas |
|---------------------------|--------------------------------------|
| 0.10 | 200 |
| 0.25 | 100 |
| 0.50 | 60 |
| 0.75 | 40 |
| 1.00 | 30 |
| 2.00 | 20 |
| 2.00 a 5.00 | 15 |
| 5.00 a 10.00 | 10 |
| 10.00 a 20.00 | 8 |
| 20.00 a 40.00 | 5 |
| 40 o más | 3 |

Tipo de cronometraje

Se puede elegir entre dos tipos de cronometraje para la realización de un estudio de tiempos, que se mencionan a continuación:

Cronometraje con vuelta a cero: En este caso el tiempo tomado es desde el inicio de la tarea hasta el final de esta, y en ese momento se pausa el cronómetro para tomar la lectura y se lo vuelve a cero para la siguiente toma de tiempo.

Cronometraje acumulativo: en este cronometraje el reloj empieza y no se reinicia, sino que cada vez que se termina una toma de tiempo se marca su final y queda registrado el total del tiempo tomado desde el inicio, para al final realizar sus respectivas restas y obtener el tiempo correspondiente a cada actividad, este método permite una toma más exacta y rápida de los tiempos de las actividades [37].

Valoración del ritmo

Según la escala de valoración británica (obsérvese Figura 6), se puede definir un ritmo tipo de un trabajador según la descripción de su desempeño, por lo general para una apreciación promedia el trabajador debería encajar en un valor de 100, y este valor es usado para obtener el tiempo normal [39].

| | CLASIFICACIÓN | CRITERIO DE EVALUACIÓN |
|---|--|--|
| 5 | Muy por encima de las expectativas | Desempeño extraordinario |
| 4 | Por encima de las expectativas | Desempeño por encima de las expectativas |
| 3 | Cumple con las expectativas | Desempeño que cumple con las expectativas |
| 2 | Ligeramente por debajo de las expectativas | Desempeño que apenas cumple con las expectativas |
| 1 | Muy por debajo de las expectativas | Desempeño inaceptable |

Figura 6. Ritmo de trabajo según la escala de valoración británica [12]

Por otra parte, para la valoración del ritmo de trabajo de los operarios también se puede emplear el método de nivelación propuesto por la Westinghouse Electric Corp., que considera cuatro factores como la habilidad, esfuerzo, condiciones de trabajo y consistencia como se muestra en la Figura 7.

| HABILIDAD | | | ESFUERZO | | |
|-------------|----|------------|-------------|----|-----------|
| 0.15 | A1 | Superior | 0.13 | A1 | Excesivo |
| 0.13 | A2 | | 0.12 | A2 | |
| 0.11 | B1 | Excelente | 0.10 | B1 | Excelente |
| 0.08 | B2 | | 0.08 | B2 | |
| 0.06 | C1 | Buena | 0.05 | C1 | Bueno |
| 0.03 | C2 | | 0.02 | C2 | |
| 0.00 | D | Media | 0.00 | D | Medio |
| -0.05 | E1 | Aceptable | -0.04 | E1 | Aceptable |
| -0.10 | E2 | | -0.08 | E2 | |
| -0.16 | F1 | Pobre | -0.12 | F1 | Pobre |
| -0.22 | F2 | | -0.17 | F2 | |
| CONDICIONES | | | REGULARIDAD | | |
| 0.06 | A | Ideales | 0.04 | A | Perfecta |
| 0.04 | B | Excelentes | 0.03 | B | Excelente |
| 0.02 | C | Buenas | 0.01 | C | Buena |
| 0.00 | D | Medias | 0.00 | D | Media |
| -0.03 | E | Aceptables | -0.02 | E | Aceptable |
| -0.07 | F | Pobres | -0.04 | F | Pobre |

Figura 7. Criterios del método de nivelación [5]

La Tabla 3, muestra la escala de valoración de cada uno de los factores antes mencionados según este método de valoración.

Tabla 3. Valoración del ritmo de trabajo – método de nivelación [40]

| Índices de desempeño – Método de nivelación | | | | | | | |
|---|--------------|----------|--------------|--|-------------|--------------|---------------|
| Habilidad | | Esfuerzo | | Condiciones | | Consistencia | |
| 0,15 | A1-Superior | 0,13 | A1-Excesivo | 0,06 | A-Ideales | 0,04 | A-Perfecto |
| 0,13 | A2-Superior | 0,12 | A2-Excesivo | 0,04 | B-Excelente | 0,03 | B-Excelente |
| 0,11 | B1-Excelente | 0,10 | B1-Excelente | 0,02 | C-Buenas | 0,01 | C-Buenas |
| 0,08 | B2-Excelente | 0,08 | B2-Excelente | 0,00 | D-Promedio | 0,00 | D-Promedio |
| 0,06 | C1-Bueno | 0,05 | C1-Bueno | -0,03 | E-Regulares | -0,02 | E-Regulares |
| 0,03 | C2-Bueno | 0,02 | C2-Bueno | -0,07 | F-Malas | -0,04 | F-Deficientes |
| 0,00 | D-Promedio | 0,00 | D-Promedio |  | | | |
| -0,05 | E1-Aceptable | -0,04 | E1-Aceptable | | | | |
| -0,10 | E2-Regular | -0,08 | E2-Regular | | | | |
| -0,16 | F1-Malo | -0,12 | F1-Malo | | | | |
| -0,22 | F2-Malo | -0,17 | F2-Malo | | | | |

Preparación para ejecutar el estudio

Se debe tomar diferentes medidas para no afectar los resultados del estudio, en primer lugar, se debe seleccionar el trabajo en base del orden de operaciones, segundo elegir a los operarios según su habilidad y experiencia, tercero pedir la ayuda de un trabajador para la ejecución del estudio, y al final realizar un análisis para comprobar el método de trabajo y su tiempo estándar [38].

Selección de trabajo: Para esto se necesita un diagrama en el cual se pueda visualizar con detalle cada proceso de producción, para así saber a detalle la toma tiempo de inicio a fin de cada tarea.

Selección de operarios: Para su selección se evalúa el desempeño de forma individual y se basa según una tabla de índice de desempeño [38].

Suplementos

La energía usada de un trabajador para llevar acabo sus diferentes actividades viene a ser de gran relevancia para el estudio de tiempos, debido a que un trabajador no será capaz de tener el mismo desempeño de trabajo durante toda la jornada en base al esfuerzo humano y la fatiga, por esta razón se pueden prever diferentes suplementos para el trabajador; estos detallan a continuación y su cálculo parte de un estudio referente a la situación de cada empresa según los criterios ya establecidos [41].

Suplementos fijos

Suplementos por necesidades personales: En estos se enmarcan el tiempo de un trabajador para beber agua, lavarse las manos o ir al baño entre otros.

Suplementos por fatiga: Esto se refiere a la compensación por la energía consumida por la elaboración de un trabajo puesto que ningún trabajador puede ejecutar el mismo desempeño durante todo el día, se puede tomar un descanso para alivio de la monotonía y recuperación de energía [42].

Suplementos variables

Estos suplementos se calculan por las condiciones de trabajo y tener un panorama más real, dentro de estos se examinan las condiciones ambientales y factores estresantes o que fatigan al trabajador como malas posturas, monotonía, entre otros [42]. La lista de suplementos emitida por la Organización Internacional del trabajo se presenta en el Anexo 1.

Tiempo normal

Este valor se puede calcular mediante el tiempo observado promedio según el número de observaciones realizadas por el valor del índice de desempeño, este valor será el tiempo empleado por un trabajador para realizar sus tareas sin considerar sus suplementos [43]. Para su cálculo se emplea la ecuación 1.

$$Tn = \overline{TO} \times ID \quad (1)$$

Tn = Tiempo normal

\overline{TO} = Tiempo observado promedio

ID = Índice de desempeño.

Tiempo estándar

Es el valor de tiempo justo y necesario para que un trabajador calificado y capacitado, trabajando a un ritmo normal y tomando en cuenta sus suplementos por fatiga y necesidades básicas, podrá ejecutar sus respectivas tareas dentro del proceso que maneje, y se usa la ecuación (2) para su cálculo [43].

$$Ts = Tn \times \left(1 + \frac{\sum \text{Suplementos}}{100} \right) \quad (2)$$

Proceso productivo

Un proceso productivo o proceso de producción es un conjunto de actividades que se direccionan a la transformación de los recursos en bienes tangibles y/o servicios; su objetivo principal es cumplir con la satisfacción de la demanda de los clientes. Desde

otra perspectiva, un proceso productivo es un sistema de acciones que se relacionan entre sí para transformar elementos, sistemas o procesos; para cumplir con esto es necesario que existan factores de entrada a lo largo de todo el proceso que saldrán con cierto valor agregado al finalizar las operaciones [39].

Mejoramiento continuo

Es una filosofía que se basa en el trabajo en equipo y se enfoca en una búsqueda constante de la mejora en las acciones, actividades, operaciones y procesos de las organizaciones, a partir de ciertos criterios de calidad, satisfacción, seguridad, tiempo de ciclo y flexibilidad, como la manufactura ajustada, Seis Sigma, Gestión de calidad total, Teoría de restricciones y Kaizen [44]. Para alcanzar el mejoramiento continuo de los procesos de cualquier tipo de empresa se deben considerar:

1. Compromiso de la alta directiva,
2. Consejo directivo del mejoramiento,
3. Participación total de la administración,
4. Intervención de todo el personal,
5. Colaboración individual,
6. Equipos de control de los procesos,
7. Involucramiento de participación de los proveedores,
8. Aseguramiento de la calidad,
9. Planes y estrategias a corto y largo plazo,
10. Sistemas de recompensas o reconocimientos [44].

Para el mejoramiento del proceso productivo para la fabricación de resistencias eléctricas industriales la investigación se centrará en la aplicación de herramientas de manufactura ajustada.

Manufactura ajustada

Sistema de mejora continua que se basa en la eliminación de los desperdicios o mudas presenten en los procesos; considerando como desperdicio a todas las actividades o acciones que no aportan valor a los procesos o productos [45].

La eliminación de estos desperdicios tiene la finalidad de minimizar los tiempos comprendidos entre el pedido de los clientes y el cumplimiento de estos, a la vez que se perfecciona la eficiencia y calidad de productos, bienes o servicios [45].

Mudas o desperdicios

Son todo aquello que no aportan ningún tipo de valor añadido a los procesos o productos y no esta alineado con lo que el cliente está dispuesto a pagar. Existen siete tipos de mudas como se detalla a continuación en la Figura 8 [46].

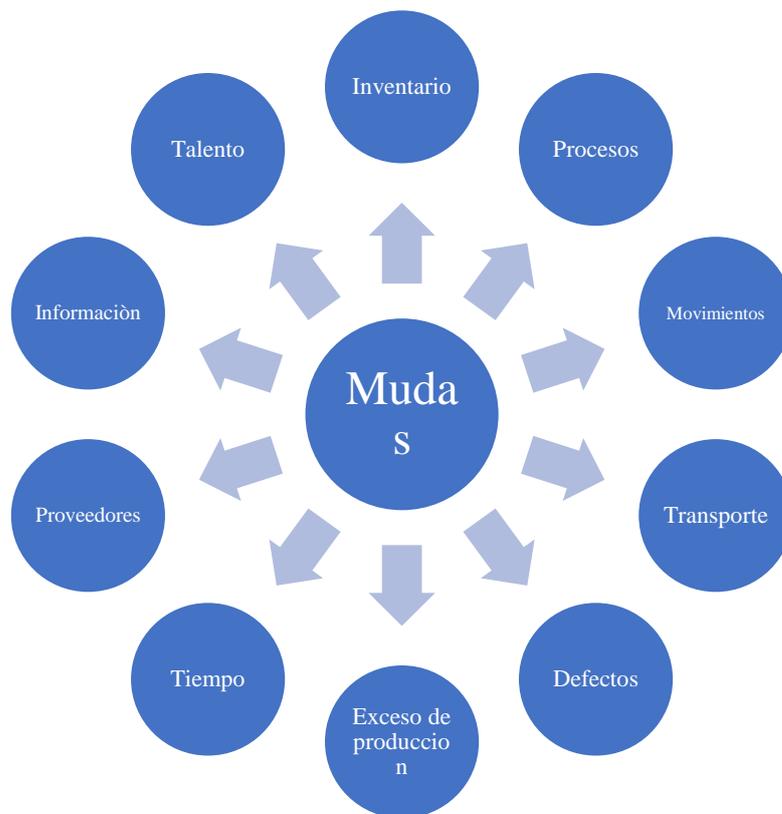


Figura 8. Desperdicios o mudas [46]

Sobreproducción

Esta muda se genera cuando uno o más artículos son producidos en demasía, sin que hayan existido ordenes de producciones previstas, lo que da origen al incremento en el volumen del inventario [46].

Esperas

Generalmente se ocasiona cuando un operados está a la espera que una máquina termine su trabajo, es una muda inaceptable [46].

Transportes innecesarios

Representan a todo tipo de movimiento innecesario durante el transcurso de la producción, también se puede decir que se trata de la manipulación innecesaria de los materiales, es decir que no se sigue un flujo adecuado de los materiales y del personal en las plantas de producción [47].

Sobrepocesamiento

Cuando no se tiene claro los requerimientos del cliente, desemboca en que se hagan retrabajos innecesarios, que a la final solo generan mayores costos [47].

Inventario

El o los materiales que se tienen almacenados en exceso generan más problemas, puesto que los productos pueden deteriorarse, o en muchos casos generando mala organización en las bodegas de la empresa e incrementando el costo de almacenamiento de los productos [47].

Movimientos innecesarios

Son todos los movimientos que no se ligan con las actividades productivas y no agregan valor, pues se trata de actividades que realiza el operario como buscar, mirar, seleccionar, entre otros [47].

Productos defectuosos

Cuando se generar elementos o partes defectuosas, ocasionan reprocesos, retrabajos, inspecciones innecesarias, inclusive pérdidas de tiempo en la producción y esfuerzo desperdiciados [47].

Talento no utilizado

Es un desperdicio de talento, no utilizar la idea de los que trabajan con el proceso todos los días. Las personas que usan el proceso son los más adecuados para saber cómo mejorarlo [48].

- ✓ Empleados que no se les escucha.

- ✓ Jefes o encargados que no transmiten la forma de operar.
- ✓ Empleados que están donde no deben.
- ✓ Empleados que se van.

Mala gestión de la información

Es lo que conlleva en muchas ocasiones grandes pérdidas de tiempo de personas clave en la compañía, retrasos en la toma de decisiones o disminución en la cuota de mercado, entre otras consecuencias negativas [48].

- ✓ Se crea varias plantillas en el software Excel.
- ✓ Parte tecnológica.
- ✓ Software.
- ✓ Medios para comunicar.

Mala calidad de los proveedores

Es un factor causante para que no se cumpla con tus tiempos de entrega, en varios casos la selección de proveedores llega a ser una situación no planificada que se aborda únicamente cuando la necesidad apremia, es decir, cuando ya es tarde [49].

- ✓ Retrasos en entregas de materia prima.
- ✓ Fallas de fábrica.
- ✓ Piezas incompletas.
- ✓ Desviaciones irregulares.
- ✓ Trabajo de sostener información de la competencia.

Estructura del sistema Lean

Refiere a un cambio en la estructura organizacional de una empresa, esencialmente por un gran compromiso por la alta directiva que esta netamente decidida a su implementación, es por este motivo que las técnicas con las que cuenta la manufactura ajustada son una filosofía para eliminar los desperdicios antes mencionados, la Figura 9, muestra la casa del “Sistema de Producción Toyota” [50].

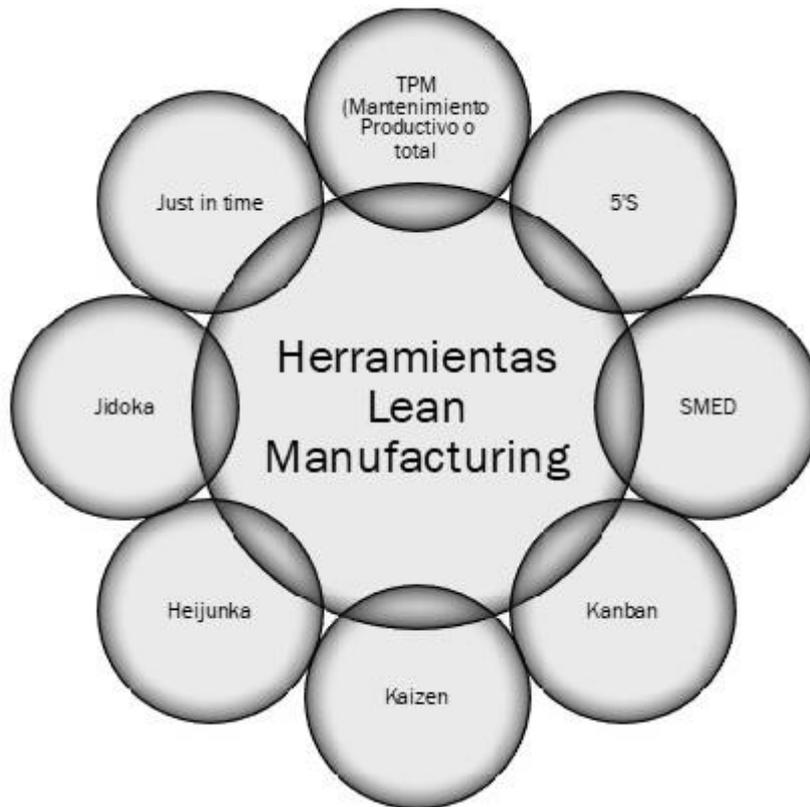


Figura 9. Adaptación actualizada de las herramientas manufactura ajustada de la Casa Toyota [51]

Herramientas de manufactura ajustada

Cuenta con una serie de técnicas o herramientas con las que se puede alcanzar la mejora continua de los procesos, a la vez que se eliminan los desperdicios; como se puede apreciar en la Figura 9, existen 3 tipos de herramientas: las herramientas de diagnóstico, las herramientas operativas y las herramientas de seguimiento [52].

Mapa de la cadena de valor - VSM

Es una representación gráfica de la información y de los elementos de producción que permite conocer el estado actual y futuro de un determinado proceso; ente tipo de diagramas se muestra el flujo de los materiales desde los proveedores hasta la satisfacción de los clientes y con esto evidenciar la cadena de valor de las actividades que no aportan un valor añadido, con el único propósito de eliminarlos y generar una productividad más eficiente [53]. La Figura 10, muestra la estructura clásica de un VSM.

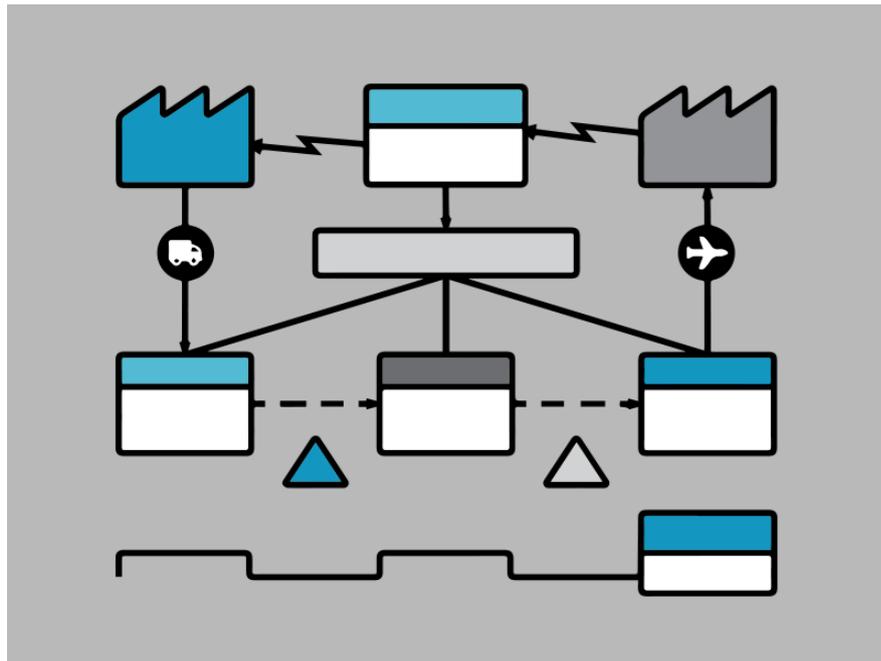


Figura 10. Mapa de la cadena de valor – VSM [54]

Metodología 5S

Es una herramienta que comprende una filosofía basada en principios de orden y limpieza en los puestos de trabajo, es considerada una técnica sencilla que produce resultados tangibles en un corto plazo de tiempo, con la que se han obtenido excelentes resultados debido a su efectividad, no muchas organizaciones la aplican, el acrónimo corresponde a palabras en japonés que evidentemente empiezan por una letra “S” [15], [55], las cuales se describen a continuación:

- Seiri (Eliminar): se basa en la clasificación y eliminación de todos los elementos innecesarios e inútiles que se encuentran en el área de producción. Consiste en separar lo que no se necesita para controlar el flujo adecuado, de modo que no existan obstáculos que puedan retrasar la producción [55].
- Seiton (Ordenar): se basa en clasificar los elementos necesarios, con el propósito de identificarlos de mejor manera, esto implica la limitación de áreas de trabajo y de lugares a adecuados para colocar cada cosa en su lugar correspondiente [55].
- Seiso (Limpieza): se trata de la limpieza e inspección de los puestos de trabajo, de tal manera que se identifiquen defectos y puedan ser eliminados, su aplicación se enfoca en la limpieza diaria, asumir la limpieza como una tarea y conservar los puestos de trabajo en las mejores condiciones posibles.

- Seiketsu (Estandarizar): implica el cumplimiento y consolidación de las metas establecidas en las fases anteriores, pues a través de la estandarización se los efectos positivos perduren a largo plazo [55].
- Shitsuke (Disciplina): esta última fase de la metodología consiste en convertir en un hábito común los procedimientos propuestos en la estandarización, de tal manera que se forme una cultura autodisciplinaria [55].

SMED (cambio rápido de herramientas)

La metodología SMED, es una de las técnicas más exitosas en la reducción de tiempos perdidos [25]. La hipótesis en la que se sustenta el SMED supone que una reducción de los tiempos de preparación permite a las organizaciones trabajar con lotes más pequeños, es decir, con tiempos de fabricación más cortos, lo que se ve reflejado en una mejora sustancial de tiempos de entrega y de niveles de producto en tránsito [56]. La aplicación del método SMED se basa en el desarrollo de cuatro fases:

1. Separación las operaciones internas de las externas,
2. Transformación de las operaciones internas en externas,
3. Organización las operaciones externas,
4. Reducción del tiempo de las operaciones internas [57].

Estandarización

Esta técnica o herramienta constituye uno de los pilares fundamentales de la estructura de manufactura ajustada, juntamente con las metodologías 5S y SMED. Consiste en el diseño y construcción de manuales con instrucciones escritas y/o gráficas para realizar una determinada tarea o actividad [58]. La estandarización es un factor clave para el mejoramiento continuo de los procesos, pues de la misma depende el éxito de las mejoras propuestas [59]. Para que una estandarización se considere adecuada debe presentar las siguientes características:

1. Disponer de descripciones simples y claras de los métodos a producir.
2. Proceder con técnicas y herramientas disponibles que partan de mejoras hechas.
3. Garantizar el cumplimiento.

4. Considerar como punto de partida para mejoras en el futuro [59].

Procedimientos

Un procedimiento es una descripción detallada y específica del modelo de desarrollo de un proceso. Por otra parte, un procedimiento puede ser presentado en forma escrita, digital o simplemente no estar documentado, pero debe ser de conocido por parte de todos los integrantes de una organización [60]. Es de importancia mencionar que en un procedimiento se debe detallar claramente los siguientes aspectos:

1. Quien lo debe hacer;
2. Como lo debe hacer;
3. Cuando lo debe hacer;
4. Que documentos deben usarse [61].

También se puede decir que un procedimiento es un instructivo que describe las principales actividades que se deben ejecutar para llevar a cabo un proceso. Un procedimiento indica con precisión el punto de inicio de un proceso, continua con la descripción secuencial de las actividades y termina con la especificación de las actividades que cierran el proceso [62].

Manuales

Los manuales son documentos muy importantes para la administración de una organización, debido a que tiene la finalidad de mejorar los niveles de eficacia y eficiencia en la ejecución y desarrollo de un determinado trabajo asignado al personal. En esencia, los manuales son los medios de comunicación para la toma de decisiones administrativas competentes a políticas, organización y procedimientos [63].

Otro concepto es que, un manual, es un documento que está elaborado de una forma sistemática y ordenada y contiene información o instrucciones ligadas a políticas, procedimientos, estatutos y/o reglamentos que se consideran necesarios para mejorar la ejecución de un trabajo determinado [64]. Por otra parte, los manuales son todo tipo de documentación que se utiliza como medio para comunicar, coordinar, registrar y transmitir de forma ordenada y sistemática la información de una organización como: antecedentes, legislación, estructura, objetivos, políticas, sistemas, procedimientos, así

como las instrucciones y lineamientos necesarios para mejorar el rendimiento en el desarrollo de las tareas [65].

Clasificación de los manuales

Un manual, además, es el conjunto de direcciones o instrucciones que se proponen guiar o mejorar la eficiencia de las tareas a realizar. A continuación, se enlista una serie de manuales más conocidos [66].

1. Manual organizacional;
2. Manual departamental;
3. Manual de política;
4. Manual de procedimientos;
5. Manual de técnicas;
6. Manual de finanzas;
7. Manual de sistema;
8. Manual de calidad [65].

Manual de Procedimientos

Un manual de procedimientos es un documento que forma parte del sistema del control interno de una organización, el cual se crea con la finalidad de obtener la información la información ordenada, detallada, sistemática e integral en la que se describen todas las instrucciones, responsables, funciones, políticas relacionadas a las distintas operaciones de un proceso [67].

En un manual de procedimientos, estos pueden tener diferentes formatos y estructuras. Pueden ser narrativos, es decir, que se describen a través del texto; pueden ser más estructurados mediante el uso de tablas; pueden ser más ilustrativos, es decir, con diagramas de flujo; o pueden ser cualquier combinación de los casos anteriores [68].

Los procedimientos dentro de este tipo de manuales deben contemplar las siguientes consideraciones:

1. Título – para la identificación del procedimiento;
2. Propósito – descripción de la razón de ser del procedimiento;

3. Alcance – para explicar qué aspectos serán cubiertos en el procedimiento, y qué aspectos no serán cubiertos;
4. Responsabilidades y funciones de todas las personas/cargos incluidos en cualquier parte del procedimiento;
5. Los registros que resultan de las actividades descritas en el procedimiento deberían ser definidos y listados;
6. Control de documentos – la identificación de cambios, la fecha de revisión, la aprobación y versión del documento;
7. Descripción de actividades – esta es la parte principal del procedimiento; se refiere al resto de elementos del procedimiento y describe qué debería realizarse, por quién y cómo, cuándo y dónde;
8. Se pueden incluir anexos, en caso de ser necesario [69].

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Mejorar el proceso productivo de resistencias eléctricas industriales en la empresa Tesla Electricidad y Electrónica.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar las operaciones y las condiciones actuales en las que se desarrolla el proceso productivo para la fabricación de resistencias eléctricas industriales en la empresa Tesla Electricidad y Electrónica.
- Determinar tiempos y movimientos actuales del proceso productivo de fabricación de resistencias eléctricas industriales en la empresa Tesla Electricidad y Electrónica.
- Plantear una propuesta de mejora para el proceso de fabricación de resistencias eléctricas industriales, mediante un manual de procedimientos.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Bajo el contexto de esta investigación, se propone desarrollar herramientas para el mejoramiento del proceso productivo de resistencias eléctricas industriales en la empresa “Tesla Electricidad y Electrónica”, es necesario cierto tipo de materiales como se detalla continuación.

Entrevista no estructurada: destinada a los operadores involucrados en el área de producción de la planta.

Observación directa: medio por el cual se conoció el proceso de producción de la empresa, se empleó para recopilar información y datos sobresalientes de cada una de las actividades productivas y su entorno.

Registro para mediciones: se empleó bajo el enfoque del estudio de tiempos, con el objetivo de identificar el tiempo de los operarios, para fabricar las resistencias eléctricas industriales en la empresa “Tesla Electricidad y Electrónica”.

Ficha para la recolección de datos: medio de recolección y recopilación de los datos e información de cada actividad productiva.

Diagramas de proceso y/o flujogramas: su finalidad fue la de identificar cada uno de los procesos productivos y su respectiva secuencia de operaciones para obtener el producto final.

Cursograma analítico: se empleó con el propósito de reconocer las operaciones, inspecciones, transportes y almacenamientos que se relacionan con cada proceso de producción, así como la representación de su tiempo respectivo de ejecución.

Check list: su utilidad se basó en la verificación del cumplimiento de cada una de las actividades de la investigación, así como la comprobación y verificación de la información recopilada.

Cronometraje: medio por el cual se llevó a cabo la toma de tiempos de cada una de las etapas del proceso productivo con sus respectivas actividades, para posteriormente

realizar los cálculos pertinentes que conlleva el estudio de tiempos. En esta investigación se ejecutó un cronometraje acumulativo con la finalidad de que el error en las mediciones sea minimizado.

La Tabla 4, muestra cada software que se requiere para elaborar el trabajo de estudio.

Tabla 4. Softwares empleados para el desarrollo del estudio

| Software | Imagen | Utilidad |
|-----------------|---|--|
| Microsoft Word |  | Software empleado para el análisis y procesamiento de la información y datos recolectados en la investigación. |
| Microsoft Excel |  | Empleado para el procesamiento de los datos y para la ejecución de los cálculos respectivos del estudio. |
| Microsoft Visio |  | Utilizado para la elaboración de diagramas de flujo. |
| Bizagi |  | Utilizado para la elaboración de diagramas de flujo. |
| AutoCAD |  | Software empleado para la elaboración del Layout de la empresa. |

2.2 Métodos

2.2.1 Enfoque

La investigación tiene un enfoque cualitativo y cuantitativo. Por una parte, la investigación tiene un enfoque cualitativo porque se recopila toda la información necesaria de la empresa, así como los datos pertinentes del área de producción para la fabricación de resistencias eléctricas industriales. También se selecciona la

información de fuentes confiables con el propósito de enriquecer a la investigación abordando fundamentos técnicos y/o científicos para su desarrollo. Por otro lado, la investigación tiene un enfoque cuantitativo, porque se realiza un cronometraje de tiempos en los procesos productivos y además se realiza cálculos numéricos ligados al estudio de tiempos.

2.2.2 Alcance

La presente investigación, tiene una propuesta de mejora para el proceso de fabricación de resistencias eléctricas industriales de la empresa “Tesla Electricidad y Electrónica”, la implementación y/o ejecución de la propuesta planteada por el investigador depende de la empresa, si se efectúa bajo su responsabilidad.

2.2.3 Modalidad de la investigación

Para dar una solución a la problemática expuesta en la presente investigación, se emplea las siguientes modalidades:

Investigación Bibliográfica – Documental

El presente trabajo se rige bajo esta modalidad de investigación, porque es necesaria la recopilación de información veraz, confiable y precisa de libros, páginas de internet, artículos científicos, revistas, documentación empresarial, entre otros; con el propósito de que el investigador sintetice la información, para que se facilite su diagnóstico y ejecución. Esta modalidad garantiza que el investigador tome un enfoque adecuado abordando la temática del estudio de tiempos.

Investigación de campo

Mediante esta modalidad, se pretende identificar las posibles causas que generan la problemática presente en el proceso productivo de resistencias eléctricas industriales de la empresa “Tesla Electricidad y Electrónica”. Para el desarrollo de esta modalidad de investigación se emplea métodos y técnicas de observación directa con el propósito de recopilar la información pertinente y relevante de cada uno de los procesos productivos de la organización referente a sus métodos de trabajo y sus condiciones

actuales; dicha información se evidencia a través de fotografías, videos, apuntes, registros, entrevistas, entre otros.

Investigación aplicada

Se hace uso de esta modalidad, porque se pretende plantear una solución a la problemática presente en los procesos productivos para la fabricación de resistencias eléctricas industriales de la empresa “Tesla Electricidad y Electrónica”, mediante la aplicación de conocimiento científico y técnico existente a nivel global.

2.2.4 Población y muestra

Para la presente investigación se considera como población al proceso productivo de resistencias eléctricas industriales de la empresa “Tesla Electricidad y Electrónica”, en la que se involucran tres operarios.

2.2.5 Recolección de información

Para la recolección de la información, pertinente al proceso de fabricación de resistencias eléctricas industriales de la empresa “Tesla Electricidad y Electrónica”, se emplea métodos cuantitativos y cualitativos, por lo que, es necesario utilizar las siguientes técnicas y/o herramientas.

Técnicas

Entrevista no estructurada: destinada a los operadores del proceso productivo, por ser las personas que más están familiarizados con el área de producción.

Observación directa: medio por el cual se conoce el proceso de producción de la empresa, se emplea con el propósito de recopilar información y datos sobresalientes de cada una de las actividades productivas y su entorno.

Registro para mediciones: se utiliza bajo el enfoque del estudio de tiempos con el objetivo de identificar el tiempo que ocupan los operarios para fabricar las resistencias eléctricas industriales en la empresa “Tesla Electricidad y Electrónica”.

Herramientas e Instrumentos

Ficha para la recolección de datos: mediante la cual se recolecta y recopila los datos e información necesaria de cada una de las actividades productivas.

Diagramas de proceso y/o flujogramas: su finalidad es identificar cada uno de los procesos productivos y su respectiva secuencia de operaciones para obtener el producto final.

Cursograma analítico: se emplea con el propósito de reconocer las operaciones, inspecciones, transportes y almacenamientos que se relacionan con cada proceso de producción, así como la representación de su tiempo respectivo de ejecución.

Check list: su utilidad se basa en la verificación del cumplimiento de cada una de las actividades de la investigación, así como la comprobación y verificación de la información recopilada.

Cronometraje: medio por el cual se lleva a cabo la toma de tiempos de cada una de las etapas del proceso productivo con sus respectivas actividades, para posteriormente realizar los cálculos pertinentes que conlleva el estudio de tiempos. En esta investigación se ejecuta un cronometraje acumulativo con la finalidad de que el error en las mediciones sea minimizado.

2.2.6 Procesamiento y análisis de datos

La información recopilada para la ejecución de la presente investigación se procesa de la siguiente manera:

Revisión de todos los datos e información recopilada, con el propósito de complementar aquella información que lo requiera y/o descartar aquellos datos que se encuentren fuera de la temática plateada.

Registro de la información cualitativa y cuantitativa del proceso productivo para la fabricación de resistencias eléctricas industriales de la empresa “Tesla Electricidad y Electrónica”, mediante los softwares de procesamiento Microsoft Word y Microsoft Excel.

Tabulación de la información y datos cuantitativos con su pertinente representación gráfica, por medio del software Microsoft Excel.

Análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

3.1.1 Desarrollo de la propuesta

La presente investigación, se realiza con el propósito de mejorar el proceso productivo para la fabricación de resistencias eléctricas industriales de la empresa “Tesla Electricidad y Electrónica”; de modo que, se incremente la de producción interna, bajo las siguientes actividades:

1. Recopilar la información respectiva de la empresa “Tesla Electricidad y Electrónica” referente a su historia, misión, visión, catálogo de productos, entre otros.
2. Identificar los procesos o etapas productivas para la fabricación de las resistencias eléctricas industriales.
3. Determinar el producto de mayor demanda de la línea de producción de resistencias eléctricas industriales, en el que se centrará la investigación, mediante la aplicación de la metodología ABC.
4. Describir las condiciones actuales del proceso de productivo para la fabricación del producto más representativo de las resistencias eléctricas industriales.
5. Elaborar diagramas del proceso, recorrido y cursogramas, con la finalidad de representar los procesos de producción.
6. Realizar el estudio de tiempos y movimientos en el proceso de producción de resistencias eléctricas industriales, mediante el tipo de metodología básico (cronometraje).
7. Cronometrar las actividades de los procesos productivos para la fabricación de resistencias eléctricas industriales, empleando un cronómetro debidamente calibrado.
8. Calcular el tiempo normal, índice de desempeño, suplementos, tiempo estándar y capacidad de producción.

9. Aplicar herramientas de mejora para el proceso productivo de acuerdo con los resultados obtenidos en base a los tiempos de procesamiento y al análisis de desperdicios presentes en la producción.
10. Plantear la propuesta de mejora para el proceso de fabricación de resistencias eléctricas industriales, en base al manual de procedimientos y hojas de registro.

3.1.2 Condiciones actuales de la empresa Tesla Electricidad y Electrónica

Logotipo empresarial



Figura 11. Logotipo de la empresa

Reseña histórica

Tesla Electricidad y Electrónica, empresa orgullosamente ambateña, fundada por el ingeniero Byron Escalante, se dedica a la distribución y comercialización de equipos eléctricos y electrónicos desde el año 2010. Con el pasar de los años, esta organización aprovecho las oportunidades presentadas, de modo que, en la actualidad, se encuentra bien posicionada dentro del mercado local y nacional.

Por otra parte, esta empresa ha ido ganando notoriedad en su sector comercial; lo que ha provocado la necesidad de adquirir tecnologías, equipos y maquinaria de vanguardia, para implementarlas en los procesos productivos. La empresa cuenta con varias sucursales dentro de la provincia de Tungurahua específicamente en los cantones Ambato y Píllaro. Siendo mayormente conocida por la fabricación de resistencias eléctricas industriales bajo las especificaciones que sus clientes demanden.

El análisis preliminar de la planta, delimita las características que conforman los datos y las líneas de producción, teniendo un alto grado en el sector manufacturero, su mercado se centra en todas las empresas dedicadas a la elaboración de máquinas para el sector industrial.

Ubicación de la empresa

La investigación, se elaboró en el proceso productivo de la fabricación de resistencias industriales de la planta de producción ubicada en el cantón Ambato en la Av. Julio Jaramillo entre y Los Chasquis y Río Machángara. La Figura 12, muestra la ubicación de la empresa.



Figura 12. Ubicación de Tesla Electricidad y Electrónica

Datos de la empresa

La Tabla 5, muestra los datos de contacto y/o información adicional de la empresa Tesla Electricidad y Electrónica.

Tabla 5. Datos de Tesla Electricidad y Electrónica

| | |
|--------------------|---|
| Razón Social | Tesla Electricidad y Electrónica |
| Ruc | 1802829356001 |
| Gerente | Ing. Byron Enrique Escalante Gallardo |
| Teléfono | 0984112915 |
| Dirección | Av. Julio Jaramillo entre y Los Chasquis y Río Machángara |
| Página web | https://www.teslaindustrialcompany.com |
| Correo electrónico | |

Misión

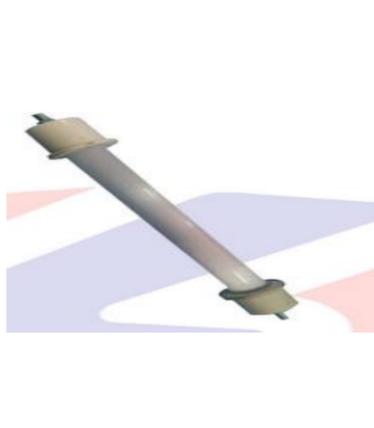
Brindar a nuestros clientes productos y tecnologías eléctricas y electrónicas de vanguardia, con calidad, liderazgo y compromiso en cada una de nuestras actividades, garantizando el cuidado del medio ambiente.

El listado de materiales varía de acuerdo con el tipo de resistencia que el operario vaya a fabricar.

Catálogo de productos

Dentro de la línea de producción de resistencias eléctricas industriales, la empresa posee un amplio catálogo de productos; con los que se satisfacen las diferentes especificaciones, requerimientos y especificaciones de sus clientes. La Tabla 6, muestra el catálogo de productos de Tesla Electricidad y Electrónica con respecto a la fabricación de resistencias eléctricas industriales.

Tabla 6. Catálogo de resistencias de Tesla Electricidad y Electrónica

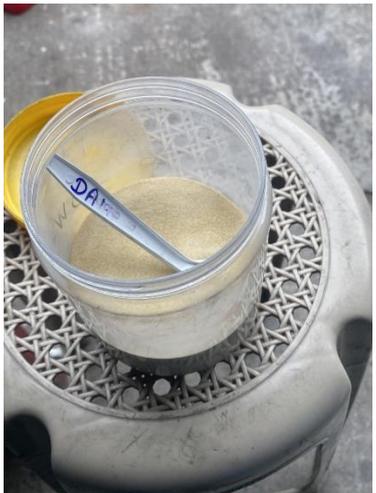
| Línea de producción de Resistencias Eléctricas Industriales | | | | |
|--|---|---|---|---|
| Resistencia Abrazadera | Resistencia Plana | Resistencia Media Luna | Resistencia Cartucho | Resistencia tipo Cuarzo |
|  |  |  |  |  |
| Resistencia Circular | Resistencia Espiral | Resistencia Inmersión | Resistencia tipo O | Resistencia tipo J |
|  |  |  |  |  |
| Resistencia tipo M | Resistencia tipo U | Resistencia Tipo U doble | Resistencia tipo O doble | |
|  |  |  |  | |

3.1.3 Proceso general de fabricación

Materias primas

La Tabla 7, muestra los materiales necesarios para la fabricación de resistencias eléctricas industriales.

Tabla 7. Materias primas para la fabricación de resistencias

| Materia prima para la producción de Resistencias Eléctricas Industriales | | |
|---|--|---|
| Alambre de ferroníquel | Tubo de acero inoxidable | Cemento de Zirconio |
|  |  |  |
| Oxido de magnesio | Varilla de cerámica | Cable de alta temperatura |
|  |  |  |

Proceso productivo

Para la elaboración de las resistencias eléctricas industriales en la empresa Tesla Electricidad y Electrónica se ejecutan los siguientes procesos productivos.

Proceso: Corte

En esta etapa del proceso productivo se realiza la medición de la longitud de los tubos de acero inoxidable y de la varilla de cerámica, así como su corte respectivo, adicionalmente se realiza el pulido de estos dos materiales.

Por otro lado, en esta etapa se realiza el cálculo de los calibres de los cables a emplear para la fabricación de cada una de las resistencias, con la finalidad de obtener la potencia deseada de las mismas. La Figura 14, muestra al operario realizando este proceso.



Figura 14. Proceso de corte

Proceso: Rebobinado

En esta fase los operarios cubren a las varillas de cerámica con el alambre de ferróníquel, con la finalidad de realizar el bobinado de las resistencias, para este proceso el operario emplea una máquina bobinadora, además se colocan los terminales de las resistencias. La Figura 15, a), muestra el proceso de rebobinado de la varilla de cerámica. Mientras que, la Figura 15, b), muestra la varilla de cerámica bobinada con sus respectivos terminales.

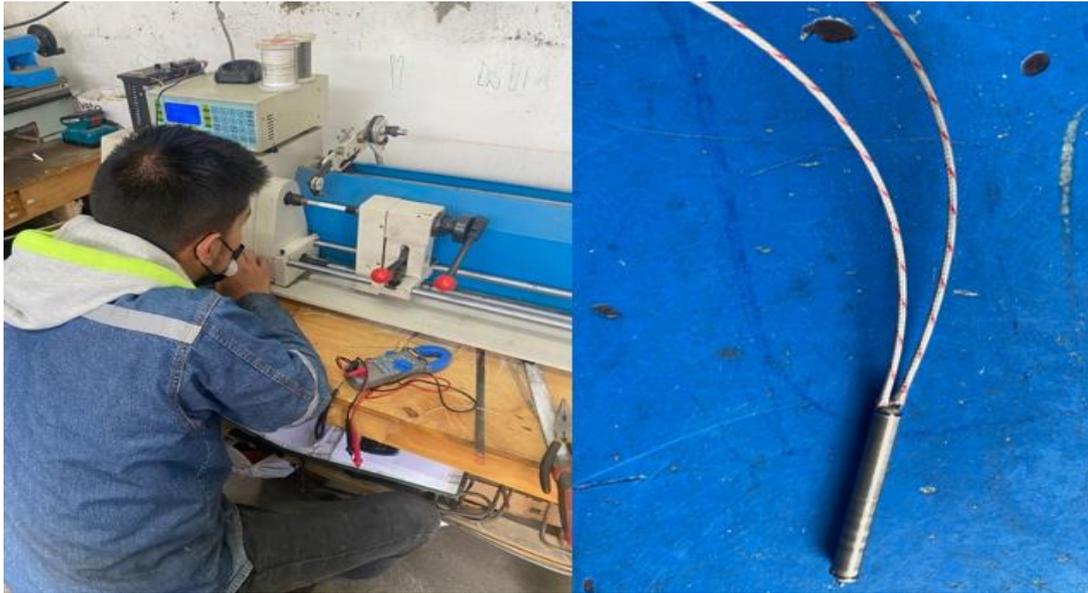


Figura 15. Proceso de rebobinado: a) Operario con la máquina bobinadora; b) Varilla de cerámica bobinada con terminales

Proceso: Compactado

Aquí los operarios toman los cortes de tubo de acero inoxidable (cubierta) y la varilla de cerámica bobinada es depositado en su interior. Posteriormente el tubo de acero inoxidable es rellenado con Oxido de Zirconio, como se muestra en la Figura 16, a), después, sus extremos son sellados, para finalmente compactar la resistencia como se muestra en la Figura 16, b).



Figura 16. Proceso de compactado: a) Relleno del tubo de acero inoxidable con oxido de magnesio; b) Compactado de la resistencia

Proceso: Medición

En esta fase del proceso de producción se verifica el valor de la potencia de cada una de las resistencias, este proceso se ejecuta con la finalidad de verificar que las resistencias cumplan con las especificaciones, como se indica en la Figura 17.



Figura 17. Medición de la potencia de las resistencias

Proceso: Terminado

Aquí se colocan las tapas a los extremos de las resistencias y se sella la parte superior de las mismas con cemento de zirconio. Finalmente se realizan las pruebas de funcionamiento de las resistencias con la finalidad de garantizar la calidad de los productos finales para satisfacer las necesidades de los clientes, ver Figura 18.



Figura 18. Proceso de terminado

3.1.3 Producto de mayor demanda

Puesto que la empresa produce una variedad de resistencias eléctricas industriales, fue necesario realizar un análisis de identificación del producto de mayor demanda, empleando la metodología ABC. Dentro de cada clasificación, se tiene subproductos, que varían de acuerdo con la potencia y voltaje requerido, el proceso de fabricación es el mismo y, el costo de las resistencias varía de acuerdo con los parámetros del cliente. La Tabla 8, muestra las ventas correspondientes al año 2021 y 2022.

Tabla 8. Ventas de productos, año 2021 y año 2022

| N° | Producto | Ventas, Año 2021 | | Ventas, Año 2022 | |
|-------|----------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| | | Cantidad | Ventas (\$) | Cantidad | Ventas (\$) |
| 1 | Resistencias de inmersión | 57 | 730.00 | 60 | 768.42 |
| 2 | Resistencias tipo U | 86 | 1149.79 | 97 | 1296.86 |
| 3 | Resistencias tipo O | 32 | 518.40 | 38 | 615.60 |
| 4 | Resistencias planas | 18 | 546.70 | 15 | 455.58 |
| 5 | Resistencia espiral | 20 | 100.00 | 12 | 60.00 |
| 6 | Resistencias tipo C | 2 | 38.18 | 4 | 76.36 |
| 7 | Resistencias cartucho | 103 | 2166.49 | 128 | 2692.34 |
| 8 | Resistencias tipo D | 2 | 70.00 | 3 | 105.00 |
| 9 | Resistencias tipo J | 7 | 169.64 | 10 | 242.34 |
| 10 | Resistencias tipo M | 25 | 907.50 | 23 | 834.90 |
| 11 | Resistencias de cuarzo | 41 | 1305.00 | 48 | 1527.80 |
| 12 | Resistencias de abrazadera | 14 | 457.00 | 17 | 554.93 |
| 13 | Resistencias tipo Z | 4 | 140.00 | 5 | 175.00 |
| TOTAL | | | 8298.70 | | 9405,13 |

A continuación, se presenta el análisis ABC para las ventas de resistencias eléctricas industriales de la empresa Tesla Electricidad y Electrónica. Como se observa, en lo que va del año 2022, desde el mes enero hasta agosto, las condiciones de elaboración, son el equivalente al 80% del total de ventas del año 2021. Según el gerente, la baja venta se debe a la falta de materia prima importada de 2 insumos y se ha reducido la demanda debido a la introducción de resistencias de marcas más económicas.

Para la metodología ABC, se calcula el porcentaje de participación individual y acumulativo de los tipos de resistencias que se elaboran en la planta de producción. La Tabla 9, muestra el análisis ABC.

Tabla 9. Análisis ABC de las ventas de resistencias industriales, año 2020 y 2021

| N° | Producto | Promedio | | % Participación | % P. Acumulada | Clase |
|-------|---------------------------|----------|-------------|-----------------|----------------|-------|
| | | Cantidad | Ventas (\$) | | | |
| 1 | Resistencias cartucho | 116 | 2429,42 | 27,45 | 27,45 | A |
| 2 | Resistencias de cuarzo | 45 | 1416,4 | 16,00 | 43,45 | A |
| 3 | Resistencias tipo U | 92 | 1223,33 | 13,82 | 57,27 | A |
| 4 | Resistencias tipo M | 24 | 871,2 | 9,84 | 67,11 | A |
| 5 | Resistencias de inmersión | 59 | 749,21 | 8,46 | 75,57 | A |
| 6 | Resistencias tipo O | 35 | 567 | 6,41 | 81,98 | B |
| 7 | Resistencias abrazaderas | 16 | 505,97 | 5,72 | 87,69 | B |
| 8 | Resistencias planas | 17 | 501,14 | 5,66 | 93,35 | B |
| 9 | Resistencias tipo J | 9 | 205,99 | 2,33 | 95,68 | C |
| 10 | Resistencias tipo Z | 5 | 157,5 | 1,78 | 97,46 | C |
| 11 | Resistencias espirales | 16 | 80 | 0,90 | 98,36 | C |
| 12 | Resistencias tipo D | 3 | 87,5 | 0,99 | 99,35 | C |
| 13 | Resistencias tipo C | 3 | 57,27 | 0,65 | 100 | C |
| Total | | | 8851,93 | | | |

La Tabla 10, muestra el resumen del análisis ABC.

Tabla 10. Resumen del análisis ABC

| Participación estimada | Clasificación de n | <i>n</i> | Participación <i>n</i> | Ventas (\$) | Participación |
|------------------------|--------------------|----------|------------------------|-------------|---------------|
| 0% - 80% | A | 5 | 38.46% | 6689.56 | 81.98% |
| 81% - 95% | B | 3 | 23.08% | 1574.11 | 13.7% |
| 96% - 100% | C | 5 | 38.46% | 588.26 | 4.32% |
| Sumatoria | | 13 | 100% | 8851,93 | 100% |

Análisis de los datos

Las ventas de las resistencias eléctricas industriales que recaen en la categoría A, representando ventas aproximadas de \$6689.56, equivalente a 81.98%, de las ventas totales. Las resistencias que pertenecen a la clasificación B, representan \$1574.11,

equivalente a 13.7%, de las ventas totales. Las resistencias clase C, representan ventas de \$588.26, es decir un 4.32% de participación de las ventas totales, de resistencias eléctricas industriales de la empresa Tesla Electricidad y Electrónica. La Figura 19, muestra el análisis ABC.

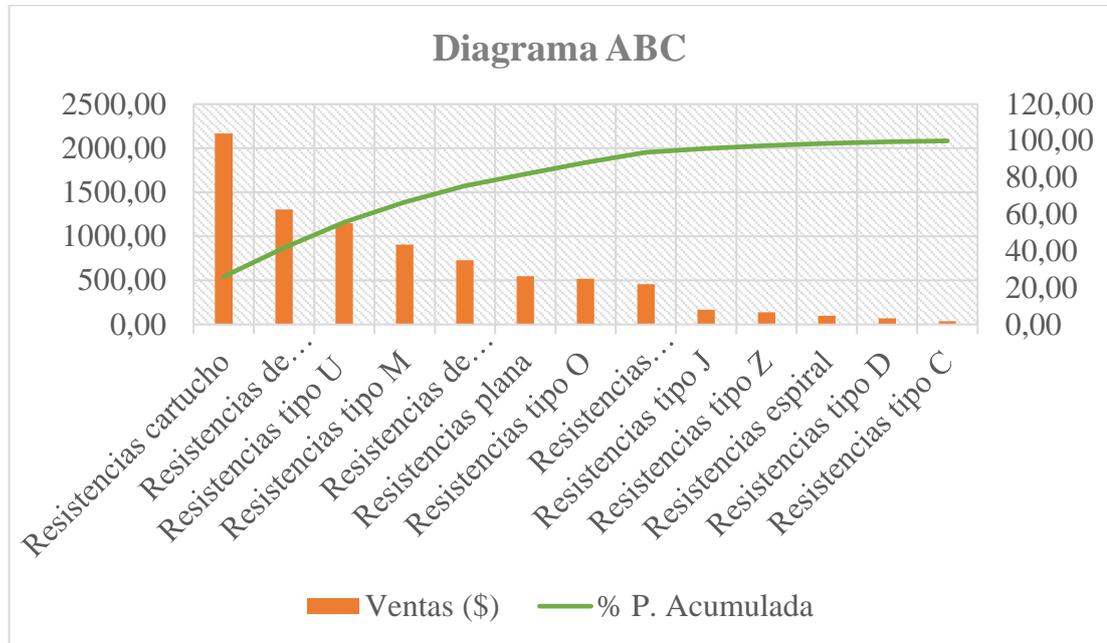


Figura 19. Diagrama ABC

Interpretación

Mediante el diagrama ABC, se observa que, las resistencias eléctricas industriales de mayor demanda son: las resistencias tipo cartucho, las resistencias de cuarzo, las resistencias tipo U, las resistencias tipo M y las resistencias de inmersión. Mediante el análisis realizado, este tipo de resistencias son las más comercializadas por la empresa; además, representan mayores beneficios económicos para Tesla Electricidad y Electrónica. Bajo este contexto, el presente estudio se centra en las resistencias tipo cartucho por ser las más representativas para la empresa.

Una vez determinado el producto de mayor demanda, la Figura 20, muestra el layout de la planta de producción de la empresa Tesla Electricidad y Electrónica y, la Figura 21, muestra el mapa de procesos.

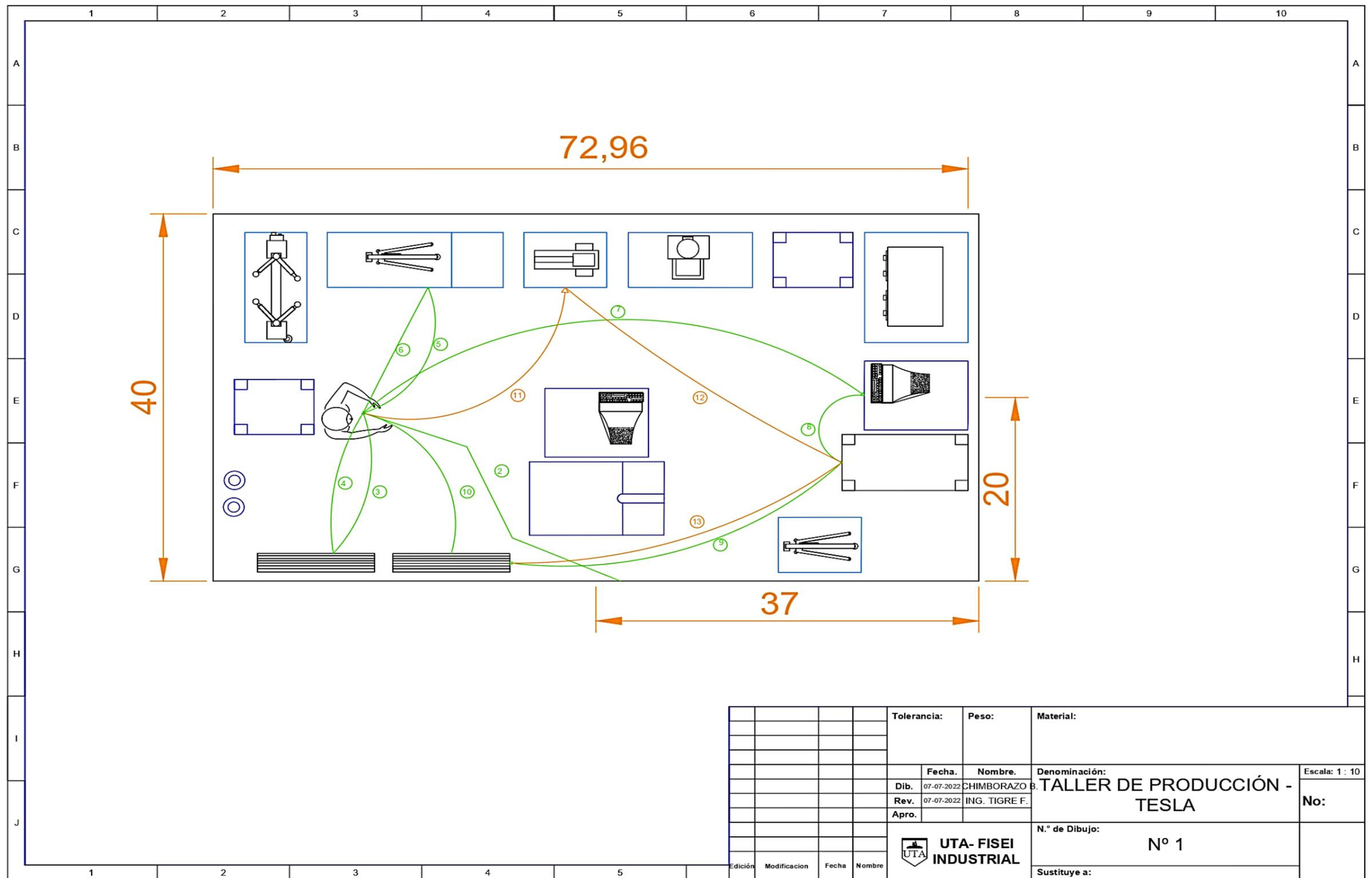


Figura 20. Layout y diagrama de recorrido para la fabricación de resistencias eléctricas industriales tipo cartucho

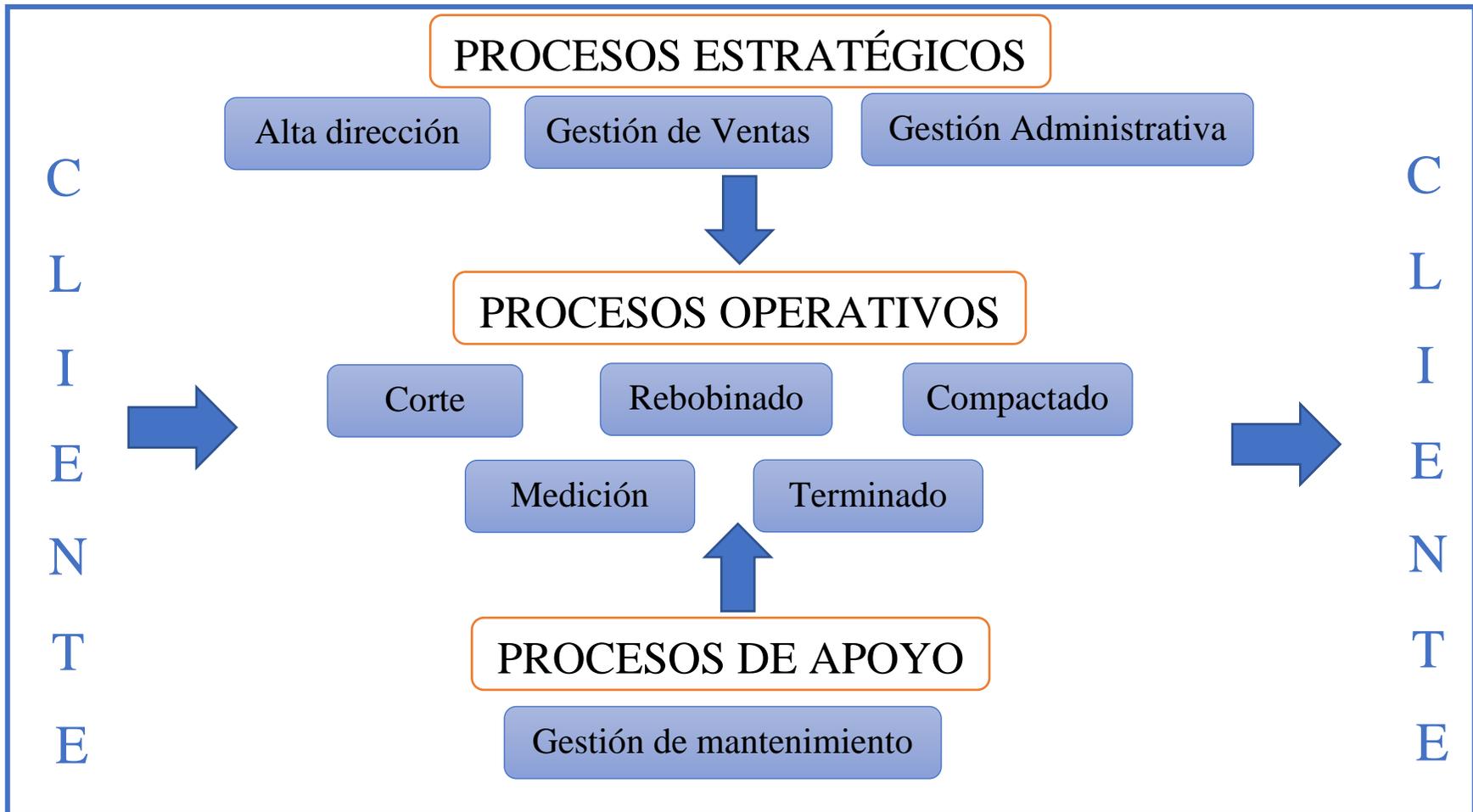
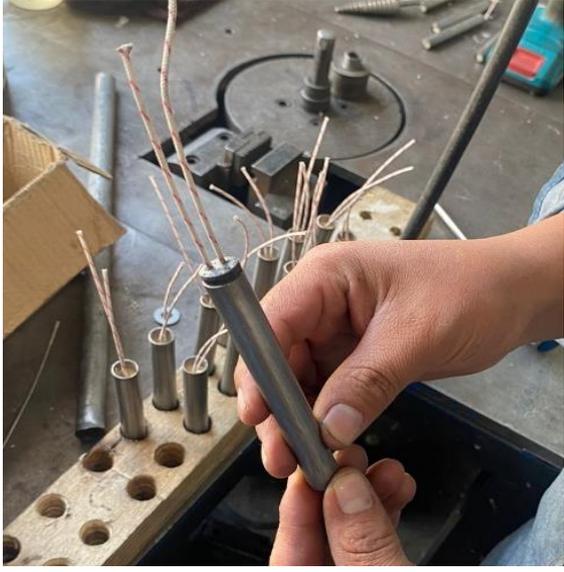


Figura 21. Mapa de procesos del producto productivo de la empresa Tesla Electricidad y Electrónica

La Tabla 11, muestra la resistencia tipo cartucho (producto de mayor demanda) en el que se enfoca el desarrollo del presente estudio.

Tabla 11. Producto de mayor demanda de Tesla Electricidad y Electrónica

| Identificación | Fotografía |
|---------------------------|---|
| Resistencia tipo Cartucho |  |

Para la fabricación de resistencias eléctricas industriales tipo cartucho, se requiere de 5 procesos generales: el proceso de corte, el rebobinado, el compactado, la medición para realizar el control de calidad y el proceso de terminado, estos procesos se ejecutan para producir el producto de mayor demanda obtenido en el análisis ABC, desde la Figura 22, hasta la Figura 26, se muestra cada uno de los procesos mediante diagramas de ensamble o de proceso.

Figura 22. Diagrama de sinóptico del proceso de corte

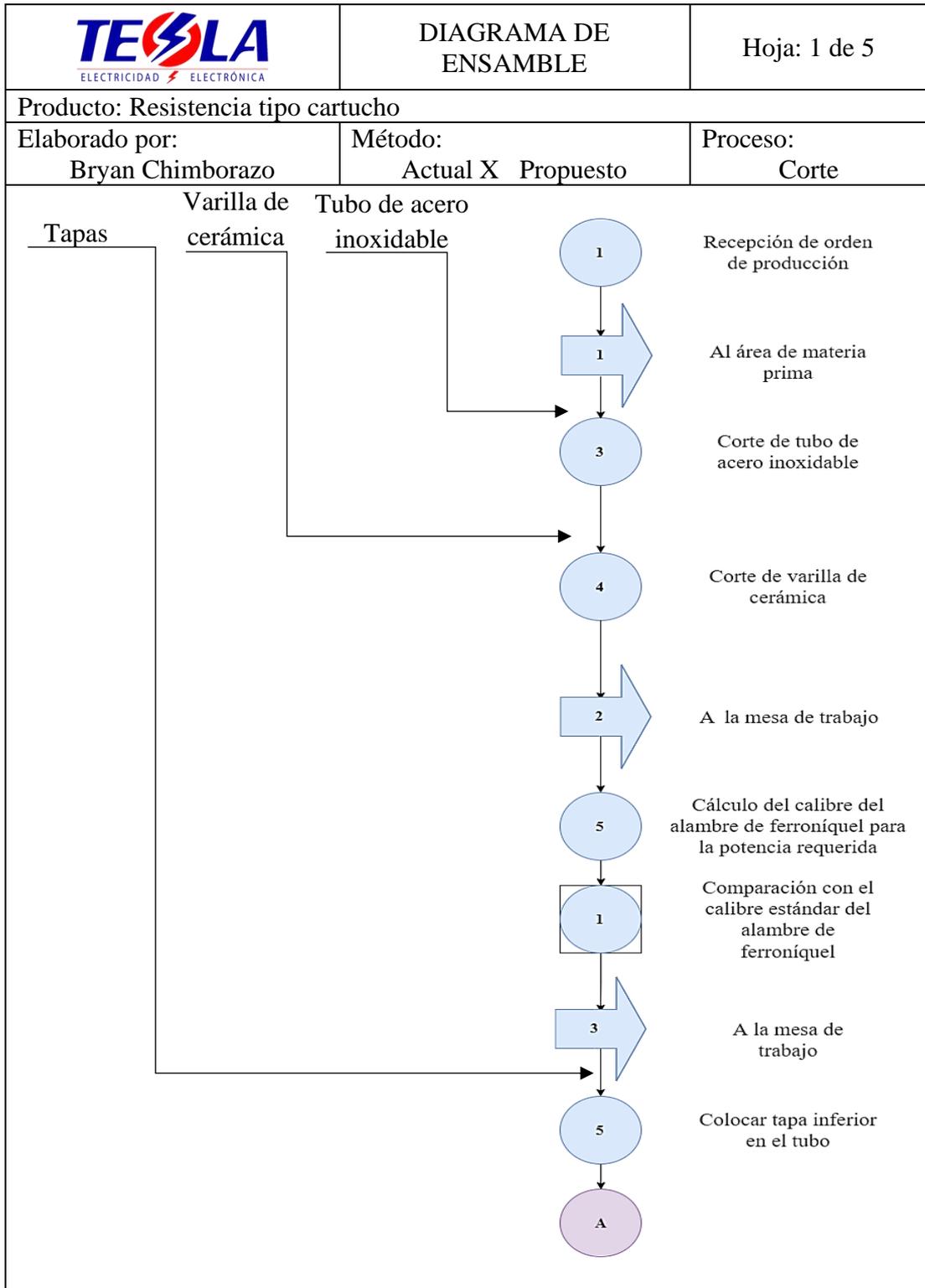


Figura 23. Diagrama de sinóptico del proceso de rebobinado

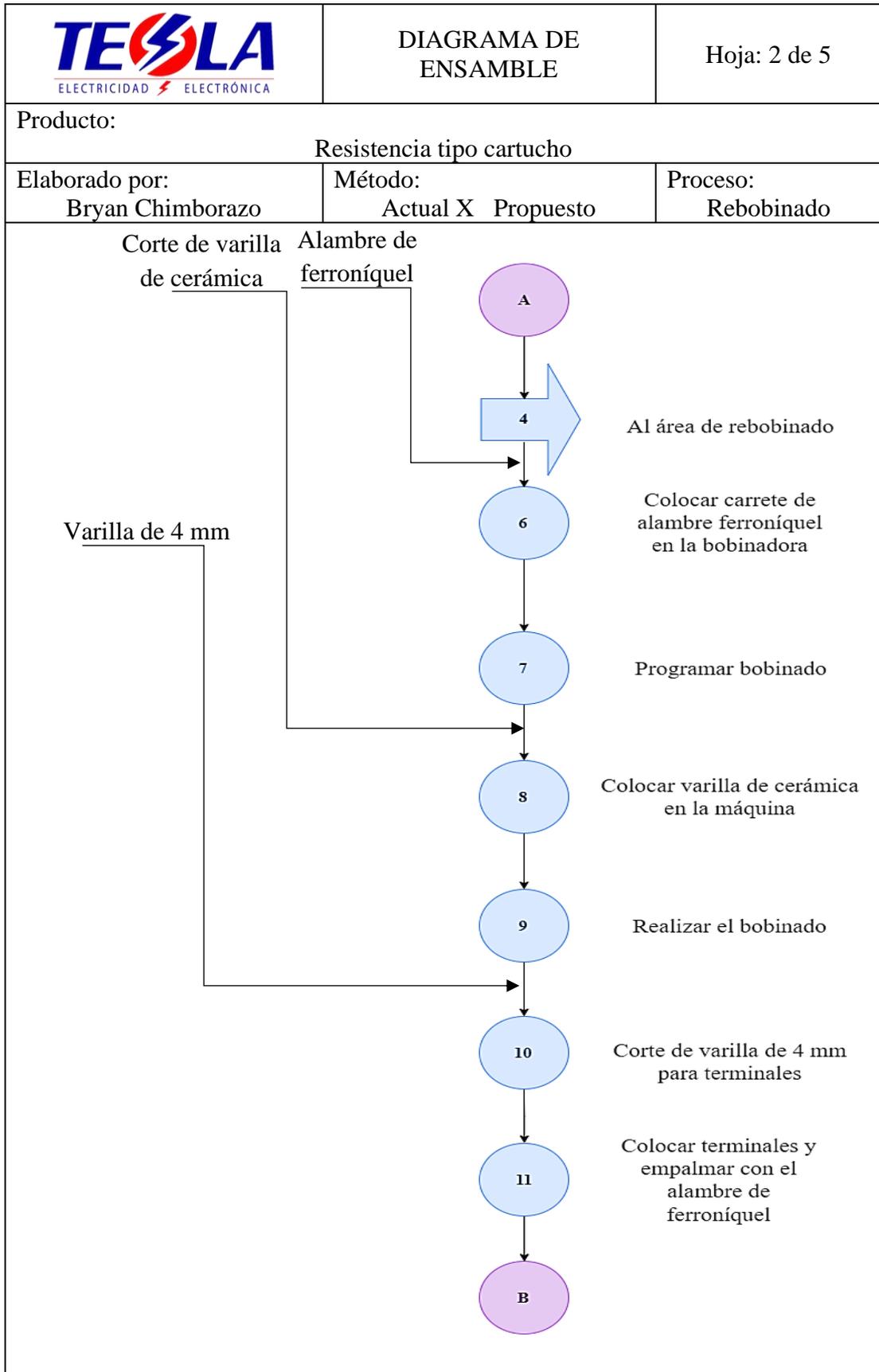


Figura 24. Diagrama de sinóptico del proceso de compactado

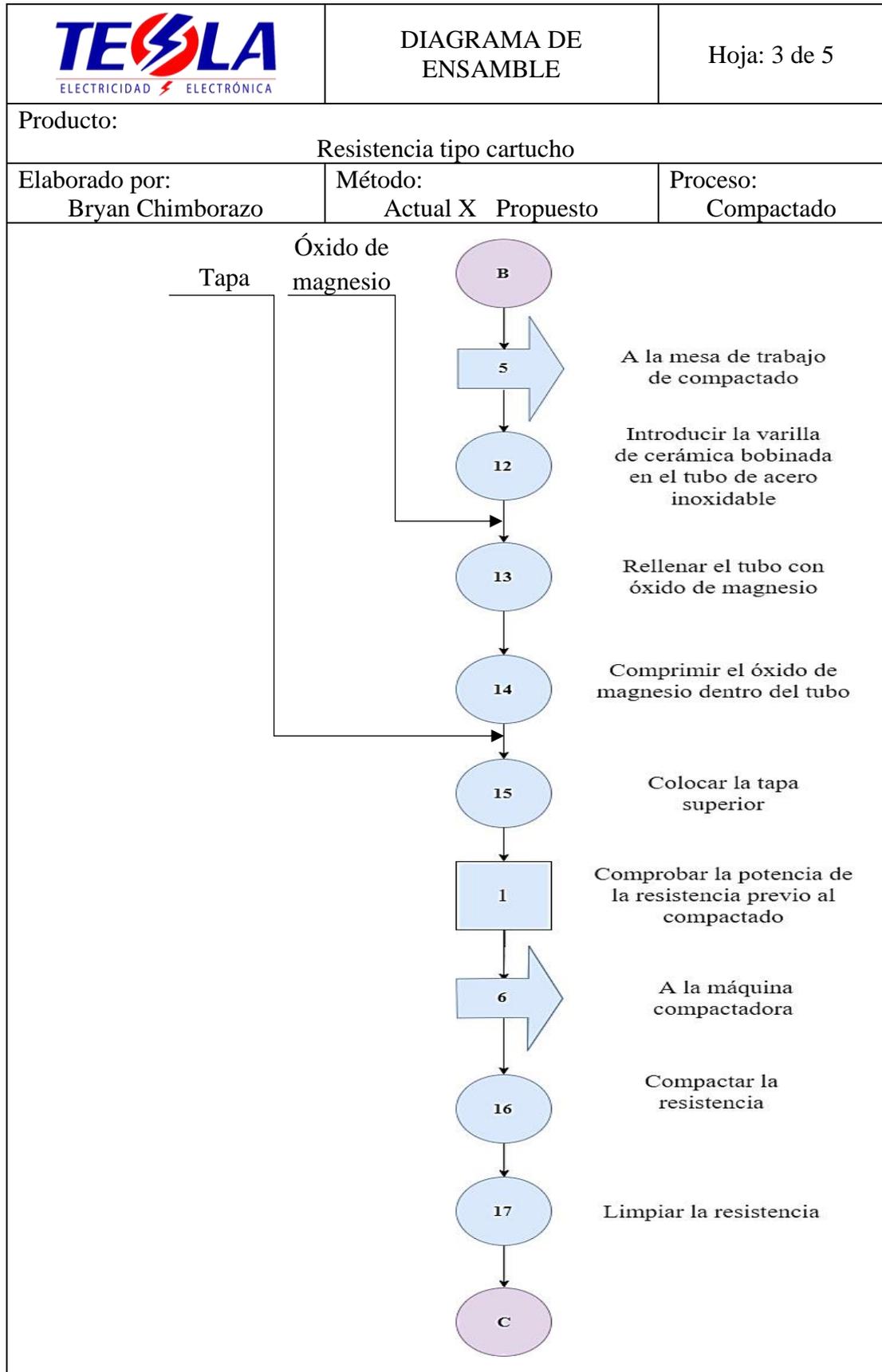


Figura 25. Diagrama de sinóptico del proceso de medición

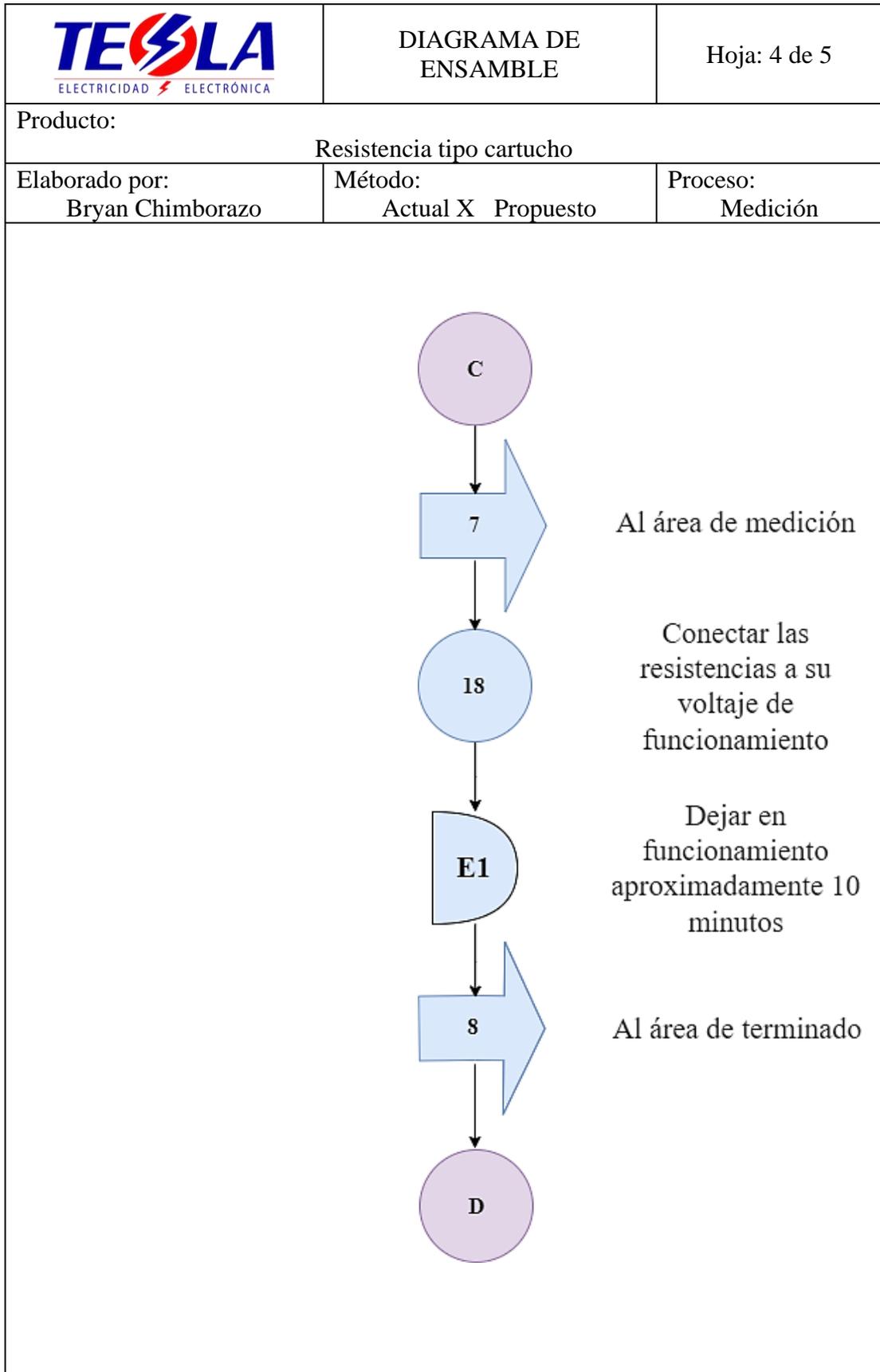
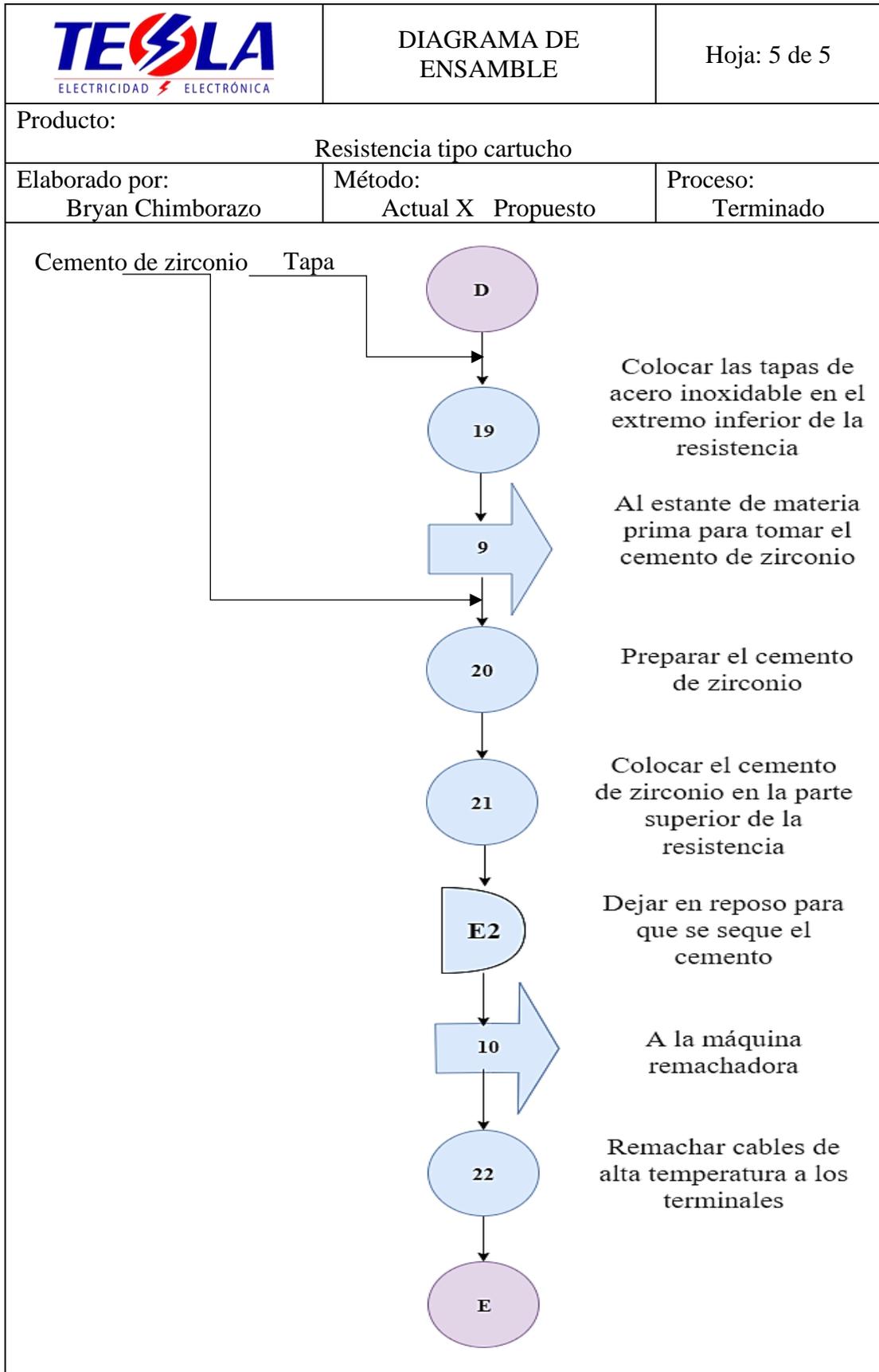


Figura 26. Diagrama de sinóptico del proceso de terminado



3.1.3 Tiempos y movimientos actuales del proceso productivo de la empresa Tesla Electricidad y Electrónica

Determinación de la metodología de medición

Para el estudio de tiempos, se selecciona el método de medición; considerando este factor, se observa que existen dos formas para el cronometraje de las actividades de un trabajo y estos métodos son: Cronometraje vuelta a cero y Cronometraje acumulativo. A continuación, la Tabla 12, muestra las características de cada uno de estos métodos, con el objeto de elegir el método más ideal para la toma de tiempos del proceso productivo.

Tabla 12. Metodologías de cronometraje, ventajas y desventajas [68]

| Tipos de cronometraje | | V | D |
|--|-------------|---------------|---|
| Características | Acumulativo | Vuelta a cero | |
| Si por alguna circunstancia se omite alguna actividad esporádica, el tiempo total no varía. | V | | |
| Es un método ideal para medir elementos cortos. | V | | |
| Brinda mayor exactitud en las medidas. | V | | |
| Se deben efectuar restas sucesivas para determinar el tiempo de cada elemento. | D | | |
| No es necesario el trabajo de oficina (restas sucesivas) | | V | |
| Los tiempos efectuados fuera de orden pueden ser registrados sin requerir anotaciones adicionales. | | V | |
| Se pierde el tiempo en el reinicio del cronómetro. | | D | |
| No es preciso | | D | |
| Muy complejo para elementos cortos. | | D | |
| No se puede verificar el tiempo total sumando las lecturas de cada elemento | | D | |

Como se observa, el método de cronometraje que presenta menos desventajas es el cronometraje acumulativo. Por otro lado, al hablar de un método que brinde mayores niveles de precisión en los datos, nuevamente es el método de cronometraje acumulativo.

Además, los criterios fundamentados por la Organización Mundial de Trabajo, muestran que, para la medición de tiempos, se debe emplear un cronometraje

acumulativo, por el grado de precisión más rápida y por la omisión de tiempos no tomados [68].

Selección del instrumento de medición

Teniendo en cuenta el método empleado, se minimiza el error en las medidas de tiempos, bajo el cronómetro con certificación de calibración (obsérvese el Anexo 2), cuyos datos se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13. Instrumento de medición para la toma de tiempos

| Instrumento de medición | |
|--|-------------------------|
| Fotografía | Características |
|  | Marca: |
| | ELICROM |
| | Modelo: |
| | PS532 |
| | Identificación: |
| | E-24704 |
| | Número de certificación |
| | CC-1537-001-22 |
| Método de calibración: | |
| Comparación directa con cronómetro patrón | |

Cálculo del número de observaciones

Para la fabricación de resistencias eléctricas industriales, la empresa Tesla Electricidad y Electrónica, cuenta con 3 operarios. Una vez se establecida la metodología de medición y el instrumento de medida, fue fundamental definir el tamaño de la muestra o número de observaciones para cada subproceso de producción, de las resistencias tipo cartucho. La Tabla 14, muestra el tiempo promedio estimado, de acuerdo con diez observaciones preliminares tomadas del proceso productivo, además, se muestra el número de observaciones recomendado para cada etapa de producción.

Tabla 14. Determinación del número de observaciones

| Nº | Proceso | Tiempo promedio observado | Número de observaciones |
|----|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1 | Corte | 33.15 | 5 |
| 2 | Rebobinado | 12.09 | 8 |
| 3 | Compactado | 11.94 | 8 |
| 4 | Medición | 18.77 | 8 |
| 5 | Terminado | 40.20 | 5 |
| 6 | Pruebas de funcionamiento | 33.15 | 5 |

Valoración del ritmo de trabajo

La Tabla 15, muestra los valores asignados para cada una de las etapas del proceso productivo, juntamente con su respectivo índice de desempeño.

Tabla 15. Cálculo del índice de desempeño

|  | | Factores | | | | |
|--|------------|-----------|----------|-------------|--------------|---------------------|
| Nº | Proceso | Habilidad | Esfuerzo | Condiciones | Consistencia | Índice de desempeño |
| 1 | Corte | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 1.08 |
| 2 | Rebobinado | 0.02 | 0.00 | 0.02 | 0.01 | 1.05 |
| 3 | Compactado | 0.02 | 0.02 | -0.03 | 0.03 | 1.04 |
| 4 | Medición | 0.06 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 1.11 |
| 5 | Terminado | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 1.07 |

De acuerdo con la Tabla 21, se observa que, índice de desempeño para el proceso de corte es de 1.08, para el proceso de rebobinado 1.05, para el proceso de compactado 1.04, para el proceso de medición 1.11, y, para los procesos de terminado y pruebas de funcionamiento se obtuvo un índice de 1.07 y 1.08 respectivamente.

Suplementos de los puestos de trabajo

A continuación, la Tabla 16, muestra los suplementos ligados a cada una de las etapas del proceso para la fabricación de resistencias eléctricas industriales de tipo cartucho.

Tabla 16. Cálculo de los suplementos

| Cálculo de Suplementos | | | | | | |
|------------------------|------------------------|---------------------|------------|------------|----------|-----------|
| Suplementos | | Línea de producción | | | | |
| | | Corte | Rebobinado | Compactado | Medición | Terminado |
| Fijos | Necesidades personales | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | Fatiga | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Variables | Trabajo de pie | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 |
| | Postura anormal | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Uso de la fuerza | -- | -- | -- | -- | -- |
| | Iluminación | -- | -- | -- | -- | -- |
| | Tensión visual | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| | Ruido | -- | -- | -- | -- | -- |
| | Tensión mental | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Monotonía mental | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Monotonía física | -- | -- | -- | -- | -- | |
| Porcentaje Total | | 13 | 13 | 15 | 15 | 13 |

Una vez calculados los suplementos correspondientes, a las etapas del proceso productivo, para la elaboración de resistencias eléctricas industriales, de tipo cartucho, se determina que, para el proceso de corte, rebobinado y terminado corresponden al 13%, mientras que, para el proceso de compactado y medición les corresponde un tiempo suplementario del 15%.

Tiempo estándar del proceso de corte

La Tabla 17, muestra la descripción de las actividades del proceso de corte, para la fabricación de resistencias eléctricas industriales de tipo cartucho; mientras que en la Tabla 18, se muestra las observaciones realizadas, donde, el Anexo 3, muestra el resumen, el tiempo normal y el cálculo del tiempo estándar de cada una de las actividades y de esta fase del proceso.

Tabla 17. Descripción de las actividades del proceso de corte

| Descripción de las actividades del proceso de corte | | |
|---|----------|--|
| Nº | Elemento | Descripción |
| 1 | A | Preparación de tubo de acero inoxidable |
| 2 | B | corte de la varilla de cerámica |
| 3 | C | Trasladar a la mesa de trabajo los materiales cortados |
| 4 | D | Calcular la potencia requerida |
| 5 | E | Comparación de la potencia requerida con la potencia del cable |
| 6 | F | Trasladar a la mesa de trabajo |
| 7 | G | Colocar la tapa inferior en el tubo |

Tabla 18. Determinación del tiempo estándar del proceso de corte

|  | | Producto: | Resistencia tipo Cartucho | | Hoja N°: | 01 de 05 | | | | | |
|---|----------|---------------|---------------------------|-------|----------------|----------|-------|----------------|-------|---------|-------|
| | | Proceso: | Corte | | Aprobado por: | | | | | | |
| | | Observador: | Bryan Chimborazo | | Observaciones: | | | | | | |
| | | Revisado por: | | | | | | | | | |
| Cálculo del tiempo estándar [minutos] | | | | | | | | | | | |
| Nº | Elemento | Observaciones | | | | | TO | ID | TN | S | Ts |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| 1 | A | 11.03 | 11.04 | 11.15 | 10.99 | 11.06 | 11.05 | 1.08 | 11.94 | 13 | 13.49 |
| 2 | B | 3.12 | 3.10 | 3.06 | 3.09 | 3.08 | 3.09 | 1.08 | 3.34 | 13 | 3.77 |
| 3 | C | 3.53 | 3.29 | 3.43 | 3.36 | 3.40 | 3.40 | 1.08 | 3.67 | 13 | 4.15 |
| 4 | D | 4.05 | 4.67 | 4.36 | 4.52 | 4.44 | 4.41 | 1.08 | 4.76 | 13 | 5.38 |
| 5 | E | 2.57 | 2.23 | 2.40 | 2.32 | 2.38 | 2.38 | 1.08 | 2.57 | 13 | 2.90 |
| 6 | F | 1.57 | 1.63 | 1.65 | 1.62 | 1.64 | 1.62 | 1.08 | 1.75 | 13 | 1.98 |
| 7 | G | 7.28 | 7.16 | 7.22 | 7.19 | 7.21 | 7.21 | 1.08 | 7.79 | 13 | 8.80 |
| Nota: | | | | | | | | Total Ts [min] | | 40.48 | |
| | | | | | | | | Total Ts [s] | | 2428.69 | |

Tiempo estándar del proceso de rebobinado

La Tabla 19, muestra la descripción de las actividades del proceso de rebobinado para la fabricación de resistencias eléctricas industriales de tipo cartucho; mientras que, la Tabla 20, muestra las observaciones realizadas, donde, el Anexo 4, muestra el resumen, del tiempo normal y el cálculo del tiempo estándar de cada una de las actividades y de esta fase del proceso.

Tabla 19. Descripción de las actividades del proceso de rebobinado

| Descripción de las actividades del proceso de rebobinado | | |
|--|----------|--|
| Nº | Elemento | Descripción |
| 1 | A | Trasladar al área de rebobinado |
| 2 | B | Colocar el carrete de alambre ferroníquel en la rebobinadora |
| 3 | C | Programar bobinado |
| 4 | D | Colocar la varilla de cerámica |
| 5 | E | Realizar el rebobinado |
| 6 | F | Cortar la varilla para los terminales |
| 7 | G | Conectar terminales |

Tabla 20. Determinación del tiempo estándar del proceso de rebobinado

|  | | Producto: | Resistencia tipo Cartucho | Hoja N°: | 02 de 05 | | | | | | | | | |
|---|----------|---------------|---------------------------|----------------|----------|------|------|------|------|------|----------------|------|--------|------|
| | | Proceso: | Rebobinado | Aprobado por: | | | | | | | | | | |
| | | Observador: | Bryan Chimborazo | Observaciones: | | | | | | | | | | |
| | | Revisado por: | | | | | | | | | | | | |
| Cálculo del tiempo estándar [minutos] | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº | Elemento | Observaciones | | | | | | | | TO | ID | TN | S | Ts |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | | | | |
| 1 | A | 0.95 | 0.99 | 0.97 | 1.01 | 0.99 | 0.96 | 0.95 | 1.05 | 0.98 | 1.05 | 1.03 | 13 | 1.17 |
| 2 | B | 4.53 | 4.76 | 4.65 | 4.71 | 4.66 | 4.63 | 4.39 | 4.76 | 4.64 | 1.05 | 4.87 | 13 | 5.50 |
| 3 | C | 2.09 | 2.17 | 2.25 | 2.31 | 2.15 | 2.12 | 2.08 | 2.18 | 2.17 | 1.05 | 2.28 | 13 | 2.57 |
| 4 | D | 0.82 | 0.85 | 0.86 | 0.86 | 0.92 | 0.88 | 0.83 | 0.79 | 0.85 | 1.05 | 0.89 | 13 | 1.01 |
| 5 | E | 1.11 | 1.05 | 1.22 | 1.07 | 1.34 | 1.12 | 1.10 | 1.12 | 1.14 | 1.05 | 1.20 | 13 | 1.35 |
| 6 | F | 0.38 | 0.40 | 0.41 | 0.45 | 0.38 | 0.39 | 0.43 | 0.41 | 0.41 | 1.05 | 0.43 | 13 | 0.48 |
| 7 | G | 2.21 | 1.98 | 2.17 | 2.14 | 2.08 | 2.12 | 2.17 | 2.25 | 2.14 | 1.05 | 2.25 | 13 | 2.54 |
| Nota: | | | | | | | | | | | Total Ts [min] | | 14.63 | |
| Nota: | | | | | | | | | | | Total Ts [s] | | 877.59 | |

Tiempo estándar del proceso de compactado

La Tabla 21, muestra la descripción de las actividades del proceso de compactado para la fabricación de resistencias eléctricas industriales de tipo cartucho; mientras que, la Tabla 22, muestra las observaciones realizadas, donde, el Anexo 5, muestra el resumen, del tiempo normal y el cálculo del tiempo estándar de cada una de las actividades y de esta fase del proceso.

Tabla 21. Descripción de las actividades del proceso de compactado

| Descripción de las actividades del proceso de compactado | | |
|--|----------|--|
| N° | Elemento | Descripción |
| 1 | A | Introducir la varilla bobinada dentro del tubo de acero inoxidable |
| 2 | B | Rellenar el tubo con oxido de magnesio |
| 3 | C | Colocar la tapa superior |
| 4 | D | Comprobar la potencia de la resistencia |
| 5 | E | Trasladar la resistencia a la compactadora |
| 6 | F | Comprimir la resistencia (compactar) |
| 7 | G | Limpiar la resistencia |

Tabla 22. Determinación del tiempo estándar del proceso de compactado

|  | | Producto: | Resistencia tipo Cartucho | Hoja N°: | 03 de 05 | | | | | | | | | |
|---|----------|---------------|---------------------------|----------------|----------|------|------|------|------|------|----------------|--------|----|------|
| | | Proceso: | Compactado | Aprobado por: | | | | | | | | | | |
| | | Observador: | Bryan Chimborazo | Observaciones: | | | | | | | | | | |
| | | Revisado por: | | | | | | | | | | | | |
| Cálculo del tiempo estándar [minutos] | | | | | | | | | | | | | | |
| N° | Elemento | Observaciones | | | | | | | | TO | ID | TN | S | Ts |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | | | | |
| 1 | A | 0.37 | 0.39 | 0.35 | 0.37 | 0.41 | 0.44 | 0.40 | 0.38 | 0.39 | 1.04 | 0.40 | 15 | 0.46 |
| 2 | B | 4.21 | 4.12 | 4.15 | 4.09 | 4.06 | 4.23 | 4.03 | 4.01 | 4.11 | 1.04 | 4.28 | 15 | 4.92 |
| 3 | C | 2.58 | 2.61 | 2.45 | 2.49 | 2.51 | 2.53 | 2.52 | 2.48 | 2.52 | 1.04 | 2.62 | 15 | 3.02 |
| 4 | D | 0.98 | 0.90 | 1.01 | 0.99 | 0.93 | 0.98 | 1.05 | 0.99 | 0.98 | 1.04 | 1.02 | 15 | 1.17 |
| 5 | E | 0.45 | 0.50 | 0.46 | 0.49 | 0.47 | 0.51 | 0.49 | 0.45 | 0.48 | 1.04 | 0.50 | 15 | 0.57 |
| 6 | F | 2.23 | 2.19 | 2.25 | 2.15 | 2.24 | 2.41 | 2.32 | 2.18 | 2.25 | 1.04 | 2.34 | 15 | 2.69 |
| 7 | G | 1.12 | 1.16 | 1.10 | 1.14 | 1.12 | 1.18 | 1.15 | 1.11 | 1.14 | 1.04 | 1.18 | 15 | 1.36 |
| Nota: | | | | | | | | | | | Total Ts [min] | 14.18 | | |
| | | | | | | | | | | | Total Ts [s] | 851.07 | | |

Tiempo estándar del proceso de medición

La Tabla 23, muestra la descripción de las actividades del proceso de medición para la fabricación de resistencias eléctricas industriales de tipo cartucho; mientras que, la Tabla 24, muestra las observaciones realizadas, donde, el Anexo 6, muestra el resumen, del tiempo normal y el cálculo del tiempo estándar de cada una de las actividades y de esta fase del proceso.

Tabla 23. Descripción de las actividades del proceso de medición

| Descripción de las actividades del proceso de medición | | |
|--|----------|--|
| Nº | Elemento | Descripción |
| 1 | A | Trasladar la resistencia al área de medición |
| 2 | B | conectar la resistencia a su voltaje de funcionamiento |
| 3 | C | dejar en funcionamiento |
| 4 | D | Esperar que se enfríe la resistencia |
| 5 | E | Transportar la resistencia al área de terminado |

Tabla 24. Determinación del tiempo estándar del proceso de medición

|  | | Producto: | Resistencia tipo Cartucho | | | Hoja Nº: | 04 de 05 | | | | | | | |
|---|----------|---------------|---------------------------|-------|-------|----------------|----------|-------|-------|------|----------------|------|---------|-------|
| | | Proceso: | Medición | | | Aprobado por: | | | | | | | | |
| | | Observador: | Bryan Chimborazo | | | Observaciones: | | | | | | | | |
| | | Revisado por: | | | | | | | | | | | | |
| Cálculo del tiempo estándar [minutos] | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº | Elemento | Observaciones | | | | | | | | TO | ID | TN | S | Ts |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | | | | |
| 1 | A | 0.45 | 0.44 | 0.47 | 0.46 | 0.49 | 0.45 | 0.46 | 0.44 | 0.46 | 1.11 | 0.51 | 15 | 0.58 |
| 2 | B | 2.58 | 2.57 | 2.64 | 2.56 | 2.52 | 2.63 | 2.56 | 2.60 | 2.58 | 1.11 | 2.87 | 15 | 3.30 |
| 3 | C | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | -- | -- | -- | -- | 10.00 |
| 4 | D | 5.04 | 5.00 | 5.01 | 4.98 | 5.05 | 5.09 | 5.03 | 5.04 | 5.03 | 1.11 | 5.58 | 15 | 6.42 |
| 5 | E | 0.70 | 0.68 | 0.69 | 0.73 | 0.74 | 0.67 | 0.72 | 0.69 | 0.70 | 1.11 | 0.78 | 15 | 0.90 |
| Nota: | | | | | | | | | | | Total Ts [min] | | 21.20 | |
| | | | | | | | | | | | Total Ts [s] | | 1271.89 | |

Tiempo estándar del proceso de terminado

La Tabla 25, muestra la descripción de las actividades del proceso de medición para la fabricación de resistencias eléctricas industriales de tipo cartucho; mientras que, la Tabla 26, muestra las observaciones realizadas, donde, el Anexo 6, muestra el resumen, del tiempo normal y el cálculo del tiempo estándar de cada una de las actividades y de esta fase del proceso.

Tabla 25. Descripción de las actividades del proceso de terminado

| Descripción de las actividades del proceso de terminado | | |
|---|----------|---|
| Nº | Elemento | Descripción |
| 1 | A | Colocar tapa metálica en el extremo inferior |
| 2 | B | trasladarse al estante para tomar el zirconio |
| 3 | C | preparar el cemento de circonio |
| 4 | D | colocar el cemento en el extremo superior de la resistencia |
| 5 | E | dejar reposar hasta que se seque el cemento |
| 6 | F | trasladar a la máquina remachadora |
| 7 | G | Remachar cables de alta temperatura para los terminales |
| 8 | H | Prueba de funcionamiento |
| 9 | I | Conexión con el megger |
| 10 | J | Almacenamiento |

Tabla 26. Determinación del tiempo estándar del proceso de terminado

|  | | Producto: | Resistencia tipo Cartucho | | Hoja N°: | 05 de 05 | | | | | |
|---|----------|---------------|---------------------------|-------|----------------|----------|-------|----------------|------|---------|-------|
| | | Proceso: | Terminado | | Aprobado por: | | | | | | |
| | | Observador: | Bryan Chimborazo | | Observaciones: | | | | | | |
| | | Revisado por: | | | | | | | | | |
| Cálculo del tiempo estándar [minutos] | | | | | | | | | | | |
| Nº | Elemento | Observaciones | | | | | TO | ID | TN | S | Ts |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| 1 | A | 7.12 | 6.99 | 7.15 | 7.21 | 7.12 | 7.12 | 1.07 | 7.62 | 13 | 8.61 |
| 2 | B | 0.35 | 0.34 | 0.39 | 0.35 | 0.37 | 0.36 | 1.07 | 0.39 | 13 | 0.44 |
| 3 | C | 4.03 | 4.12 | 4.11 | 4.05 | 4.08 | 4.08 | 1.07 | 4.36 | 13 | 4.93 |
| 4 | D | 1.16 | 1.21 | 1.15 | 1.16 | 1.23 | 1.18 | 1.07 | 1.26 | 13 | 1.43 |
| 5 | E | 18.00 | 18.00 | 18.00 | 18.00 | 18.00 | 18.00 | -- | -- | -- | 18.00 |
| 6 | F | 0.52 | 0.54 | 0.52 | 0.53 | 0.56 | 0.53 | 1.07 | 0.57 | 13 | 0.65 |
| 7 | G | 2.04 | 2.05 | 2.02 | 2.06 | 2.04 | 2.04 | 1.07 | 2.18 | 13 | 2.47 |
| 8 | H | 1.12 | 1.14 | 1.22 | 1.15 | 1.10 | 1.15 | 1.07 | 1.23 | 13 | 1.39 |
| 9 | I | 4.28 | 4.19 | 4.12 | 4.25 | 2.19 | 3.81 | 1.07 | 4.07 | 13 | 4.60 |
| 10 | J | 1.58 | 1.56 | 1.63 | 1.49 | 1.61 | 1.57 | 1.07 | 1.68 | 13 | 1.90 |
| Nota: | | | | | | | | Total Ts [min] | | 30.43 | |
| | | | | | | | | Total Ts [s] | | 1826.06 | |

La Tabla 27, muestra el resumen del tiempo estándar calculado en esta sección, para cada una de las fases del proceso de producción de resistencias eléctricas industriales de tipo cartucho.

Tabla 27. Resumen del tiempo estándar

|  | | Observación | Tiempo estándar [min/unidad] |
|---|------------|--|------------------------------|
| N° | Proceso | | |
| 1 | Corte | | 40.48 |
| 2 | Rebobinado | | 14.63 |
| 3 | Compactado | | 14.18 |
| 4 | Medición | Para el tiempo estándar del proceso no se toma en consideración la actividad de dejar en funcionamiento la resistencia debía que mientras se realiza esta, el operario sigue ejecutando otras actividades de producción, por lo tanto, el tiempo estándar del proceso es 11.20 minutos. | 11.20 |
| 5 | Terminado | Para el tiempo estándar de este proceso no se toma en consideración la actividad de dejar en reposo las resistencias hasta que se seque el cemento de contacto, pues mientras se seca el cemento el operario realiza otras actividades de producción; por lo tanto, el tiempo estándar de este proceso es 26.41 minutos. | 26.41 |
| Tiempo de ciclo | | | 96.9 |

Capacidad de producción actual

Para el cálculo de la capacidad de producción, la Tabla 28, muestra la capacidad de producción diaria, semanal y mensual, considerando que se trabajan 5 días a la semana y 20 días al mes.

Tabla 28. Cálculo de la capacidad de producción de resistencias eléctricas industriales tipo cartucho

| Capacidad de producción | | | | | |
|-------------------------|--|------------------------------|---------------|----------------|----------------|
| N° | Producto | Tiempo estándar (min/unidad) | Cp_{diaria} | $Cp_{semanal}$ | $Cp_{mensual}$ |
| 1 | Resistencia eléctrica industrial tipo cartucho | 96.9 | 15 | 72 | 297 |

De acuerdo con la Tabla 28, mediante el método actual de producción, se puede fabricar 15 resistencias de tipo cartucho durante un día, en una jornada semanal 72 unidades, finalmente para en un mes de trabajo, se fabrican 297 resistencias eléctricas industriales tipo cartucho.

Determinación del Takt time

La Tabla 29, muestra la demanda mensual promedio de las resistencias eléctricas industriales tipo cartucho de la empresa Tesla Electricidad y Electrónica.

Tabla 29. Demanda mensual promedio de resistencias eléctricas tipo cartucho

| | | | |
|--------------------------|---------|------------|---------|
| Mes | Demanda | Mes | Demanda |
| Enero | 300 | Julio | 234 |
| Febrero | 295 | Agosto | 292 |
| Marzo | 227 | Septiembre | 298 |
| Abril | 203 | Octubre | 274 |
| Mayo | 303 | Noviembre | 302 |
| Junio | 283 | Diciembre | 265 |
| Demanda promedio mensual | | | 250 |

Finalmente, el Takt time del proceso es:

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ operativo}{Mejor\ nivel\ de\ operación}$$

$$Takt\ Time = \frac{480\ min}{12\ resistencias}$$

$$Takt\ Time = 40 \frac{min}{resistencia}$$

Determinación del Lead Time

Para calcular el Lead Time, se emplea información recopilada del área de producción. Para esta sección se debe considerar el inventario presente en el proceso productivo, mismo que se determina a través de la observación directa de la planta. La Tabla 30, muestra el inventario estimado del proceso productivo de resistencias eléctricas industriales de tipo cartucho.

Tabla 30. Inventario de resistencias eléctricas industriales tipo cartucho

| N° | Proceso | Inventario (unidades) |
|----|------------|-----------------------|
| 1 | Corte | 0 |
| 2 | Rebobinado | 5 |
| 3 | Compactado | 0 |
| 4 | Medición | 6 |
| 5 | Terminado | 10 |

Otro aspecto a considerar, en este apartado, es la demanda diaria, dicho valor se puede apreciar en el apartado siguiente; siendo en este caso 40 resistencias.

Para calcular el Lead Time se emplea la ecuación (9) [5]. A continuación, la Tabla 31, muestra el resumen del cálculo del Lead Time.

Tabla 31. Lead time de las resistencias eléctricas industriales tipo cartucho

| N° | Proceso | Lead time (días) |
|-------|------------|------------------|
| 1 | Corte | 0.00 |
| 2 | Rebobinado | 0.21 |
| 3 | Compactado | 0.00 |
| 4 | Medición | 0.26 |
| 5 | Terminado | 0.34 |
| Total | | 0.91 |

Entonces, se puede concluir que, el Lead Time del proceso productivo, para la fabricación de resistencias eléctricas industriales tipo cartucho, es de 0.91 días.

Mapa del flujo de valor o VSM, método actual

La Figura 27, muestra el VSM o mapa de cadena de valor de la situación actual para la fabricación de resistencias eléctricas industriales.

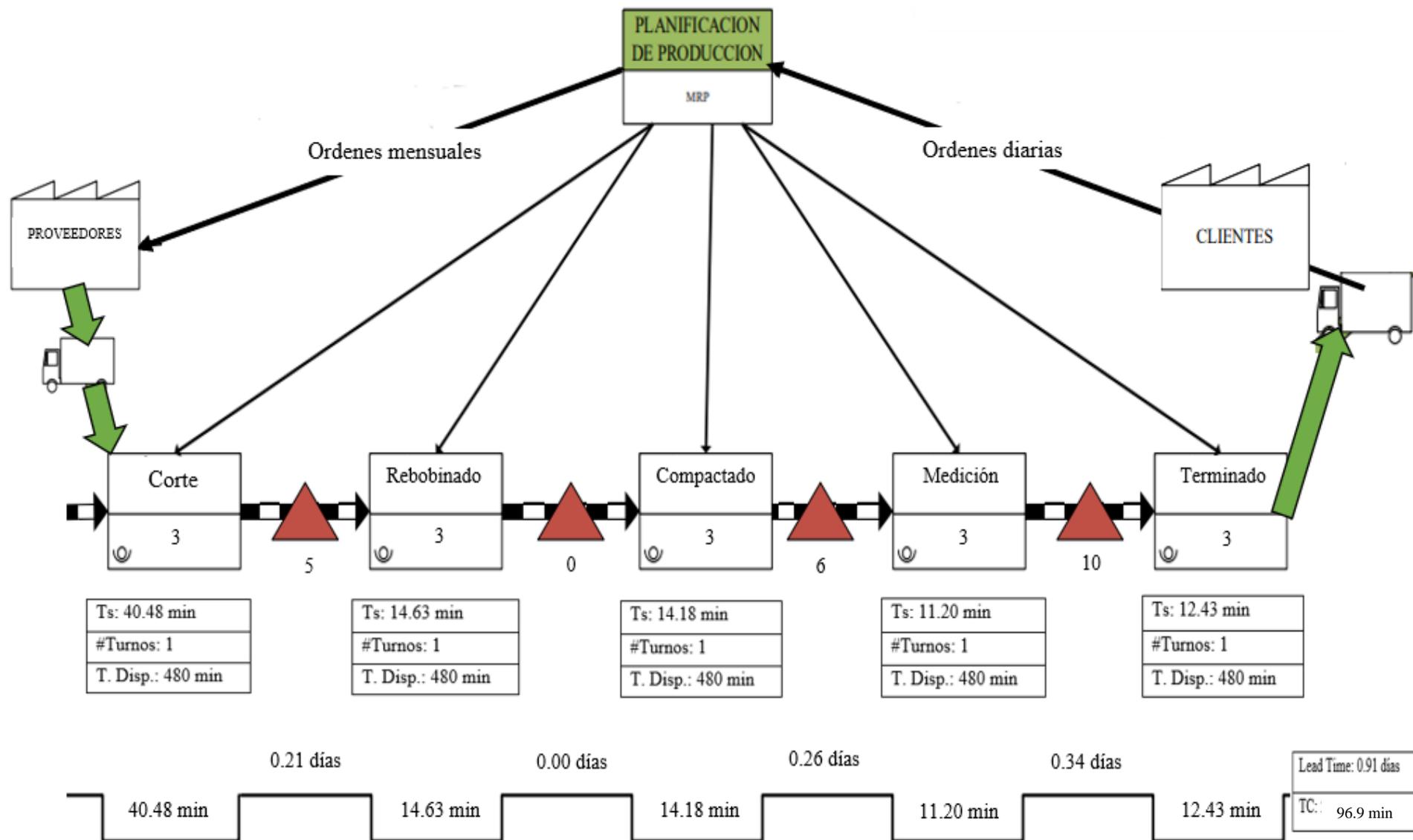


Figura 27. Mapa de la cadena de valor, situación actual

3.1.4 Identificación de desperdicios presentes en el proceso productivo

A través de la Tabla 32, se evalúa las actividades que agregan o no valor, del mismo modo, se muestra el tipo de desperdicio generado juntamente con la acción correctiva, para determinar opciones de mejora para el proceso productivo.

Tabla 32. Diagrama identificador de desperdicios del proceso productivo

|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA | | | | | | | | | |  | | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------|-------------|-----------------|---------|--------------------------|-------------------------|------------|--------------------------|---|--------------------|----------------------|-------------|----------|---------|---------|
| Diagrama identificador de desperdicios | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elaborado por | | Bryan Chimborazo | | | | Revisado por | | | Ing. Víctor Guachimbosa | | | | | | | | | |
| Producto | | Resistencia eléctrica industrial tipo cartucho | | | | Fecha | | | 23/06/2022 | | | | | | | | | |
| Lugar | | Área de producción | | | | Observaciones | | | | | | | | | | | | |
| N° | Identificación de operaciones | Agrega valor | | No agrega valor | | Desperdicios | | | | | | | Acción | | | | | |
| | | Esencial | No esencial | Esencial | No esencial | Sobreproducción | Esperas | Transportes innecesarios | Sobrepcesamiento | Inventario | Movimientos innecesarios | Productos defectuosos | Uso de información | Talento no utilizado | Proveedores | Eliminar | Reducir | Mejorar |
| CORTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Preparación de tubo de acero inoxidable | X | | | | | | | | | X | | | | | X | | |
| 2 | Corte de la varilla de cerámica | X | | | | | X | | | | X | | | | | X | | |
| 3 | Trasladar a la mesa de trabajo los materiales cortados | | | X | | | | X | | | | | | | | | | X |
| 4 | Calcular la potencia requerida | X | | | | | X | | | X | | | X | X | | | X | |
| 5 | Comparación de la potencia requerida con la potencia del cable | X | | | | | | | | | X | | | X | | | X | |

Tabla 32. Diagrama identificador de desperdicios del proceso productivo
continuación 1

|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA | | | | | | | | | |  | | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------|-------------|-----------------|---------|--------------------------|------------------|------------------------|--------------------------|---|--------------------|----------------------|-------------|----------|---------|---------|
| Diagrama identificador de desperdicios | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elaborado por | | Bryan Chimborazo | | | | Revisado por | | | | Ing. Víctor Guachimosa | | | | | | | | |
| Producto | | Resistencia eléctrica industrial tipo cartucho | | | | Fecha | | | | 23/06/2022 | | | | | | | | |
| Lugar | | Área de producción | | | | Observaciones | | | | | | | | | | | | |
| N° | Identificación de operaciones | Agrega valor | | No agrega valor | | Desperdicios | | | | | | | | Acción | | | | |
| | | Esencial | No esencial | Esencial | No esencial | Sobreproducción | Esperas | Transportes innecesarios | Sobrepresamiento | Inventario | Movimientos innecesarios | Productos defectuosos | Uso de información | Talento no utilizado | Proveedores | Eliminar | Reducir | Mejorar |
| CORTE | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Trasladar a la mesa de trabajo | | | X | | | | | | | X | | | | | X | | |
| 7 | Colocar la tapa inferior en el tubo | X | | | | | | X | | | | | | | | | | X |
| REBOBINADO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Trasladar al área de rebobinado | | | X | | | | | | | X | | | | | | | X |
| 9 | Colocar el carrete de alambre ferroníquel en la rebobinadora | X | | | | | X | | | | | | | | | | | X |
| 10 | Programar bobinado | X | | | | | X | | X | | | X | | | | | X | |
| 11 | Colocar la varilla de cerámica | X | | | | | | | | X | | | | | | | | X |
| 12 | Realizar el rebobinado | X | | | | | | | X | | | | | | | | X | |
| 13 | Cortar la varilla para los terminales | X | | | | | | | | | X | | | | | X | | |

Tabla 32. Diagrama identificador de desperdicios del proceso productivo
continuación 2

|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA | | | | | | | | | |  ELECTRICIDAD ⚡ ELECTRÓNICA | | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------|-------------|-----------------|--------------|--------------------------|-----------------|------------|--------------------------|---|--------------------|----------------------|-------------|----------|---------|---------|
| | | Diagrama identificador de desperdicios | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elaborado por | | Bryan Chimborazo | | | | | Revisado por | | | | | Ing. Víctor Guachimosa | | | | | | |
| Producto | | Resistencia eléctrica industrial tipo cartucho | | | | | Fecha | | | | | 23/06/2022 | | | | | | |
| Lugar | | Área de producción | | | | | ° | | | | | | | | | | | |
| N° | Identificación de operaciones | Agrega valor | | No agrega valor | | Desperdicios | | | | | | | | | | Acción | | |
| | | Esencial | No esencial | Esencial | No esencial | Sobreproducción | Esperas | Transportes innecesarios | Sobrepesamiento | Inventario | Movimientos innecesarios | Productos defectuosos | Uso de información | Talento no utilizado | Proveedores | Eliminar | Reducir | Mejorar |
| REBOBINADO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Conectar terminales | X | | | | | | | X | | | | | | X | | | X |
| 15 | Introducir la varilla bobinada dentro del tubo de acero inoxidable | X | | | | | | | | X | | | | | | | | X |
| 16 | Rellenar el tubo con oxido de magnesio | X | | | | | X | | | | | | | | | | | X |
| 17 | Colocar la tapa superior | X | | | | | | | X | | | | | | | | | X |
| 18 | Comprobar la potencia de la resistencia | X | | | | | X | | | | | | X | | | | | X |
| 19 | Trasladar la resistencia a la compactadora | | | X | | | | | | | X | | | | | | | X |
| 20 | Comprimir la resistencia (compactar) | X | | | | | X | | | | | | | | | | | X |
| 21 | Limpiar la resistencia | | | X | | | | | X | | | | | | | | | X |

Tabla 32. Diagrama identificador de desperdicios del proceso productivo
continuación 3

|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA | | | | | | | | | |  | | | | | | |
|---|--|--|-------------|-----------------|-------------|-----------------|---------------|--------------------------|--------------------|------------|--------------------------|---|--------------------|----------------------|-------------|----------|---------|---------|
| | | Diagrama identificador de desperdicios | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elaborado por | | Bryan Chimborazo | | | | | Revisado por | | | | | Ing. Víctor Guachimbosa | | | | | | |
| Producto | | Resistencia eléctrica industrial tipo cartucho | | | | | Fecha | | | | | 23/06/2022 | | | | | | |
| Lugar | | Área de producción | | | | | Observaciones | | | | | | | | | | | |
| N° | Identificación de operaciones | Agrega valor | | No agrega valor | | Desperdicios | | | | | | | | | | Acción | | |
| | | Esencial | No esencial | Esencial | No esencial | Sobreproducción | Esperas | Transportes innecesarios | Sobreprocesamiento | Inventario | Movimientos innecesarios | Productos defectuosos | Uso de información | Talento no utilizado | Proveedores | Eliminar | Reducir | Mejorar |
| MEDICIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | Trasladar la resistencia al área de medición | | | X | | | | | X | | | | | | | | | X |
| 23 | Conectar la resistencia a su voltaje de funcionamiento | | | X | | | | | | X | | | | X | | | | X |
| 24 | Dejar en funcionamiento | X | | | | | X | | | | | | | | | | | X |
| 25 | Esperar que se enfríe la resistencia | | | X | | | X | | | | | | | | | | | X |
| 26 | Transportar la resistencia al área de terminado | | | X | | | | | | X | | | | | | | | |
| TERMINADO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | Colocar tapa metálica en el extremo inferior | | | | X | | | | X | | | | | | | | | X |
| 28 | Trasladarse al estante para tomar el zirconio | | | | X | | | | | X | | | | | | | | X |

Tabla 32. Diagrama identificador de desperdicios del proceso productivo
continuación 4

|  | | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA | | | | | | | | | |  | | | | | | |
|---|---|--|-------------|-----------------|-------------|-----------------|---------------|--------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------|---|--------------------|----------------------|-------------|----------|---------|---------|
| | | Diagrama identificador de desperdicios | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elaborado por | | Bryan Chimborazo | | | | | Revisado por | | | Ing. Víctor Guachimbosa | | | | | | | | |
| Producto | | Resistencia eléctrica industrial tipo cartucho | | | | | Fecha | | | 23/06/2022 | | | | | | | | |
| Lugar | | Área de producción | | | | | Observaciones | | | | | | | | | | | |
| N° | Identificación de operaciones | Agreg a valor | | No agrega valor | | Desperdicios | | | | | | | | | | Acción | | |
| | | Esencial | No esencial | Esencial | No esencial | Sobreproducción | Esperas | Transportes innecesarios | Sobreprocesamiento | Inventario | Movimientos innecesarios | Productos defectuosos | Uso de información | Talento no utilizado | Proveedores | Eliminar | Reducir | Mejorar |
| TERMINADO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | Preparar el cemento de circonio | X | | | | | | | X | | | | | X | | | | X |
| 30 | Colocar el cemento en el extremo superior de la resistencia | X | | | | | | | X | | | | | | | | | X |
| 31 | Dejar reposar hasta que se seque el cemento | | | X | | | X | | | | | | | | | | | X |
| 32 | Trasladar a la máquina remachadora | | | X | | | X | | | | | | | | | | | X |
| 33 | Remachar cables de alta temperatura para los terminales | X | | | | | | | X | | | | | | | | | X |
| 34 | Prueba de funcionamiento | X | | | | | X | | X | | | | | | | X | | |
| 35 | Conexión con el megger | X | | | | | X | | | | | | X | | | | | X |
| 36 | Almacenamiento | | | X | | | | | | | X | | | | | | | X |

La Tabla 33, muestra resumen general de las mudas identificadas en el proceso productivo para la fabricación de resistencias eléctricas industriales.

Tabla 33. Mudras del proceso productivo

| Desperdicio | Cantidad | Porcentaje |
|--------------------------|----------|------------|
| Sobreproducción | 0 | 0,00% |
| Esperas | 13 | 26,53% |
| Transportes innecesarios | 3 | 6,12% |
| Sobrepesamiento | 10 | 20,41% |
| Inventario | 3 | 6,12% |
| Movimientos innecesarios | 11 | 22,45% |
| Productos defectuosos | 0 | 0,00% |
| Uso de información | 4 | 8,16% |
| Talento no utilizado | 5 | 10,20% |
| Proveedores | 0 | 0,00% |
| Total | 49 | 100% |

La Figura 28, muestra el diagrama de pastel correspondiente a los desperdicios presentes en el proceso.

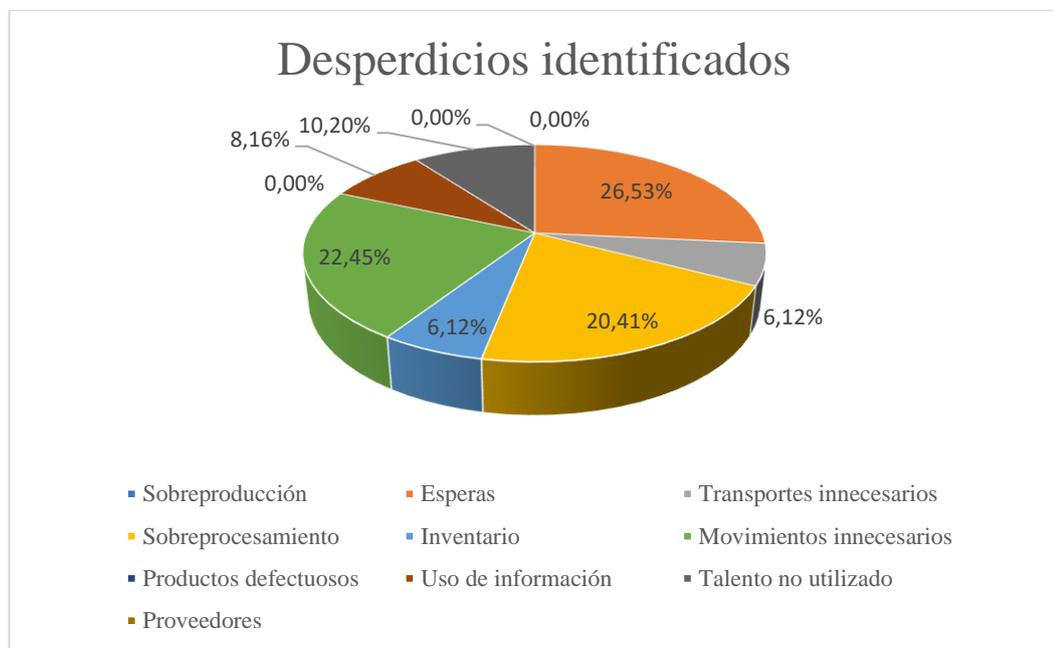


Figura 28. Porcentaje de desperdicios del proceso productivo

Análisis e interpretación

Los desperdicios presentes en el proceso de producción para la fabricación de resistencias eléctricas industriales, dan un total de 49, donde: 13 desperdicios, equivalen a 26,53%, derivan de esperas; 3 desperdicios, equivalen a 6,12%, derivan de transportes innecesarios; 10 desperdicios, equivalen a 20,41%, derivan de sobrepesamientos; 3 desperdicios, equivalen a 6,12%, derivan de exceso de inventarios y; 11 desperdicios, equivalen a 22,45%, derivan de actividades innecesarias; 4 desperdicios, equivalen a 8,16%, derivan del mal manejo de información y; 5 desperdicios, equivalen a 10,20%, derivan del talento no utilizado.

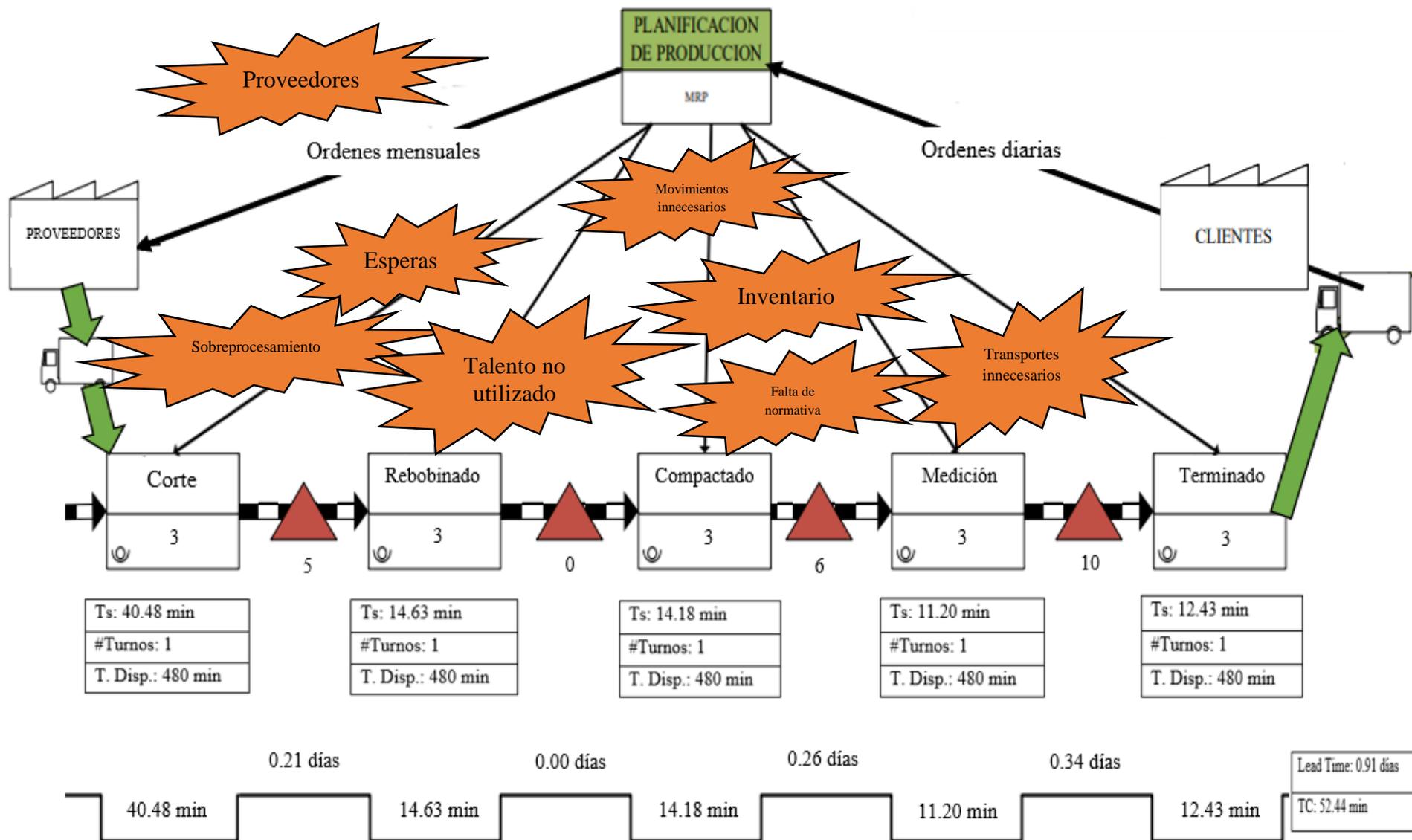


Figura 29. Mapa de la cadena de valor e identificación de desperdicios, situación actual

La Figura 29, muestra el diagnóstico de la situación actual del proceso productivo mediante la herramienta VSM, juntamente con los desperdicios presentes en la línea de producción. La Tabla 40, muestra el análisis ABC, que determina cuales son los desperdicios de mayor impacto sobre la producción de resistencias eléctricas industriales.

Tabla 34. Análisis ABC – identificación de desperdicios más representativos

| Muda o desperdicio | Cantidad | % | Acumulado (%) |
|--------------------------|----------|-------|---------------|
| Esperas | 13 | 26.53 | 26.53 |
| Movimientos innecesarios | 11 | 22.45 | 48.98 |
| Sobreprocesamiento | 10 | 20.41 | 69.39 |
| Talento no utilizado | 5 | 10.20 | 79.59 |
| Uso de información | 4 | 8.26 | 87.85 |
| Inventario | 3 | 6.12 | 93.97 |
| Transportes innecesarios | 3 | 6.12 | 100 |
| Proveedores | 0 | 0 | 100 |
| Productos defectuosos | 0 | 0 | 100 |
| Sobreproducción | 0 | 0 | 100 |
| Total | 40 | 100 | |

Los resultados del análisis, se diagraman en la Figura 29, para identificar los desperdicios que mayores impactos negativos causan a la producción.

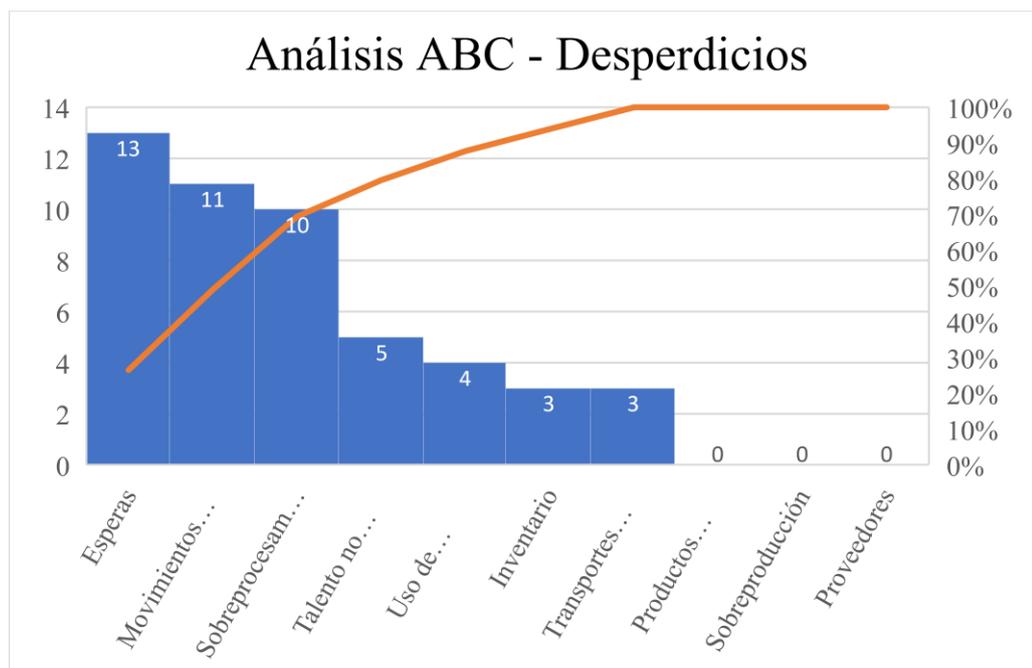


Figura 30. Análisis ABC de desperdicios

Análisis e interpretación

A través del análisis ABC, efectuado sobre los desperdicios presentes en el proceso productivo, se realiza con el objetivo de evidenciar los que causan mayores impactos negativos. Dicho de este modo, los desperdicios de mayor impacto, que comprenden el 80%, son las esperas, movimientos innecesarios y sobreprocesamientos y el talento no utilizado. Por tal razón, se requiere de herramientas de mejora sobre estos desperdicios. En virtud de aquello, a continuación, se describen estas mudas que causan a la productividad.

Tiempo de espera o esperas

Este tipo de desperdicios, se presentan en el proceso productivo, por la ejecución de actividades a diferentes ritmos de trabajo, causando que, entre las distintas fases de la producción se produzcan esperas. La Figura 31, muestra al operario generando tiempos de espera en el proceso de rebobinado. Por otra parte, al existir una organización y orden ineficiente los operarios mezclan las herramientas con las resistencias, causando que el operario invierta un tiempo innecesario, en buscar herramientas.



Figura 31. Desperdicio tiempo de espera o esperas

Movimientos innecesarios

Este tipo de desperdicios del proceso productivo se encuentran de forma natural en las áreas de trabajo, debido a la falta de limpieza y organización, pues en la situación actual existen muchos elementos y/o objetos ajenos a la producción sobre el piso causando que se generen obstáculos para el libre tránsito de los materiales y de los

operarios; la Figura 32, muestra los dos casos de elementos que generan obstrucciones en la libre movilidad de los operarios entre las máquinas o etapas de producción.



Figura 32. Desperdicio movimientos innecesarios

Sobreprocesamiento

Este tipo de muda se ve reflejado debido a la ejecución de operaciones que en su mayor parte son innecesarias. En el proceso de fabricación de resistencias eléctricas industriales, los sobreprocesamientos se ven ligados con las operaciones como: el cálculo de la potencia requerida, la colocación del cemento de circonio, el recorte y preparación de las tapas plásticas, remachado de terminales y entre otras operaciones que requieren un mayor grado de concentración.

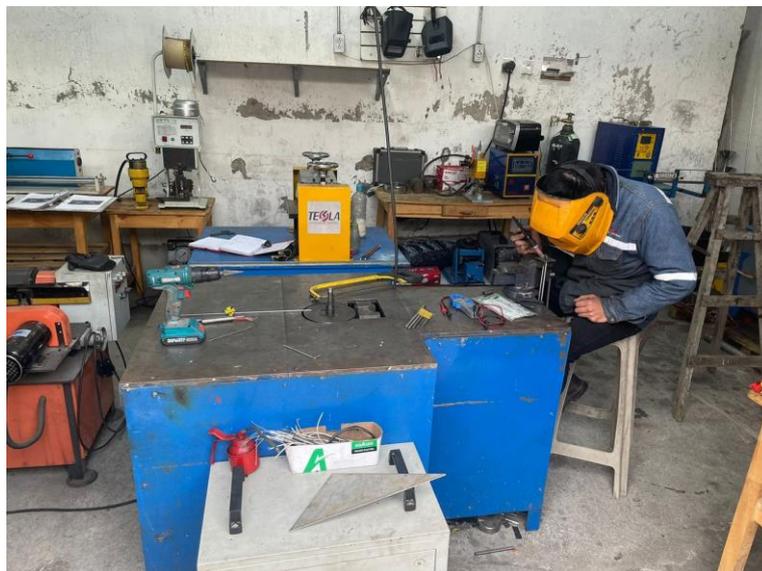


Figura 33. Desperdicio por sobreprocesamiento

Talento no utilizado

El operario que se encuentra en el área de bodega, tiene cursos de electrónica y manejo de placas industriales, por lo cual, se le contrato para recibir y comprobar que todos los componentes que llegan de los proveedores, por lo tanto, conoce sobre el manejo electrónico de la materia prima, debido a que impide el ingreso de componentes que tienen averías o fallos. El operario, cuando no es requerido en el área de bodega, puede ayudar con el control de calidad, sobre varios procesos que requieren de manejo de umbral de datos. La Figura 34, muestra al operario, realizando el control de calidad sobre un componente.



Figura 34. Desperdicio por talento no utilizado

3.1.5 Selección de herramientas de mejoramiento para el proceso productivo

Para la selección de las herramientas de mejora, se toma en consideración la Tabla 35, muestra la relación entre los 7 tipos de desperdicios y las herramientas de mejora que se pueden aplicar [15]. El color *celest*, representa una relación alta existente entre las herramientas de mejora y los desperdicios, mientras que el color *verde*, representa una

relación media entre las herramientas de mejora y los desperdicios y, el color *rojo*, indica una relación baja entre los desperdicios y las herramientas de mejora.

Tabla 35. Desperdicios y adaptabilidad de herramientas de mejora

| Herramientas \ Desperdicios | 5S | SMED | Diseño de planta | Fabrica Visual | Estandarización | Jidoka | Kanban | Kaizen |
|-----------------------------|-------------|------------|------------------|----------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| Tiempos de espera o esperas | Light Blue | Light Blue | Light Green | Light Green | Light Blue | Red | Light Green | Light Green |
| Movimientos innecesarios | Light Blue | Red | Light Green | Light Blue | Red | Red | Light Green | Light Green |
| Sobre procesamiento | Light Green | Red | Light Green | Light Green | Light Blue | Red | Light Blue | Light Blue |
| Talento no utilizado | Light Green | Light Blue | Red | Light Blue | Red | Light Green | Light Green | Light Blue |
| Uso de información | Red | Light Blue | Red | Light Green | Light Green | Light Blue | Red | Light Green |
| Transportes innecesarios | Red | Light Blue | Light Blue | Light Green | Light Blue | Red | Red | Red |
| Sobre producción | Red | Red | Light Green | Light Green | Light Blue | Red | Light Blue | Light Green |
| Reprocesos | Light Green | Red | Light Green | Light Green | Red | Light Blue | Red | Light Blue |
| Inventarios | Light Blue | Red | Light Green | Light Green | Light Blue | Red | Light Blue | Light Green |

A través de la Tabla 35, se evidencia las herramientas que mejor se adaptan para la eliminación de los desperdicios de mayor impacto o influencia negativa para el proceso productivo para la fabricación de resistencias eléctricas industriales. Para seleccionar las herramientas de mejora, es necesario seleccionar aquellas que mejor se adapten a los desperdicios encontrados, de este modo; a continuación, se realiza un análisis mediante el *método de factores ponderados*, para establecer las herramientas de que se deben aplicar para el mejoramiento de la línea de producción, con la finalidad de identificar las causas que llevan al problema y delimitar ciertas observaciones que se pueden adicional, para reducir, mitigar o modificar, las mudas presentes en la producción.

Herramienta de mejora para el desperdicio causado por esperas

La Tabla 36, muestra el análisis realizado con respecto al desperdicio de esperas.

Tabla 36. Método de factores ponderados para el desperdicio tiempo de esperas

| Método de factores ponderados | | | | | |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------|------------------|--------|
| Desperdicio: | Tipos de esperas o Esperas | | Realizado por: | Bryan Chimborazo | |
| Revisado por: | Ing. Víctor Guachimbosa | | Observación: | | |
| Factores | Ponderación [%] | Alternativas de mejora [%] | | | |
| | | SMED | 5S | Estandarización | Jidoka |
| Facilidad de implementación. | 15 | 9 | 9 | 9 | 8 |
| Relación existente entre las procedencias. | 30 | 8 | 8 | 7 | 7 |
| Beneficios de las herramientas. | 25 | 8 | 8 | 8 | 7 |
| Requerimiento de capacitación de los operarios. | 15 | 7 | 7 | 6 | 6 |
| Costos de implementar. | 15 | 6 | 6 | 5 | 5 |
| Total | 100 | 7.70 | 7.70 | 7.10 | 6.70 |

Análisis e interpretación

De acuerdo con los resultados de la Tabla 43, para eliminar los desperdicios relacionados con las esperas o tiempos de esperas se debe aplicar las herramientas de SMED y 5S, debido a que estas herramientas, presentan la calificación de 7.70, siendo la más alta.

Herramienta de mejora para el desperdicio de movimientos innecesarios

En la Tabla 37, muestra el análisis realizado con respecto al desperdicio de movimientos innecesarios.

Tabla 37. Método de factores ponderados para el desperdicio movimientos innecesarios

| Método de factores ponderados | | | | | |
|---|--------------------------|----------------------------|------------------|-----------------|--------|
| Desperdicio: | Movimientos innecesarios | Realizado por: | Bryan Chimborazo | | |
| Revisado por: | Ing. Víctor Guachimbosa | Observación: | | | |
| Factores | Ponderación [%] | Alternativas de mejora [%] | | | |
| | | SMED | 5S | Estandarización | Jidoka |
| Facilidad de implementación. | 15 | 8 | 9 | 9 | 8 |
| Relación existente entre las procedencias. | 30 | 7 | 8 | 8 | 8 |
| Beneficios de las herramientas. | 25 | 7 | 9 | 8 | 8 |
| Requerimiento de capacitación de los operarios. | 15 | 7 | 7 | 6 | 5 |
| Costos de implementar. | 15 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Total | 100 | 6.85 | 7.80 | 7.40 | 7.10 |

Análisis e interpretación

Cómo se puede apreciar en la Tabla 37, la mejor herramienta de mejora para eliminar los movimientos innecesarios del proceso productivo es la técnica de las 5S, debido a que tiene un valor ponderado de 7.80 que es el mayor puntaje dentro de esta valoración.

Herramienta de mejora para el desperdicio de sobreprocesamientos

La Tabla 38, muestra el análisis realizado con respecto al desperdicio de sobreprocesamientos.

Tabla 38. Método de factores ponderados para el desperdicio sobreprocesamientos

| Método de factores ponderados | | | | | |
|---|-------------------------|----------------------------|------------------|-----------------|--------|
| Desperdicio: | Sobreprocesamiento | Realizado por: | Bryan Chimborazo | | |
| Revisado por: | Ing. Víctor Guachimbosa | Observación: | | | |
| Factores | Ponderación [%] | Alternativas de mejora [%] | | | |
| | | SMED | 5S | Estandarización | Jidoka |
| Facilidad de implementación. | 15 | 8 | 8 | 9 | 8 |
| Relación existente entre las procedencias. | 30 | 7 | 9 | 9 | 7 |
| Beneficios de las herramientas. | 25 | 7 | 7 | 8 | 8 |
| Requerimiento de capacitación de los operarios. | 15 | 8 | 7 | 8 | 7 |
| Costos de implementar. | 15 | 6 | 5 | 6 | 6 |
| Total | 100 | 7.15 | 7.45 | 8.15 | 7.25 |

Análisis e interpretación

De acuerdo con el análisis de la Tabla 38, para eliminar los sobreprocesamiento des proceso productivo es necesario aplicar la herramienta de estandarización debido a que tiene una calificación ponderada de 8.15 que es el valor más alto de esta ponderación.

Herramienta de mejora para el desperdicio de talento no utilizado

La Tabla 39, muestra el análisis realizado con respecto al desperdicio de talento no utilizado.

Tabla 39. Método de factores ponderados para el desperdicio talento no utilizado

| Método de factores ponderados | | | | | |
|---|-------------------------|----------------------------|------------------|-----------------|--------|
| Desperdicio: | Talento no utilizado | Realizado por: | Bryan Chimborazo | | |
| Revisado por: | Ing. Víctor Guachimbosa | Observación: | | | |
| Factores | Ponderación [%] | Alternativas de mejora [%] | | | |
| | | SMED | 5S | Estandarización | Jidoka |
| Facilidad de implementación. | 15 | 9 | 6 | 6 | 7 |
| Relación existente entre las procedencias. | 30 | 8 | 7 | 8 | 6 |
| Beneficios de las herramientas. | 25 | 9 | 7 | 8 | 8 |
| Requerimiento de capacitación de los operarios. | 15 | 9 | 8 | 8 | 7 |
| Costos de implementar. | 15 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Total | 100 | 8 | 6.6 | 7 | 6.6 |

Análisis e interpretación

De acuerdo con el análisis de la Tabla 39, para mejorar los procesos, mediante las sugerencias de cambio sobre el operario, se requiere observar el comportamiento de las actividades en las que se requiere del operario, obteniendo un 8 de ponderación sobre la metodología SMED.

3.1.6 Aplicación de las herramientas para el mejoramiento del proceso productivo

Para aplicar los criterios detallados en la Figura 34, es necesario la aplicación de tarjetas rojas, colocadas en los elementos innecesarios o ajenos a la producción. A

continuación, la Figura 35, muestra el modelo de tarjeta roja propuesto para la empresa Tesla Electricidad y Electrónica.

|  TARJETA ROJA | |
|---|---------------------------------------|
| Fecha | Codigo de la tarjeta roja artículo |
| Area | |
| Clasificación de objeto | |
| Cantidad | |
| ACCION DE SUGERENCIA | |
| <input type="checkbox"/> | Agrupar en espacio separado |
| <input type="checkbox"/> | Eliminar |
| <input type="checkbox"/> | Reubicar |
| <input type="checkbox"/> | Reparar |
| <input type="checkbox"/> | Reciclar |
| Comentario | |

Figura 35. Modelo de tarjeta roja propuesto

En la Figura 36 y 37, se presenta un ejemplo aplicativo de la colocación y asignación de las tarjetas rojas sobre los elementos innecesarios que existen en el área de producción.



Figura 36. Asignación de tarjetas rojas



Figura 37. Asignación de tarjetas rojas

Como se puede apreciar en las Figuras 35 y 36, las tarjetas rojas son aplicables a todos los puestos de trabajo y para todos los elementos que se consideren innecesarios para la producción, una vez asignada las tarjetas rojas es necesario llevar un control adecuado de las mismas, por tal motivo en la Tabla 40, se propone el uso de un inventario para el control de tarjetas tojas.

Tabla 40. Inventario para el control de tarjetas rojas

| Inventario de Tarjetas rojas | | | | | | |
|------------------------------|----------|--------|--------|---------------|----------------------|--------------------|
| Realizado por: | | | | | | |
| Revisado por: | | | | | | |
| Aprobado por: | | | | | | |
| N° | Elemento | Estado | Acción | Observaciones | Fechas de asignación | Fecha de ejecución |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Seiton – Ordenar

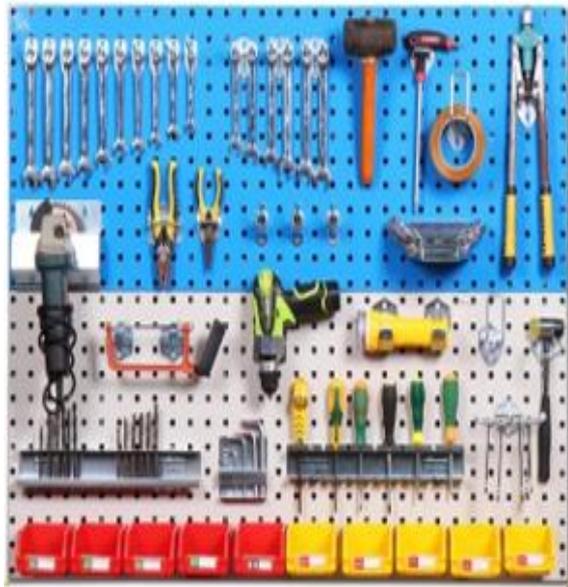
Una vez realizada la clasificación y selección de todos los elementos es necesario ordenar todos los puestos de trabajo para cumplir con el principio fundamental de seiton “cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa”. Esta etapa de la metodología se lleva a cabo con el propósito de reducir el tiempo empleado en la búsqueda de los elementos necesarios; igualmente es aplicable para la supresión de transportes y movimientos innecesarios, con el objetivo de que sea más propicio el encontrar y localizar insumos, herramientas y/o materiales.

En primera instancia, se establece un orden adecuado para las herramientas que se usan normal y diariamente en la producción. La Figura 38, muestra la situación actual, en la que se puede observar la carencia de orden con respecto a las herramientas empleadas en el proceso productivo, pues las mismas no tienen un lugar definido y son colocadas en lugares inadecuados, causando que los operarios inviertan tiempo innecesario para la búsqueda de las herramientas.



Figura 38. Falta de orden y organización en las herramientas de uso cotidiano

Por otra parte, para el mejoramiento del proceso productivo, a través de la organización y correcto orden de las herramientas se propone el uso adecuado del estante de herramientas y/o a la vez adquirir un carrito porta herramientas, obsérvese la Figura 38.



a) Adecuación del estante de herramientas



b) Carrito portaherramientas

Figura 39. Propuesta para el orden y organización en las herramientas de uso cotidiano

En cualquiera de los dos casos expuestos en la Figura 39, los operarios deben comprometerse a colocar las herramientas siempre en su lugar correspondiente. Por otro lado; en la Figura 39, se puede observar que en gran porcentaje de área de producción existen cables eléctricos y/o tuberías hidráulicas y neumáticas que se encuentran visibles, pudiendo transformar en obstáculos en el piso para los operadores y por ende causar cierto grado de daños como caídas o tropiezos de los trabajadores.



Figura 40. Falta de orden en las instalaciones eléctricas, hidráulicas y neumáticas

Para el mejoramiento del proceso productivo bajo este enfoque se propone la readecuación de las instalaciones eléctricas, hidráulicas y neumáticas de modo que no generen obstáculos en el piso, como se presenta en la Figura 41.

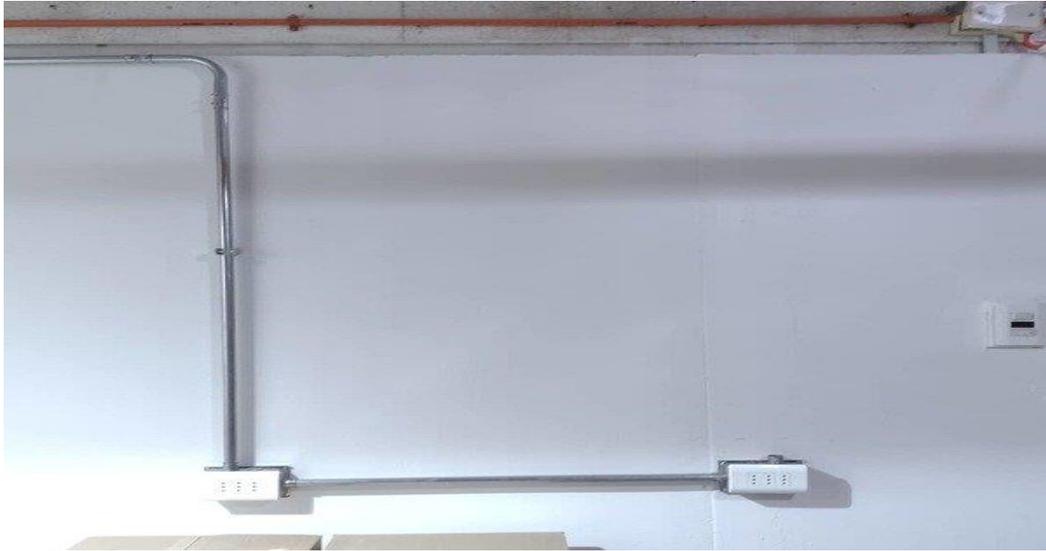


Figura 41. Ejemplo propuesto para la adecuación de las instalaciones

Dentro de seiton, también se debe considerar al control visual, con la finalidad de que los operarios tengan presente la forma en la que deben permanecer los elementos ordenados dentro del área de producción. La Figura 42, muestra la situación actual del estante de insumos el cual se muestra desordenado y sin algún tipo de identificativos.



Figura 42. Falta de señalética y control visual

Para dar una solución de control visual para el ordenamiento del estante de materiales se propone la colocación de letreros como se muestra en la Figura 43, donde, se evidencia el orden adecuado de los insumos y materiales, así como la colocación de identificativos.

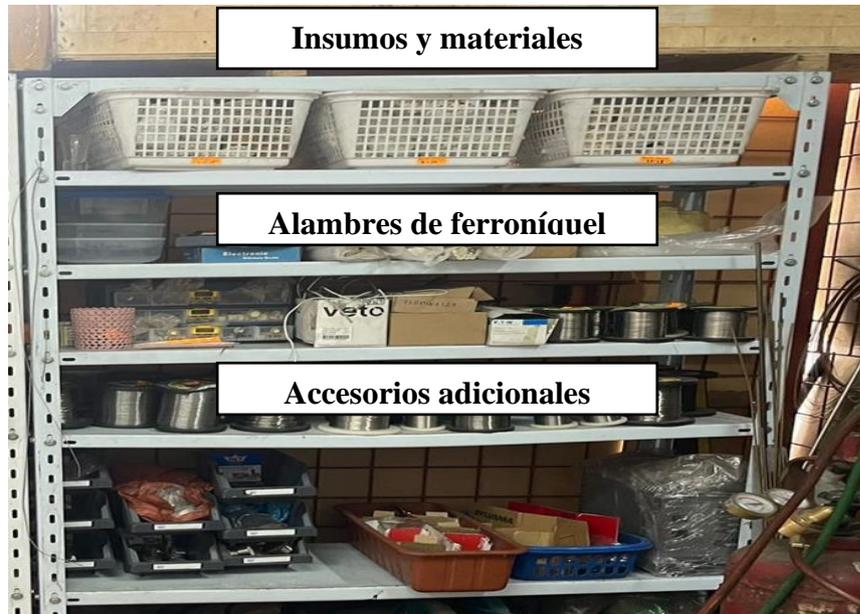


Figura 43. Orden y control visual, para el estante de insumos y materiales

Al igual que en el caso de la Figura 44, se propone la colocación de señalización para la identificación de los puestos de trabajo y/o máquinas, así como la delimitación de las áreas de trabajo en conjunto con las señalizaciones para el control visual que la empresa considere de importancia.

Seiso - Limpiar

Dentro de esta tercera S, se debe de tener en cuenta que la mejor forma de mantener en condiciones de limpieza los puestos de trabajo es no ensuciar. De este modo, seiso se basa en identificar y eliminar la causa generadora de la suciedad dentro de las áreas de producción.

A manera de propuesta en la Tabla 41, se muestra un formato para la identificación de la causa generadora de la suciedad, a manera de ejemplo en la Figura 44., se puede observar la presencia de cartones vacíos y de fundas plásticas que nada tiene que ver con el proceso productivo.

Tabla 41. Ficha para la identificación de causas raíz de factores que afectan a la limpieza

| Identificación de causas raíz de suciedad | | |
|---|--|--|
| Realizado por: | | |
| Revisado por: | | |
| Aprobado por: | | |
| Nº | Imagen | Descripción |
| 1 |  <p>Figura 44. Fundas y cartones en el área de producción</p> | Debido a la producción propia de las resistencias existen fundas o cartones en los que se reciben ciertos insumos para la producción; sin embargo, los mismo no son tratados de una manera correcta y dan un mal aspecto a los puestos de trabajo. |
| | | |

Del mismo modo que en el caso de la Tabla 41, se debe proceder a la identificación de las causas generadoras de suciedad y/o desechos. A continuación, en la Tabla 42, se presenta el procedimiento propuesto para la limpieza de superficies y/o pisos.

Tabla 42. Procedimiento propuesto para la limpieza de superficies y/o pisos

| Procedimiento para la limpieza de superficies y/o pisos | | | |
|---|---|--|--|
| Responsable: | | | |
| Aprobado por: | | | |
| Desde: Hasta: | | | |
| Elemento por limpiar | Materiales | | Procedimiento |
| | Para el responsable | Para la limpieza | |
| Pisos o superficies | 1. Botas plásticas 2. Guates 3. Mascarilla 4. Delantales | 1. Escobar 2. Recolectores 3. Trapeador 4. Fundas plásticas para los residuos 5. Desinfectantes 6. Detergentes 7. Baldes | 1. El responsable antes de empezar con la limpieza deberá colocarse correctamente los Equipos de protección personal (EPP's). 2. Barrer y recoger los residuos con la ayuda de la escoba y recolector. 3. Con la ayuda de un balde con agua y un trapeador, trapear las superficies o pisos 4. Con la ayuda de un balde con agua y desinfectante, desinfectar los pisos. 5. Secar los pisos con un trapeador seco. |

Para elaborar el siguiente procesamiento, es necesario dividir las áreas, según cada una de las correspondencias del sistema, la planta requiere analizar las situaciones de la limpieza en otras áreas. La Tabla 43, muestra el procedimiento propuesto para la limpieza de materiales y herramientas.

Tabla 43. Procedimiento propuesto para la limpieza de herramientas

| Procedimiento para la limpieza de herramientas y materiales | | | |
|---|---|--|---|
| Responsable: | | | |
| Aprobado por: | | | |
| Desde: Hasta: | | | |
| Elemento por limpiar | Materiales | | Procedimiento |
| | Para el responsable | Para la limpieza | |
| Herramientas y materiales | 1. Botas plásticas 2. Guates 3. Mascarilla 4. Delantales | 1. Guaípe 2. Franelas 3. Desinfectantes 4. Desengrasantes | 1. El responsable antes de empezar con la limpieza deberá colocarse correctamente los Equipos de protección personal (EPP's). 2. Según lo amerite el caso preparar el desengrasante o desinfectante. 3. Humedecer la franela o el waípe en la solución antes seleccionada. 4. Limpiar las herramientas o materiales. 5. Ubicar las herramientas en su respectivo lugar (estante). |

Para elaborar el siguiente procesamiento, es necesario dividir las áreas, según cada una de las correspondencias del sistema, la planta requiere analizar las situaciones de la limpieza en otras áreas. La Tabla 44, muestra el procedimiento propuesto para la limpieza de máquinas y equipos.

Tabla 44. Procedimiento propuesto para la limpieza de máquinas y equipos

| Procedimiento para la limpieza de máquinas y equipos | | | |
|--|--|--|--|
| Responsable: | | | |
| Aprobado por: | | | |
| Desde: Hasta: | | | |
| Elemento por limpiar | Materiales | | Procedimiento |
| | Para el responsable | Para la limpieza | |
| Máquinas y equipos | <ol style="list-style-type: none"> 1. Botas plásticas 2. Guates 3. Mascarilla 4. Delantales Brochas | <ol style="list-style-type: none"> 1. Cepillos de cerdas plásticas 2. Desinfectantes 3. Detergentes 4. Guaípe Franela | <ol style="list-style-type: none"> 1. El responsable antes de empezar con la limpieza, requiere colocarse correctamente Equipos de protección personal (EPP's). 2. Con la ayuda de la franela o guaípe colocar pequeñas cantidades de desengrasante o desinfectante según sea el caso. 3. Limpiar las máquinas o equipos. Secar las máquinas o equipos con una franela o guaípe seco. |

Seiketsu – Estandarizar

Esta fase de la metodología de las 5S's, se basa en mantener las condiciones antes mencionadas (3 primeras S) a largo plazo, de modo que se conviertan en algo normal y esencial para la organización para todo el personal. Para que se puedan estandarizar las condiciones de las 3 primeras S, debe existir un alto compromiso de la alta directiva y de todo el personal, debido a que si estas condiciones propuestas no son tomadas en serio u olvidadas con el pasar del tiempo la empresa y su área de producción no presentará ninguna mejora y seguirá existiendo niveles altos de desorganización. Para garantizar el cumplimiento de esta fase se debe:

1. Contar con el compromiso de la alta directiva y de todo el personal para el correcto funcionamiento de la metodología de las 5S's.

2. Designar responsables y responsabilidades.
3. Realizar controles periódicos para evaluar el comportamiento de la implementación de la metodología de las 5S.

Shitsuke – Disciplina

A pesar de que esta S, se ubica al final de la metodología, no significa necesariamente que es la menos importante, debido a que la disciplina se mantiene aplicada intrínsecamente en cada una de las S de esta metodología, puesto que a través de la disciplina se podrán alcanzar los resultados esperados. Sin disciplina, la implementación y/o aplicación de las 5S's fácilmente se deteriora; por lo cual es esencial una adecuada capacitación de los operarios. Para medir el cumplimiento de la metodología de las 5S's se propone el formato para auditorías internas en el Anexo 8.

Metodología SMED

Esta metodología se emplea con la finalidad de reducir y/o eliminar las mudas relacionadas a las esperas, tiempo de esperas o tiempo innecesarios. A continuación, desde la Tabla 45 hasta la Tabla 48, muestra la identificación de las operaciones internas y de las operaciones externas del proceso productivo de resistencias eléctricas industriales de la empresa Tesla Electricidad y Electrónica.

Tabla 45. Identificación de operaciones internas y externas del proceso corte

| N° | Actividades | Tipo de operación | |
|--------------|--|-------------------|-------------------|
| | | Operación interna | Operación externa |
| Corte | | | |
| 1 | Preparación de tubo de acero inoxidable | | √ |
| 2 | Corte de la varilla de cerámica | | √ |
| 3 | Trasladar a la mesa de trabajo los materiales cortados | √ | |
| 4 | Calcular la potencia requerida | √ | |
| 5 | Comparación de la potencia requerida con la potencia del cable | √ | |
| 6 | Trasladar a la mesa de trabajo | √ | |
| 7 | Colocar la tapa inferior en el tubo | √ | |

Tabla 46. Identificación de operaciones internas y externas del proceso rebobinado

| N° | Actividades | Tipo de operación | |
|------------|--|-------------------|-------------------|
| | | Operación interna | Operación externa |
| Rebobinado | | | |
| 8 | Trasladar al área de rebobinado | √ | |
| 9 | Colocar el carrete de alambre ferroníquel en la rebobinadora | √ | |
| 10 | Programar bobinado | | √ |
| 11 | Colocar la varilla de cerámica | √ | |
| 12 | Realizar el rebobinado | | √ |
| 13 | Cortar la varilla para los terminales | √ | |
| 14 | Conectar terminales | √ | |

Tabla 47. Identificación de las operaciones internas y externas del proceso compactado

| N° | Actividades | Tipo de operación | |
|------------|--|-------------------|-------------------|
| | | Operación interna | Operación externa |
| Compactado | | | |
| 15 | Introducir la varilla bobinada dentro del tubo de acero inoxidable | √ | |
| 16 | Rellenar el tubo con oxido de magnesio | √ | |
| 17 | Colocar la tapa superior | √ | |
| 18 | Comprobar la potencia de la resistencia | √ | |
| 19 | Trasladar la resistencia a la compactadora | √ | |
| 20 | Comprimir la resistencia (compactar) | | √ |
| 21 | Limpiar resistencia | √ | |

Tabla 48. Identificación de las operaciones internas y externas del proceso medición

| N° | Actividades | Tipo de operación | |
|----------|---|-------------------|-------------------|
| | | Operación interna | Operación externa |
| Medición | | | |
| 22 | Trasladar la resistencia al área de medición | √ | |
| 23 | Conectar la resistencia a su voltaje de funcionamiento | | √ |
| 24 | Dejar en funcionamiento | | √ |
| 25 | Esperar que se enfríe la resistencia | √ | |
| 26 | Transportar la resistencia al área de terminado | √ | |
| 27 | Colocar tapa metálica en el extremo inferior | √ | |
| 28 | Trasladarse al estante para tomar el zirconio | √ | |
| 29 | Preparar el cemento de circonio | √ | |
| 30 | Colocar el cemento en el extremo superior de la resistencia | √ | |
| 31 | Dejar reposar hasta que se seque el cemento | √ | |
| 32 | Trasladar a la máquina remachadora | √ | |
| 33 | Remachar cables de alta temperatura para los terminales | | √ |

Conversión de las actividades/operaciones internas en externas

Dentro de este segundo paso de la metodología SMED, no es posible convertir las operaciones internas en externas, son actividades como transportes o movimientos, entre otros que, no se pueden realizar en paralelo con la máquina encendida. Como se evidencio, en el paso anterior, de esta metodología, no fue posible transformar las operaciones internas en externas. Sin embargo, en esta fase, se puede reducir el tiempo de todas las operaciones con acciones de mejora, véase desde la Tabla 49 hasta la Tabla 52.

Tabla 49. Reducción de tiempo de las actividades internas y externas, proceso, corte

| N° | Actividades del proceso | Tiempo [min] | Tipo de operación | | Tiempos mejorados [min] | Mejora |
|-------|--|--------------|-------------------|---------|-------------------------|---|
| | | | Interna | Externa | | |
| Corte | | | | | | |
| 1 | Preparación de tubo de acero inoxidable | 13.49 | | √ | 2.59 | Ya no se realiza estas actividades, debido a que las dimensiones del tubo y de la varilla de cerámica son las mismas, por lo que, se propone tener los materiales listos en stock de acuerdo con una demanda semanal. |
| 2 | Corte de la varilla de cerámica | 3.77 | | √ | | |
| 3 | Trasladar a la mesa de trabajo los materiales cortados | 4.15 | √ | | | |
| 4 | Calcular la potencia requerida | 5.38 | √ | | 6.19 | Combinar estas operaciones y disponer de una Tabla de valores de potencia en cada mesa de trabajo. |
| 5 | Comparación de la potencia requerida con la potencia del cable | 2.90 | √ | | | |
| 6 | Trasladar a la mesa de trabajo | 1.98 | √ | | | |
| 7 | Colocar la tapa inferior en el tubo | 8.80 | √ | | 3.12 | Reducir el tiempo de ejecución, actualmente, al llegar a esta fase se elaboran las tapas, por lo que se propone, disponerlas en stock de acuerdo con la demanda semanal. |

Tabla 50. Reducción de tiempo de las actividades internas y externas, proceso, rebobinado

| N° | Actividades del proceso | Tiempo [min] | Tipo de operación | | Tiempos mejorados [min] | Mejora |
|------------|--|--------------|-------------------|---------|-------------------------|--|
| | | | Interna | Externa | | |
| Rebobinado | | | | | | |
| 8 | Trasladar al área de rebobinado | 1.17 | √ | | | |
| 9 | Colocar el carrete de alambre ferroníquel en la rebobinadora | 5.50 | √ | | | |
| 10 | Programar bobinado | 2.57 | | √ | | |
| 11 | Colocar la varilla de cerámica | 1.01 | √ | | | |
| 12 | Realizar el rebobinado | 1.35 | | √ | | |
| 13 | Cortar la varilla para los terminales | 0.48 | √ | | 00.00 | Eliminar esta actividad, actualmente, al llegar a esta fase se cortan la varilla para los terminales, por lo que se propone, disponerlas en stock de acuerdo con la demanda semanal. |
| 14 | Conectar terminales | 2.54 | √ | | | |

Tabla 51. Reducción de tiempo de las actividades internas y externas, proceso, compactado

| N° | Actividades del proceso | Tiempo [min] | Tipo de operación | | Tiempos mejorados [min] | Mejora |
|------------|--|--------------|-------------------|---------|-------------------------|--|
| | | | Interna | Externa | | |
| Compactado | | | | | | |
| 15 | Introducir la varilla bobinada dentro del tubo de acero inoxidable | 0.46 | √ | | | |
| 16 | Rellenar el tubo con oxido de magnesio | 4.92 | √ | | | |
| 17 | Colocar la tapa superior | 3.02 | √ | | 1.51 | Reducir el tiempo de ejecución, actualmente, al llegar a esta fase se elaboran las tapas, por lo que se propone, disponerlas en stock de acuerdo con la demanda semanal. |
| 18 | Comprobar la potencia de la resistencia | 1.17 | √ | | | |
| 19 | Trasladar la resistencia a la compactadora | 0.57 | √ | | | |
| 20 | Comprimir la resistencia (compactar) | 2.69 | | √ | | |
| 21 | Limpiar resistencia | 1.36 | √ | | | |

Tabla 52. Reducción de tiempo de las actividades internas y externas, procesos, medición y terminado

| N° | Actividades del proceso | Tiempo [min] | Tipo de operación | | Tiempos mejorados [min] | Mejora |
|-----------|---|--------------|-------------------|---------|-------------------------|--|
| | | | Interna | Externa | | |
| Medición | | | | | | |
| 22 | Trasladar la resistencia al área de medición | 0.58 | √ | | | |
| 23 | Conectar la resistencia a su voltaje de funcionamiento | 3.30 | | √ | | |
| 24 | Dejar en funcionamiento | 10.00 | | √ | | |
| 25 | Esperar que se enfríe la resistencia | 6.42 | √ | | | |
| 26 | Transportar la resistencia al área de terminado | 0.90 | √ | | | |
| Terminado | | | | | | |
| 27 | Colocar tapa metálica en el extremo inferior | 8.61 | √ | | 4.30 | Reducir el tiempo de ejecución, actualmente, al llegar a esta fase se elaboran las tapas, por lo que se propone, disponerlas en stock de acuerdo con la demanda semanal. |
| 28 | Trasladarse al estante para tomar el zirconio | 0.44 | √ | | | |
| 29 | Preparar el cemento de circonio | 4.93 | √ | | | |
| 30 | Colocar el cemento en el extremo superior de la resistencia | 1.43 | √ | | | |
| 31 | Dejar reposar hasta que se seque el cemento | 18.00 | √ | | | |
| 32 | Trasladar a la máquina remachadora | 0.65 | √ | | | |
| 33 | Remachar cables de alta temperatura para los terminales | 2.47 | | √ | | |
| 35 | Prueba de funcionamiento | 1.39 | | √ | | |
| 35 | Conexión con el megger | 4.60 | | √ | | |
| 36 | Almacenamiento | 1.90 | √ | | | |

3.1.7 Nuevo método propuesto de trabajo

En esta sección, se presenta los nuevos métodos de trabajo para la fabricación de resistencias eléctricas industriales tipo cartucho de la empresa Tesla Electricidad y Electrónica.

Proceso de corte

La Tabla 53, muestra el nuevo método de trabajo propuesto para el proceso de corte resumen del Anexo 9; en el que, se elimina o combina actividades, de acuerdo al estudio de la metodología SMED.

Tabla 53. Método de trabajo mejorado para el proceso de corte

|  | | Nuevo método de Trabajo |
|--|--|-------------------------|
| Nº | Actividades | Tiempo [min] |
| Corte | | |
| 1 | Selección de tubo de acero inoxidable y de varilla de cerámica | 2.59 |
| 2 | Trasladar a la mesa de trabajo los materiales (varilla y tubo) | 4.15 |
| 3 | Calculo y comparación de la potencia requerida | 6.19 |
| 4 | Trasladar a la mesa de trabajo | 1.98 |
| 5 | Colocar la tapa inferior en el tubo | 3.12 |
| Tiempo Total | | 18.03 |

Proceso de rebobinado

En la Tabla 54, se muestra el nuevo método de trabajo propuesto para el proceso de rebobinado, resumen del Anexo 10; en el que, se elimina o combina actividades, de acuerdo con la metodología SMED.

Tabla 54. Método de trabajo mejorado para el proceso de rebobinado

|  | | Nuevo método de Trabajo |
|---|--|-------------------------|
| Nº | Actividades | Tiempo [min] |
| Rebobinado | | |
| 1 | Trasladar al área de rebobinado | 1.17 |
| 2 | Colocar el carrete de alambre ferroníquel en la rebobinadora | 5.50 |
| 3 | Programar bobinado | 2.57 |
| 4 | Colocar la varilla de cerámica | 1.01 |
| 5 | Realizar el rebobinado | 1.35 |
| 6 | Conectar terminales | 2.54 |
| Tiempo Total | | 14.14 |

Proceso de compactado

La Tabla 55, muestra el nuevo método de trabajo propuesto para el proceso de compactado, resumen del Anexo 11; en el que, se elimina o combina actividades, de acuerdo con la metodología SMED.

Tabla 55. Método de trabajo mejorado para el proceso de compactado

|  | | Nuevo método de Trabajo |
|---|--|-------------------------|
| Nº | Actividades | Tiempo [min] |
| Compactado | | |
| 1 | Introducir la varilla bobinada dentro del tubo de acero inoxidable | 0.46 |
| 2 | Rellenar el tubo con oxido de magnesio | 4.92 |
| 3 | Colocar la tapa superior | 1.51 |
| 4 | Comprobar la potencia de la resistencia | 1.17 |
| 5 | Trasladar la resistencia a la compactadora | 0.57 |
| 6 | Comprimir la resistencia (compactar) | 2.69 |
| 7 | Limpiar resistencia | 1.36 |
| Tiempo Total | | 12.68 |

Proceso de medición

La Tabla 56, muestra el nuevo método de trabajo propuesto para el proceso de medición.

Tabla 56. Método de trabajo mejorado para el proceso de medición

|  | | Nuevo método de Trabajo |
|---|--|-------------------------|
| N° | Actividades | Tiempo [min] |
| Medición | | |
| 1 | Trasladar la resistencia al área de medición | 0.58 |
| 2 | Conectar la resistencia a su voltaje de funcionamiento | 3.30 |
| 3 | Dejar en funcionamiento | 10.00 |
| 4 | Esperar que se enfrié la resistencia | 6.42 |
| 5 | Transportar la resistencia al área de terminado | 0.90 |
| Tiempo Total | | 11.20 |

En este proceso, no se consideran cambios, el cumplimiento sobre las actividades es del 100% y, no existen desperdicios que se generen por parte de los recursos presentes, por lo tanto, no es necesario un ajuste y el tiempo estándar del proceso, se mantiene de forma gradual. Se considera que el operario, de cualquier forma, debe recibir todas las capacitaciones necesarias, en el caso de requerir cambios sustanciales.

Proceso de terminado

La Tabla 57, muestra el nuevo método de trabajo propuesto para el proceso de terminado, resumen del Anexo 12; en el que, se elimina o combina actividades, de acuerdo con la metodología SMED.

Tabla 57. Método de trabajo mejorado para el proceso de terminado

|  | | Nuevo método de Trabajo |
|---|---|-------------------------|
| N° | Actividades | Tiempo [min] |
| Terminado | | |
| 1 | Colocar tapa metálica en el extremo inferior | 4.30 |
| 2 | Trasladarse al estante para tomar el zirconio | 0.44 |
| 3 | Preparar el cemento de circonio | 4.93 |
| 4 | Colocar el cemento en el extremo superior de la resistencia | 1.43 |
| 5 | Dejar reposar hasta que se seque el cemento | 18.00 |
| 6 | Trasladar a la máquina remachadora | 0.65 |
| 7 | Remachar cables de alta temperatura para los terminales | 2.47 |
| 8 | Prueba de funcionamiento | 1.39 |
| 9 | Conexión con el megger | 4.60 |
| 10 | Almacenamiento | 1.90 |
| Tiempo Total | | 22.11 |

Situación actual vs Método propuesto

Una vez que se plantea los cambios sobre la planta, se denota que, no se cumple con la capacidad de producción, los parámetros de estudio, delimitan un grado limitado sobre las operaciones presentes, los operarios requieren capacitación, sobre las nuevas sugerencias, para mejorar su porcentaje de productividad.

La Tabla 58, muestra el tiempo de ciclo de la situación actual versus la situación mejorada del proceso productivo para la fabricación de resistencias eléctricas industriales tipo cartucho.

Tabla 58. Tiempo de ciclo situación actual vs situación mejorada

|  | | Comparativa situación actual versus situación mejorada | |
|---|------------------------|--|----------------------|
| Proceso | Situación actual [min] | Situación mejorada [min] | Porcentaje de mejora |
| Corte | 40.48 | 18.03 | 55.45% |
| Rebobinado | 14.63 | 14.14 | 3.34% |
| Compactado | 14.18 | 12.68 | 10.57% |
| Medición | 11.20 | 11.20 | 0% |
| Terminado | 26.41 | 22.11 | 16.28% |
| Tiempo de ciclo | 96.90 | 78.16 | |

De lo expuesto en la Tabla 56, la Figura 45, muestra los mismos datos de forma gráfica, mediante el diagrama de barras.

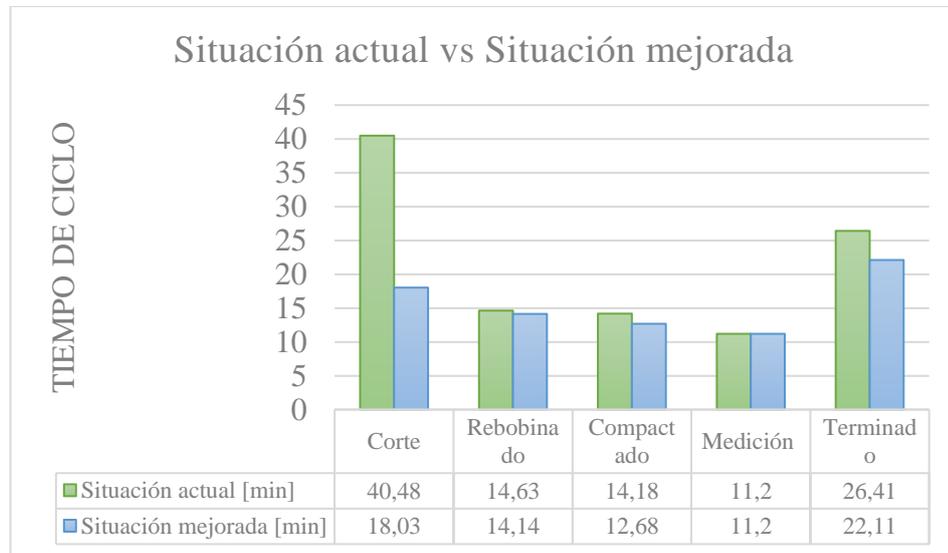


Figura 45. Tiempos de procesamiento situación actual vs situación mejorada

Análisis e interpretación

La Figura 45, muestra las mejoras planteadas, donde, se reduce el tiempo del proceso de corte en 18.03 minutos, equivalente a 55.45%; se reduce el tiempo del proceso de rebobinado en 14.14 minutos, equivalente a 3.34%; se reduce el tiempo del proceso de

compactado en 12.68 minutos, equivalente a 10.57% y; se reduce el tiempo del proceso de terminado en 22.11 minutos, equivalente a 16.28%.

Todas las propuestas mejoras aplicadas, en el proceso productivo para la fabricación de resistencias eléctricas industriales, tipo cartucho, reflejan una reducción del tiempo de ciclo que, paso de 96.90 minutos a 78.16 minutos; es decir, se obtiene una reducción de 18.74 minutos, que representa un 19.33%.

Capacidad de producción, método mejorado

Para calcular la capacidad de producción mejorada, se debe considerar que el tiempo disponible de la jornada laboral es de 8 horas diarias o lo que es lo mismo 480 minutos por día. Por lo tanto, la capacidad de producción mejorada es:

$$\text{Capacidad de producción (Cp)} = \frac{480 \frac{\text{min}}{\text{día}}}{78.16 \frac{\text{min}}{\text{resistencia}}}$$

$$\text{Capacidad de producción (Cp)} = 6 \frac{\text{resistencias}}{\text{día}}$$

Por otra parte, en el proceso de producción intervienen 3 operarios, por lo que, la capacidad de producción resulta en:

$$\text{Capacidad de producción (Cp)} = 6 \frac{\text{resistencias}}{\text{día}} \times 3 \text{ operarios}$$

$$\text{Capacidad de producción (Cp)} = 18 \frac{\text{resistencias}}{\text{día}}$$

La nueva capacidad de producción, una vez, que se elimina el porcentaje de desperdicios encontrados, se cumple con la capacidad diseñada de la planta.

La Tabla 59, muestra la capacidad de producción diaria, semanal y mensual, considerando que se trabajan 5 días a la semana (2400 minutos) y 20 días al mes (9600 minutos).

Tabla 59. Capacidad de producción actual vs mejorada para la fabricación de resistencias eléctricas industriales tipo cartucho

| Capacidad de producción | | | | | |
|-------------------------|--|-----------------------|---------------|----------------|----------------|
| Método | Producto | Tiempo estándar [min] | Cp_{diaria} | $Cp_{semanal}$ | $Cp_{mensual}$ |
| ACTUAL | Resistencia eléctrica industrial tipo cartucho | 96.9 | 15 | 72 | 297 |
| MEJORADO | Resistencia eléctrica industrial tipo cartucho | 78.16 | 18 | 92 | 368 |

Como se puede observar en la Tabla 57, luego de las acciones de mejoramiento llevadas a cabo en el proceso productivo para la fabricación de resistencias eléctricas industriales se logra mejorar la capacidad de producción; de este modo en la capacidad de producción diaria se incrementa de 15 unidades por día a 18 unidades por día. Mientras que una jornada laboral de 5 días la capacidad productiva incrementa en 20 unidades de 72 a 92 unidades por semana y, en un mes de producción la capacidad productiva se incrementa de 297 unidades por mes a 368 unidades por mes, la Figura 46, muestra la gráfica de la mejora planteada.

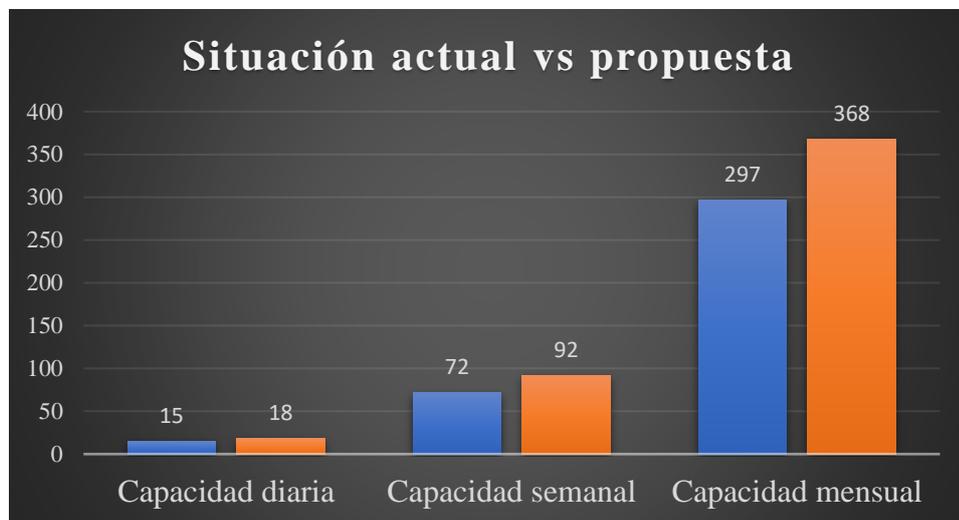


Figura 46. Situación actual vs propuesta

Diagrama de procesos o ensamble mejorados

Desde la Tabla 60, hasta la Tabla 64, se muestra los diagramas de proceso mejorados para la línea de producción de resistencias eléctricas industriales tipo cartucho.

Tabla 60. Diagrama de sinóptico mejorado del proceso de corte

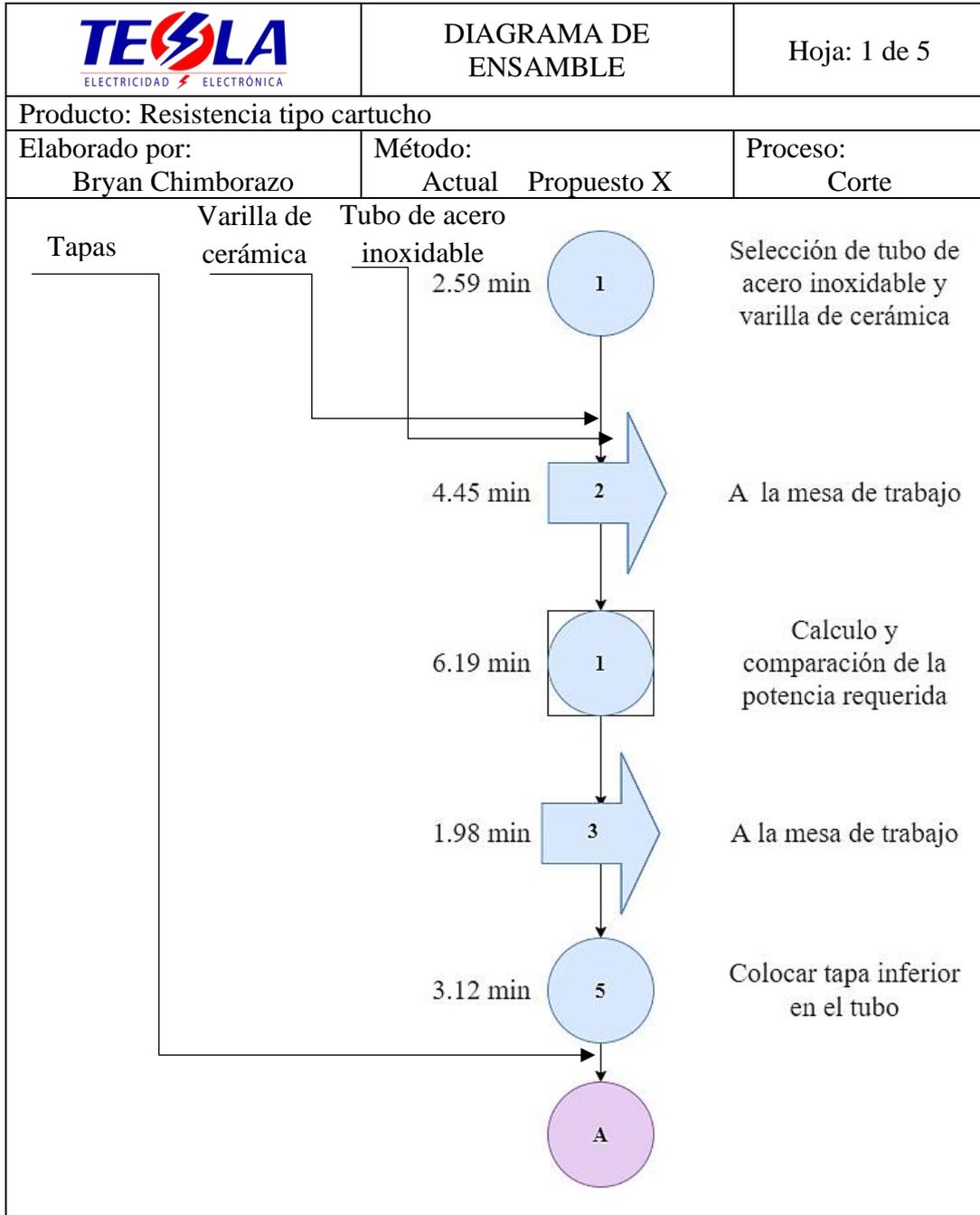


Tabla 62. Diagrama de sinóptico mejorado del proceso de compactado

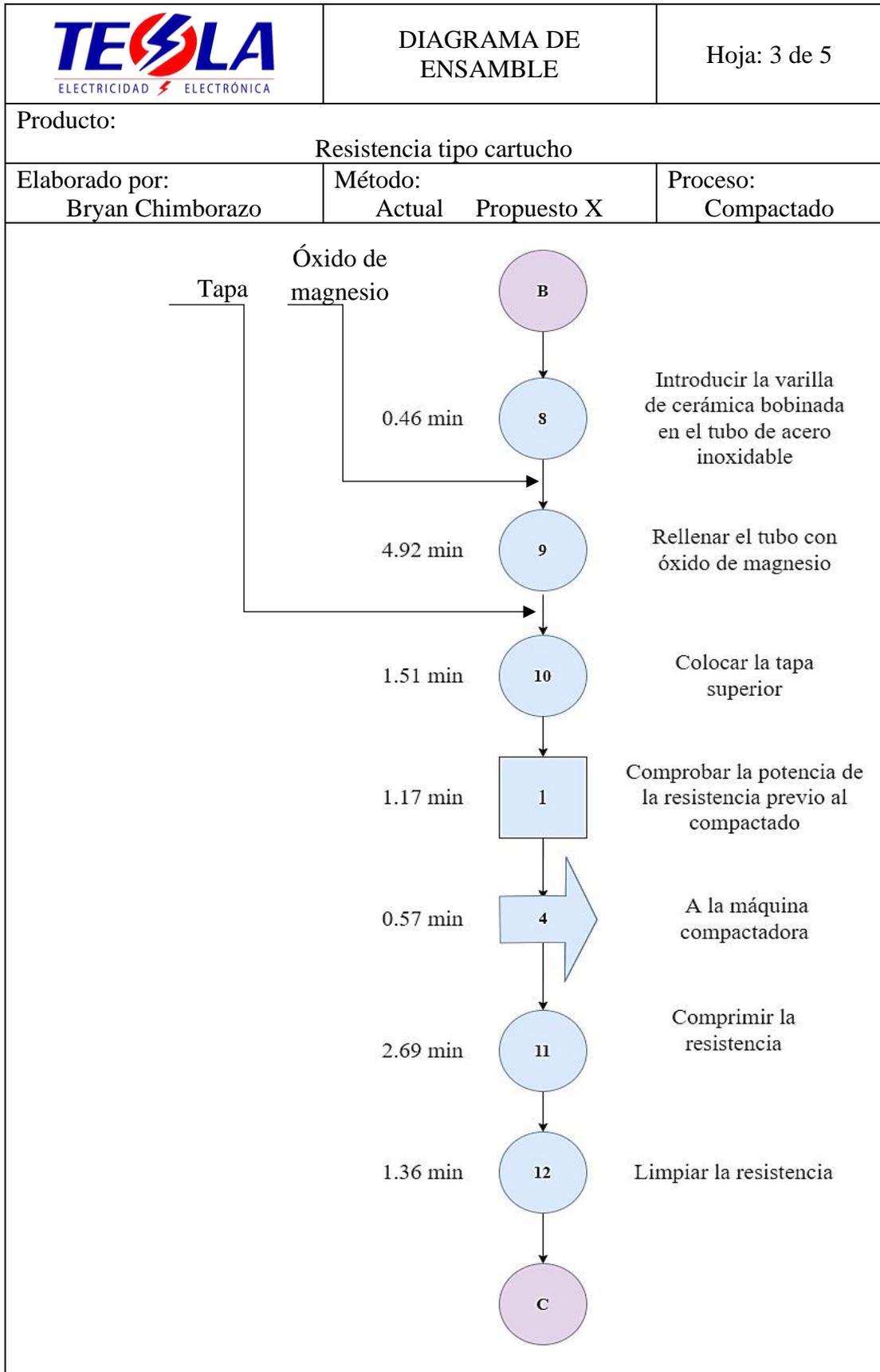


Tabla 63. Diagrama de sinóptico mejorado del proceso de medición

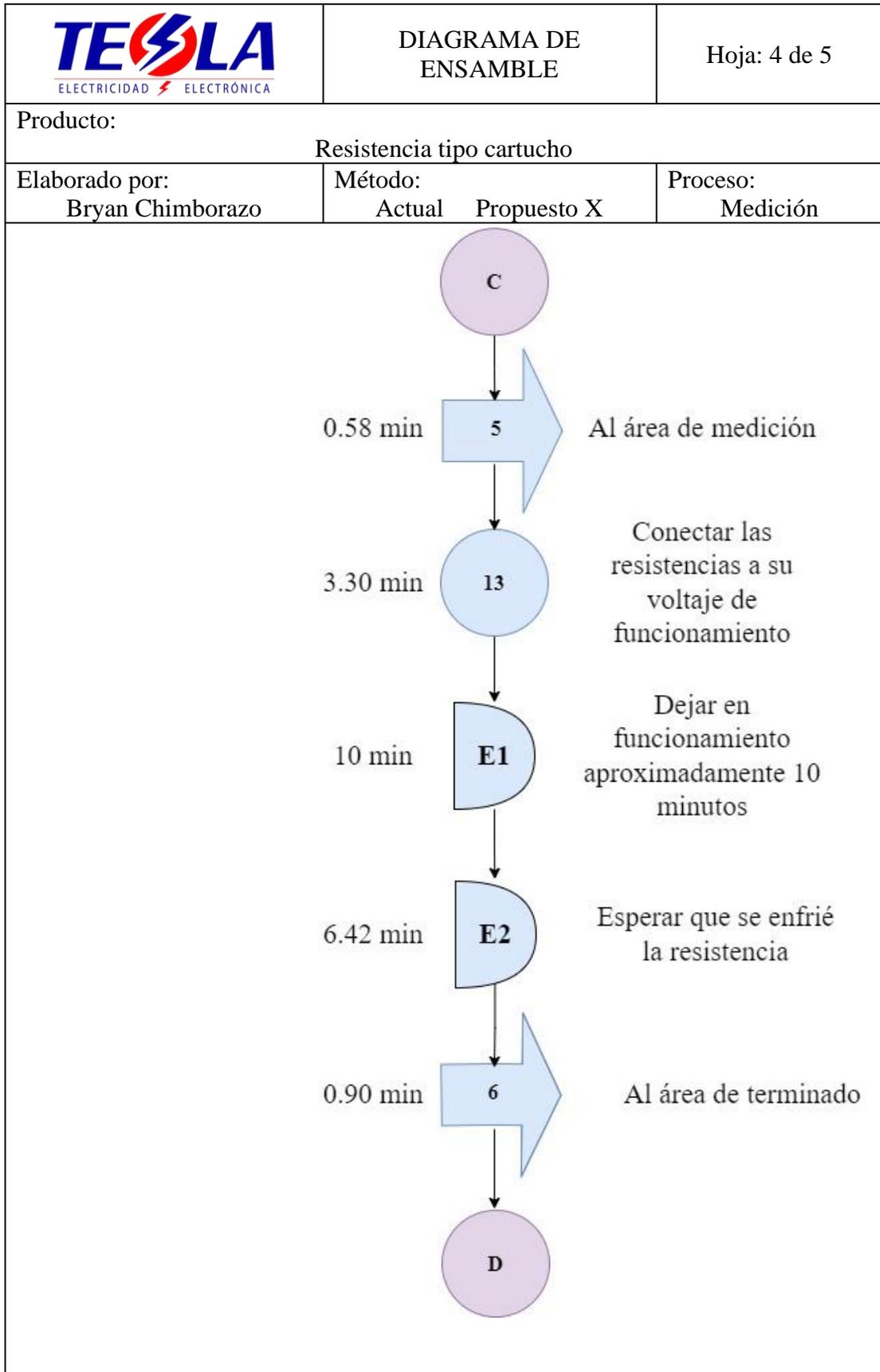
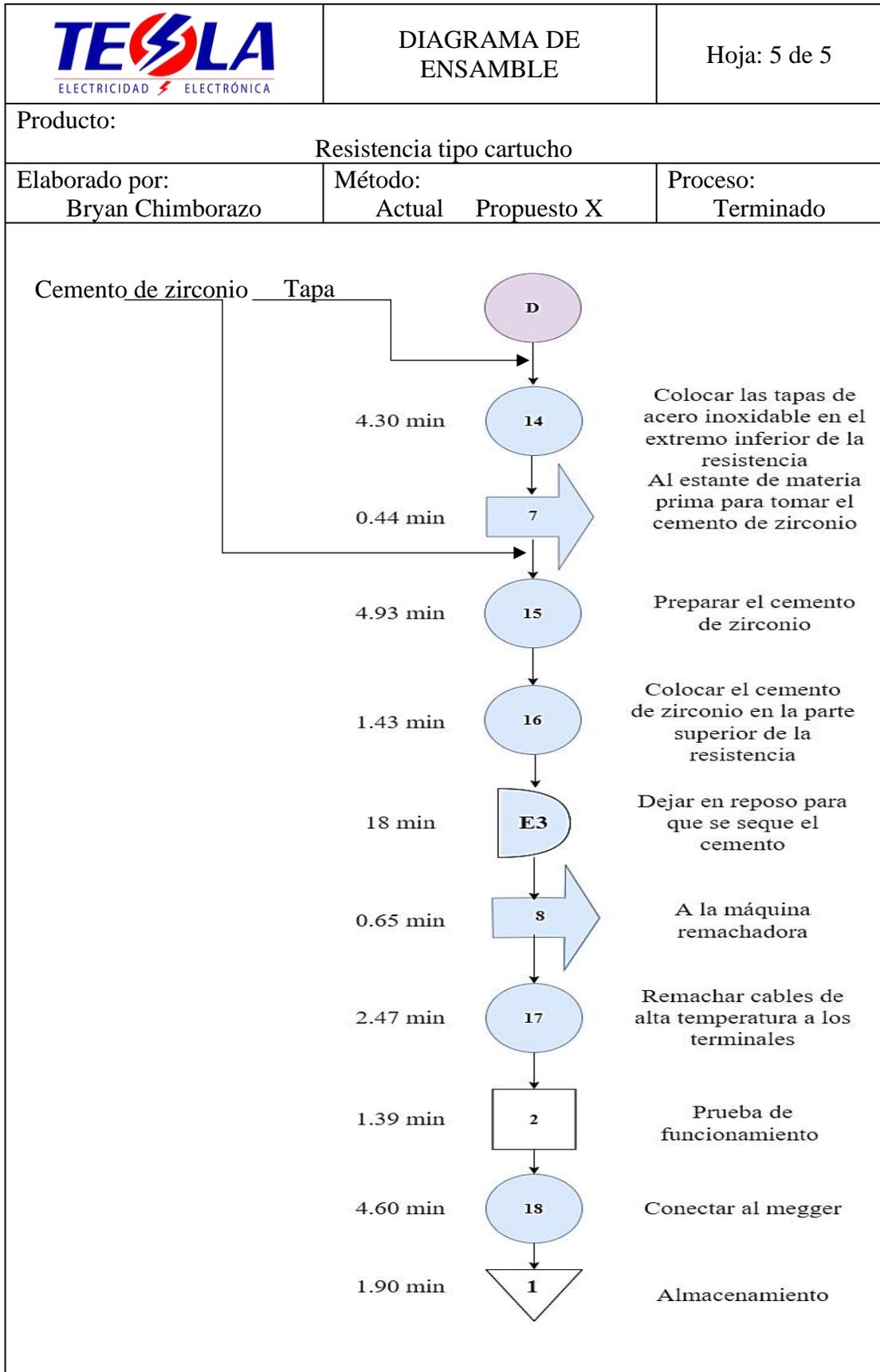


Tabla 64. Diagrama de sinóptico mejorado del proceso de terminado



Mapa de la cadena de valor, situación mejorada

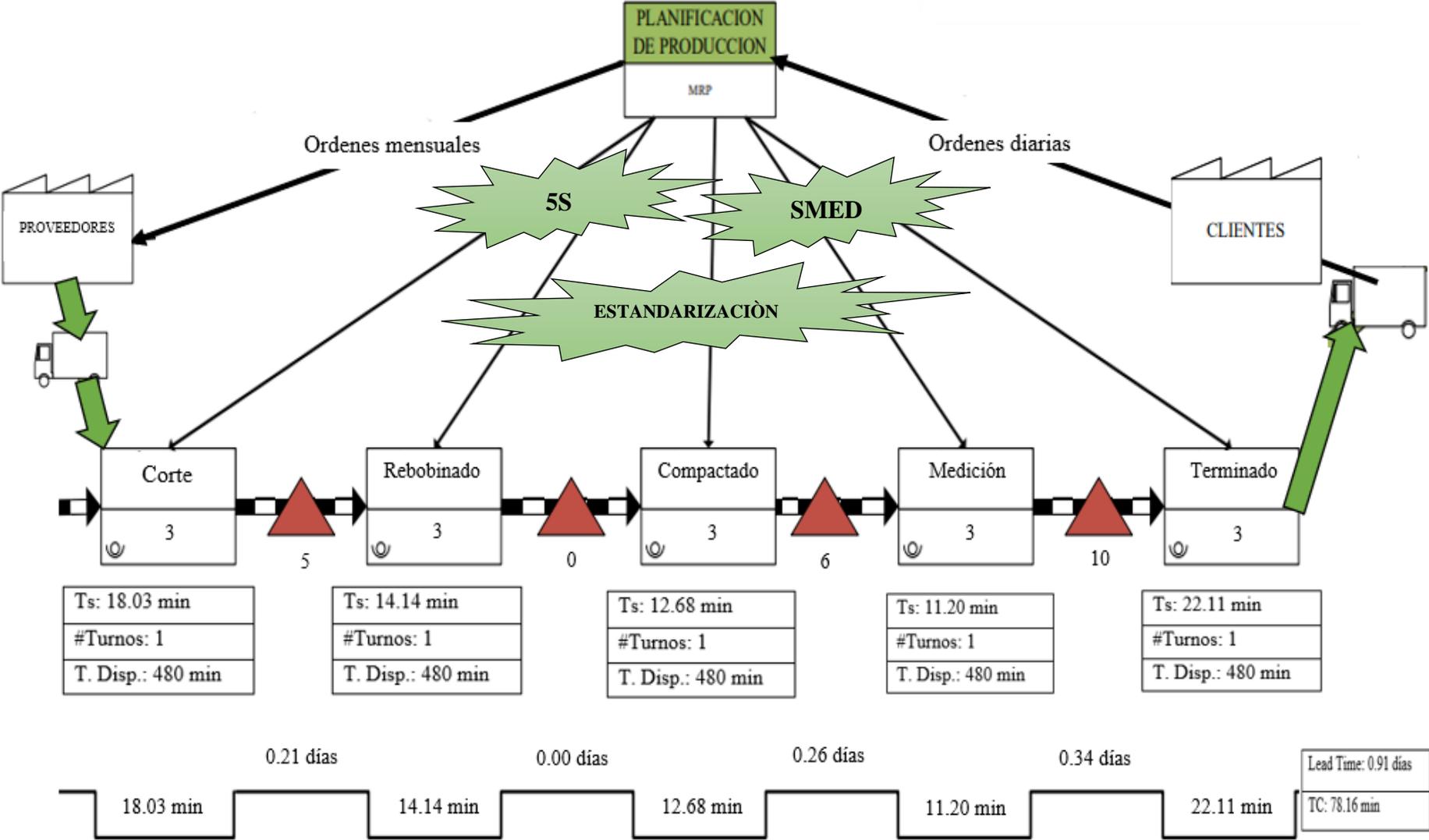


Figura 47. Mapa de la cadena de valor, situación mejorada

3.1.8 Propuesta de mejora para el proceso de fabricación de resistencias eléctricas industriales, mediante un manual de procedimientos

Para mantener las condiciones propuestas para el mejoramiento del proceso productivo es esencial e imprescindible plantear una propuesta que permita la documentación de las etapas del proceso de producción para la fabricación de las resistencias eléctricas industriales tipo cartucho; de tal manera, que las operaciones se ejecuten sin ningún tipo de anormalidad o variabilidad y además que las mejoras planteadas perduren y se mantengan constantes a lo largo del tiempo con un enfoque de mejora continua. El Anexo 14, muestra un manual de procedimientos, para la fabricación de resistencias eléctricas industriales tipo cartucho de forma adecuada.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El estado de situación inicial, determinado de la empresa Tesla Electricidad y Electrónica, observo que la línea de producción, para elaborar resistencias eléctricas industriales, consta de 5 actividades presentes que son: corte, rebobinado, compactado, medición y terminado, donde, por el manejo de recursos y distribución de actividades para los operarios, obtuvo un total de 40 desperdicios repartidos en la planta.
- La línea de producción de resistencias eléctricas industriales, cuenta con una gran variedad de productos; mediante la metodología ABC, se identificó el producto de mayor demanda, de esta manera, a partir del historial de ventas del año 2021 y parcial del año 2022, se obtuvo ventas aproximadas de los productos, donde: la categoría A, reflejo un total de \$6258.78, equivalente a 75.42% de participación; la categoría B, reflejo un total de \$1522.10, equivalente a 18.34% de participación y; la categoría C, reflejo un total de \$517.82, equivalente a 6.24% de participación. De este análisis, se enfatizó el estudio, sobre la línea de producción del producto denominado resistencias de tipo cartucho.
- Mediante el estudio de tiempo y movimientos, efectuado en el proceso productivo, de la fabricación de resistencias eléctricas industriales, tipo cartucho, se determinó que, actualmente, el tiempo estándar para el proceso de corte, fue de 4038 minutos, para el proceso de rebobinado, fue de 14.63 minutos, para el proceso de compactado fue de 14.18 minutos, para el proceso de medición, fue de 11.20 minutos y, para el proceso de terminado, fue de 26.91, dando un tiempo de elaboración del producto de 96.9 minutos.
- A través del aplicativo de la metodología SMED para la reducción de tiempos en el proceso de fabricación se logró reducir el tiempo de procesamiento de la etapa de corte en 18.03 minutos lo que representa un mejoramiento del 55.45%; para el proceso de rebobinado el tiempo de ciclo se reduce en un 3.34% lo que significa una reducción del tiempo de ciclo de esta etapa en 14.14 minutos; mientras que para

el proceso de compactado luego de mejorar esta fase de la producción se alcanza una mejora del 10.57%, debido a la reducción del tiempo empleado para este proceso de 14.18 minutos a 12.68 minutos; para el proceso de terminado se redujo el tiempo de ciclo de 26.41 minutos a 22.11 minutos lo que representa una mejora del 16.28%. Todas estas mejoras aplicadas en el proceso productivo para la fabricación de resistencias eléctricas industriales tipo cartucho, reflejan una reducción del tiempo de ciclo del proceso de 96.90 minutos a 78.16 minutos; es decir, una reducción de 18.74 minutos, lo que representa un 19.33% de mejoramiento para el proceso de producción.

- Luego de las acciones de mejoramiento, llevadas a cabo en el proceso productivo, para la fabricación de resistencias eléctricas industriales se mejoró la capacidad de producción; obteniendo un incremento de 15 a 18 unidades por día; en una jornada laboral de 5 días, la capacidad productiva incrementó de unidades de 72 a 92 unidades y; en un mes de producción, la capacidad productiva mensual, incrementó de 297 a 368 unidades.

4.2 Recomendaciones

- Considerar y aplicar las propuestas de mejoramiento planteada, con el propósito de mejorar el aspecto del área de producción en temáticas de orden y limpieza.
- Comprometer a todo el personal para que se pueda dar un buen porcentaje de cumplimiento. Se recomienda realizar un estudio similar para los distintos tipos de resistencias eléctricas industriales que se fabrican en la empresa.
- Conocimiento de los nuevos métodos de trabajo para lograr la mejora de la capacidad de producción.
- Utilizar el manual de procedimientos planteado para que los operarios se adapten de mejor manera al nuevo método de trabajo y pueden desarrollar sus actividades de una forma adecuada.

MATERIALES DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA

- [1] V. Oostveen, C. Gouma, D. Bakker y D. Ubbink, Quantifying the demand for hospital care services: a time and motion study BMC health services research, vol. 15, n° 1, pp. 13-24, 2015.
- [2] S. Ramírez Jaramillo, J. D. Lasso García, R. A. García Delgado y C. Tavera, Propuesta para el estudio de tiempos y movimientos en la línea 1 en la fabricación de sandalias en una pyme, Ingeniería Industrial, vol. 12, n° 7, pp. 1-51, 2019.
- [3] L. M. Pedraza, Mejoramiento productivo aplicando herramientas de manufactura esbelta, Revista Soluciones De Postgrado, vol. 3, n° 5, pp. 175-190, 2013.
- [4] N. Marmolejo, A. M. Mejía, I. G. Pérez Vergara, M. Caro y J. Rojas, Mejoramiento mediante herramientas de la manufactura esbelta, en una Empresa de Confecciones, Ingeniería Industrial, vol. 37, n° 1, 2016.
- [5] C. E. Chicaiza Criollo, Manufactura esbelta y su aplicación en el mejoramiento continuo del proceso productivo de templado de vidrio de la empresa SEGUVID, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022.
- [6] A. M. Ovalle Castiblanco, What happened with the application of time and motion study in the last two decades?, Revista de Ingeniería, Investigación y Desarrollo, vol. 16, n° 2, pp. 21-31, 2016.
- [7] R. Olmedo, Gestión de procesos en el departamento de producción de la fábrica textil Tarco Sport Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022.
- [8] A. M. Andrade, C. A. Del Río y D. L. Alvear, Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado Información Tecnológica, vol. 30, n° 3, 2019.
- [9] A. U. Rehman, Y. S. Usmani, U. Umer y M. Alkahtani, Lean Approach to Enhance Manufacturing Productivity: A Case Study of Saudi Arabian Factory, Arabian Journal for Science and Engineering, vol. 45, n° 1, pp. 2263-2280, 2020.

- [10] V. J. Rosasco Cuadros, Aplicación de Ingeniería de Métodos para mejorar la productividad en el área de producción de una empresa de fabricación de resistencias eléctricas industriales, Universidad César Vallejo, Lima, 2020.
- [11] I. González Vázquez, R. Arteaga Iturrarán, M. P. García y S. Pérez, Estudio de tiempos y movimientos para la Implementación de métricos de control de acuerdo a las necesidades de los clientes, Revista de Investigaciones Sociales, vol. 3, n° 7, pp. 32-28, 2017.
- [12] Y. Y. Su Ramírez y R. M. Quiliche Castellares, Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad de una empresa pesquera, INGnosis Revista de Investigación Científica, vol. 4, n° 1, pp. 64-77, 2018.
- [13] K. A. Jijón Bautista, Estudio de tiempo y movimientos para el mejoramiento de los procesos de producción de la empresa Calzado Gabriel, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2013.
- [14] J. E. Muñoz Cando, Estandarización y estudio de tiempos para el mejoramiento del proceso productivo en la industria láctea INLADEC, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [15] A. L. Jara Guevara, Herramientas de manufactura esbelta para la mejora de la productividad en la planta faenadora de la empresa Grupo Casa Grande división "Pura Pechuga", Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022.
- [16] A. Andrade, C. Del Río y D. Alvear, Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado, Información Tecnológica, vol. 23, n° 4, pp. 83-94, 2019.
- [17] G. Henríquez, D. Cardona, J. Rada y N. Robles, Medición de Tiempos en un Sistema de Distribución estándar Información Tecnológica, vol. 29, n° 6, pp. 277-286, 2018.
- [18] A. Ovalle y D. Cárdenas, What happened with the application of time and motion study in the last two, Revista de Ingeniería, Investigación y Desarrollo, vol. 16, n° 2, pp. 12-31, 2016.
- [19] C. G. Lancheros Salazar, Estudio de tiempos y movimientos de las líneas líderes en la planta de producción de la empresa Rico Ponqué S.A.S., Universidad Los Libertadores, Bogotá, 2016.

- [20] C. Cuevas, Y. González, M. Torres y M. Valladares, Importancia de un estudio de tiempos y movimientos, *Inventio*, vol. 16, n° 39, pp. 1-6, 2020.
- [21] J. Tapia Coronado, T. Escobedo Portillo, E. Barrón López, E. Martínez Moreno y V. Estebané Ortega, Marco de Referencia de la Aplicación de Manufactura Esbelta en la Industria, *Ciencia & Trabajo*, vol. 19, n° 60, pp. 171-178, 2017.
- [22] V. M. Ibarra Balderas y L. L. Ballesteros Medina, *Lean Manufacturing*, *Conciencia Tecnológica*, n° 53, 2017.
- [23] J. M. Llugsa Hinojosa, Estudio de tiempos en el área de dosificado de ingredientes para la empresa Bioalimentar Cía. Ltda, Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industria, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [24] J. Sanza Horcas y V. Gisbert Soler, *Lean Manufacturing en PYMES*, *3C Empresa*, vol. 1, n° 1, pp. 101-107, 2017.
- [25] C. A. Pilco Núñez, Técnica SMED para la reducción de tiempos en el proceso de lavado de jeans de la Empresa ECUATINTEX, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [26] Y. M. Ortega Freire y S. Vaca, Filosofía Lean y Gerencia de Operaciones: El caso de las empresas de Ambato, Ecuador, de Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE, Quito, 2018.
- [27] D. A. Domínguez Castro, Estudio de tiempos y movimientos para mejorar el proceso de producción de la empresa CEPESA, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [28] A. F. Muzo Bombón, Estudio de tiempos y movimientos para el mejoramiento del proceso productivo de la empresa Textil CM Original, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022.
- [29] G. M. Villacreses Lozada, Estudio de tiempos y movimientos en la empresa embotelladora de Guayusa ECOCAMPO, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ambato, 2018.
- [30] A. A. Carrillo Quiroz, Estudio de tiempos en el proceso de lavado y selección de materia prima y productividad en la producción de mango congelado, empresa Biofrutos S.A.C., Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, 2018.

- [31] O. G. Ilumitasig Tipantuña y J. E. Paredes Caiza, Estudio de tiempos y movimientos en la elaboración de suelas para calzado en la empresa Preplast, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2019.
- [32] B. Salazar López, Ingeniería Industrial, 2019.
- [33] B. W. Niebel y A. Freivalds, Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo, Duodécima Ed., México: McGraw-Hill, 2009.
- [34] F. E. Argote, R. Velasco y P. C. Paz, Estudio de métodos y tiempos para la obtención de carne de cuy empacada a vacío, Ciencias Agropecuarias, vol. 5, nº 3, pp. 103-111, 2017.
- [35] F. Niebel, Estudio de tiempos, de Métodos, estándares y diseño del trabajo., Madrid, Alfa omega, 2010, p. 373.
- [36] F. J. Lozada Orozco, Estudio de tiempos y movimientos para el mejoramiento de los procesos productivos de la empresa Calzado Liwi, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2018.
- [37] M. A. Ale Oyola y G. Zelada, Propuesta de aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing para reducir tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos en Lima, Universidad Ricardo Palma, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, Lima, 2020.
- [38] N. L. Tejada Diaz, V. Gisber Soler y A. I. Perez Molina, Methodology of study of time and movement; introduction to the GSD, 3C Empresa, vol. 1, nº 1, pp. 39-49, 2017.
- [39] K. L. Chávez Chiroque, Propuesta de mejora del proceso de reencauche de neumáticos para aumentar la producción en la empresa Reencauchadora Del Norte., Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2020.
- [40] N. Olano y C. W. Segura Santillán, Propuesta de implementación de mejora en el proceso de reencauche de neumáticos para incrementar la productividad en la empresa Reencauchadora Rubbers, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Cajamarca, 2017.

- [41] J. Camperos, N. Pulido, D. Munévar y E. Torrecilla, Estudio de tiempos y movimientos para la polinización artificial: estudio de caso en una plantación de Santander (Colombia), *Revista Palmas*, vol. 41, n° 3, pp. 11-23, 2020.
- [42] Times in the traditional coffee manual collection, *Ingeniería Industrial*, vol. 37, n° 2, pp. 114-126, 2016.
- [43] X. Castro, *Mejora de producción del servicio de lavado*, 2015.
- [44] K. Alvarado Ramírez y A. Pumisacho, Prácticas de mejora continua, con enfoque Kaizen, en empresas del Distrito Metropolitano de Quito: Un estudio exploratorio, *Intangible Capital*, vol. 13, n° 2, pp. 479-497, 2017.
- [45] J. Vargas Hernández, G. Muratalla Bautista y M. Jiménez Castillo, Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción?, *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, vol. V, n° 17, pp. 153-174, 2016.
- [46] C. Cuggia Jiménez, E. Orozco Acosta y D. Mendoza Galvis, Manufactura esbelta: una revisión sistemática en la industria de alimentos, *Información Tecnológica*, vol. 31, n° 5, pp. 163-172, 2020.
- [47] M. K. Favela Herrera y M. T. Escobedo Portillo, Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización: modelo conceptual propuesto, *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 16, n° 1, pp. 115-133, 2019.
- [48] John Reyes, Josefa Mula & Manuel Díaz-Madroñero, Development of a conceptual model for lean supply chain planning in industry 4.0: multidimensional analysis for operations management, *Production Planning & Control*, 2021, DOI: 10.1080/09537287.2021.1993373.
- [49] John Reyes, Josefa Mula and Manuel Díaz-Madroñero The potential of Industry 4.0 in lean supply chain management, IX. *Production Planning and Control*, Proceedings of the 15th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management and XXV Congreso de Ingeniería de Organización, Burgos, Adingor, 2021, pp. 153-154.

- [50] A. L. Castillo Flores, O. D. Arellano Briones y L. G. Fernández García, ¿Cuáles son las herramientas de Lean Manufacturing más utilizadas en las empresas petroquímicas de la Zona sur de Tamaulipas?, *Revista de Ingeniería Industrial*, vol. 2, n° 5, pp. 24-30, 2018.
- [51] D. Rodríguez y K. Barcia, Aplicación de Manufactura Esbelta en una empresa simulada a través de un juego, *Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2013)*, Cancún, 2013.
- [52] O. P. Bailetti Arcaya y P. C. Chunga Oblitas, Mejora en el área de producción aplicando manufactura esbelta en la empresa Hules Peruanos S.A.C., Universidad de Lima, 2021.
- [53] A. M. Paredes Rodríguez, Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping a una empresa embaladora de productos de vidrio, *Ingeniería y Tecnología*, vol. 13, n° 1, pp. 262-277, 2017.
- [54] A. J. Dal Forno, F. A. Pereira, F. Forcellini y L. Mahlmann Kipper, Value Stream Mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of Lean tools, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 72, n° 5, pp. 779-790, 2014.
- [55] A. G. Lomparte Cárdenas, A. N. Orellana Dueñas, S. S. Guardamino Sáez y A. E. Paz Campaña, Implementación de la Metodología 5s en las Empresas industriales periodo – 2021, *Qantu Yachay*, vol. 2, n° 1, pp. 16-25, 2021.
- [56] M. N. Bin Che Ani y M. S. S. Bin Shafei, The Effectiveness of the Single Minute Exchange of Die (SMED) Technique for the Productivity Improvement, *Applied Mechanics and Materials*, vol. 465, n° 466, pp. 1144-1148, 2013.
- [57] R. Godina, C. Pimentel y F. Silva, A Structural Literature Review of the Single Minute Exchange of Die: The Latest Trends, *Procedia Manufacturing*, vol. 17, n° 1, pp. 783-790, 2018.
- [58] J. Viteri Moya, E. Matute Déleg y N. Rivera, Implementation of lean manufacturing in a food enterprise, *Enfoque UTE*, vol. 7, n° 1, pp. 1-12, 2016.
- [59] E. Meléndez López, F. Jiménez Zavala, D. Cortes Guerrero y S. L. Jasso Ibarra, Análisis Del Impacto En La Aplicación De Las Metodologías De La Manufactura Esbelta En Las

Pymes De La Región Centro de Coahuila Revista Global de Negocios, vol. 4, n° 1, pp. 99-108, 2016.

[60] E. Acosta, y O. Fernández, Comparación de métodos de cronometraje en el estudio de métodos y tiempos abordado en la carrera de ingeniería industrial, Congreso de Ingeniería Industrial, vol. 1, n° 1, pp. 72-85, 2019.

[61] V. Ibarra y L. Ballesteros, Manufactura Esbelta, Conciencia Tecnológica, n° 53, 2017.

[62] J. I. Cordovilla Núñez, Reducción de desperdicios en la línea de faenamiento de la empresa "MAG POLLO" empleando herramientas de manufactura ajustada, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2021.

ANEXOS

Anexo 1. Suplementos por descanso según la Organización Internacional del Trabajo

Sistema de suplementos por descanso porcentajes de los Tiempos Básicos¹

| 1. SUPLEMENTOS CONSTANTES | | Hombres | Mujeres | | | Hombres | Mujeres |
|---|---|---------|---------|---------------------------------|---|---------|---------|
| A. Suplemento por necesidades personales | | 5 | 7 | | | | |
| B. Suplemento base por fatiga | | 4 | 4 | | | | |
| 2. SUPLEMENTOS VARIABLES | | Hombres | Mujeres | | | Hombres | Mujeres |
| A. Suplemento por trabajar de pie | | 2 | 4 | | 4 | | 45 |
| B. Suplemento por postura anormal | | | | | 2 | | 100 |
| | Ligeramente incómoda | 0 | 1 | F. Concentración intensa | | | |
| | incómoda (inclinado) | 2 | 3 | | Trabajos de cierta precisión | 0 | 0 |
| | Muy incómoda (echado, estirado) | 7 | 7 | | Trabajos precisos o fatigosos | 2 | 2 |
| C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar) | | | | | Trabajos de gran precisión o muy fatigosos | 5 | 5 |
| | Peso levantado [kg] | | | G. Ruido | | | |
| | 2,5 | 0 | 1 | | Continuo | 0 | 0 |
| | 5 | 1 | 2 | | Intermitente y fuerte | 2 | 2 |
| | 10 | 3 | 4 | | Intermitente y muy fuerte | 5 | 5 |
| | 25 | 9 | 20 | H. Tensión mental | | | |
| | 35,5 | 22 | máx | | Proceso bastante complejo | 1 | 1 |
| D. Mala iluminación | | | | | Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos | 4 | 4 |
| | Ligeramente por debajo de la potencia calculada | 0 | 0 | | Muy complejo | 8 | 8 |
| | Bastante por debajo | 2 | 2 | I. Monotonía | | | |
| | Absolutamente insuficiente | 5 | 5 | | Trabajo algo monótono | 0 | 0 |
| E. Condiciones atmosféricas | | | | | Trabajo bastante monótono | 1 | 1 |
| | Índice de enfriamiento Kata | | | | Trabajo muy monótono | 4 | 4 |
| | 16 | 0 | | J. Tedio | | | |
| | 8 | 10 | | | Trabajo algo aburrido | 0 | 0 |
| | | | | | Trabajo bastante aburrido | 2 | 1 |
| | | | | | Trabajo muy aburrido | 5 | 2 |

¹ Introducción al Estudio del trabajo – segunda edición, OIT. **Ejemplo sin valor normativo**

Anexo 2. Certificado de calibración Cronometro ELICROM modelo PS532



Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número

Number

CC-1537-001-22

| | | |
|--|---|---|
| Cliente: <i>Customer</i> | BRYAN FERNANDO CHIMBORAZO CONSTANTE | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los estándares nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI) |
| Dirección: <i>Address</i> | FLOREANA Y SUCRE 02-173 | |
| Teléfono: <i>Phone Number</i> | 0995921271 | |
| Persona de Contacto: <i>Contact Person</i> | Bryan Fernando Chimborazo Constante | Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados. |
| Objeto: <i>Item</i> | CRONÓMETRO  | |
| Marca: <i>Manufacturer</i> | ELICROM | This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI) |
| Modelo: <i>Model</i> | PS532 | |
| No. de Serie⁽¹⁾: <i>Serial Number</i> | NO ESPECIFICA | In order to ensure the quality of their measurements, the user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals. |
| Identificación: <i>Identification</i> | E-24704 | |
| Ubicación del Objeto⁽¹⁾: <i>Item Location</i> | No Especifica | |
| Fecha de Recepción: <i>Date of Receipt</i> | 2022-03-23 | |
| Fecha de Calibración: <i>Calibration Date</i> | 2022-03-23 | |
| Próxima Fecha de Calibración: <i>Due Date</i> | - | |
| Técnico Responsable: <i>Responsible Technician</i> | Anthony Bajaña | |

Persona que Autoriza / Fecha de Emisión: Ing. Savino Pineda / 2022-03-23
Person authorizing / Date of Issue



Gerente Técnico

Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ
Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ, serialNumber=110621145301, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
Fecha: 2022-03-23 13:43:18

Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número

Number

CC-1537-001-22

Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración.

La versión en inglés del certificado de calibración no es una traducción vinculante. Si algún asunto da lugar a controversia, se debe utilizar el texto original en español.

This certificate may not be reproduced other than in full except with the written approval of the Elicrom-Calibration laboratory. The results contained in this certificate relate only to the item calibrated, at the time and under the conditions in which the calibration was performed.

The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matter gives rise to controversy, the Spanish original text must be used.

Incertidumbre de medida

Measurement Uncertainty

La incertidumbre expandida de medición reportada (intervalo de confianza), se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k , que para una distribución t (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%.

The reported expanded uncertainty of the measurement (confidence interval), was evaluated based on the document JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", and is stated as the combined standard uncertainty of the measurement multiplied by the coverage factor k , which for a t (Student's) distribution corresponds to a confidence level of approximately 95.45%

Equipamiento Utilizado

Equipment Used

| Identificación <i>ID Number</i> | Nombre <i>Name</i> | Marca <i>Manufacturer</i> | Modelo <i>Model</i> | No. de Serie <i>Serial Number</i> | Vence Cal. <i>Due Date</i> | Nº Certificado <i>Nº Certificate</i> |
|------------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---|
| EL.PC.046 | CRONOMETRO PATRON | CASIO | HS-80TW | 606Q11R | 2023-05-25 | LTF - C - 067 - 2021 |
| EL.PT.365 | TERMOHIGRÓMETRO | CENTER | 342 | 190601459 | 2022-04-01 | CC-1497-001-21 |



Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número

Number

CC-1537-001-22

Calibración

Calibration

| | |
|--|--|
| Intervalo de Medición ⁽²⁾ : <i>Measurement Range</i> | 9 h 59 min 59,99 s |
| División de Escala: <i>Scale Interval</i> | 0,01 |
| Lugar de Calibración: <i>Calibration Site</i> | Laboratorio De Eléctrica Y Óptica (Elicrom) |
| Método de Calibración: <i>Calibration Method</i> | Comparación Directa Con Cronómetro Patrón |
| Documento de Referencia: <i>Reference Document</i> | CEM TF-003:2000 (Edición 0) |
| Procedimiento de Calibración: <i>Calibration Procedure</i> | PEC.EL.06 |
| Condiciones Ambientales: <i>Environmental Conditions</i> | Temperatura del Aire <i>Air Temperature</i> 22,2 °C ± 0,6 °C |
| | Humedad Relativa del Aire <i>Air Relative Humidity</i> 58,9 %hr ± 0,6 %hr |

Observaciones:

Observations

⁽¹⁾ Información proporcionada por el cliente. Elicrom no es responsable de dicha información.

⁽²⁾ Información tomada de las especificaciones del objeto de calibración (proporcionada por el fabricante).

⁽¹⁾ Information provided by the customer. Elicrom is not responsible for such information.

⁽²⁾ Information taken from the specifications of the calibration item (provided by the manufacturer).

Declaración de Trazabilidad Metrológica

Statement of Metrological Traceability

Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del INACAL (Instituto Nacional de Calidad – Perú) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).

The calibration results contained in this certificate are traceable to the International System of Units (SI) through an unbroken chain of calibrations through INACAL (National Quality Institute – Peru) or other National Metrology Institutes (NMIs).



Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número

Number

CC-1537-001-22

Resultados de la Calibración

Calibration Results

| Valor de Prueba <i>Test Value</i> | Indicación Ítem <i>Item Reading</i> | Indicación Patrón <i>Standard Reading</i> | Error de Medición (e) <i>Measurement Error (e)</i> | Incertidumbre (U) <i>Uncertainty (U)</i> | Factor de Cobertura (k) |
|--------------------------------------|--|--|---|---|-------------------------|
| h | s | s | s | s | Coverage factor |
| 0,5 | 1800,07 | 1800,0754 | -0,0054 | 0,0061 | 2,00 |
| 1 | 3600,09 | 3600,0978 | -0,0078 | 0,0061 | 2,00 |
| 2 | 7200,14 | 7200,1495 | -0,0095 | 0,0061 | 2,00 |
| 5 | 18000,19 | 18000,2048 | -0,0148 | 0,0064 | 2,00 |
| 9 | 32400,26 | 32400,2828 | -0,0228 | 0,0071 | 2,00 |

Nota

Note

La indicación del patrón y el error de medición (mejor estimación del valor verdadero) se muestran con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM).

The standard reading and measurement error (best estimate of the true value) are shown to the same number of digits as the reported uncertainty (see GUM 7.2.6).

FO.PEC.06-02 Rev. 08

Anexo 3. Cursograma analítico, proceso de corte

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | OPERARIO | MATERIAL | EQUIPO | | | | |
|-------------------------------|--|----------------|-------------------------|------------|--------|---|-----------|---|--|
| MÉTODO: | ACTUAL | REALIZADO POR: | Bryan Chimborazo | HOJA: | 1 de 5 | | | | |
| PRODUCTO: | Resistencia tipo cartucho | APROBADO POR: | Ing. Víctor Guachimbosa | DIAGRAMA: | 1 | | | | |
| PROCESO: | Corte | RESPONSABLE: | Jefe de Producción | | | | | | |
| LUGAR: | | FECHA: | 17/3/2022 | | | | | | |
| Identificación de actividades | | Distancia (m) | Tiempo (min) | SÍMBOLO | | | | | Observaciones |
| Nº | Descripción | | | ○ | ⇒ | □ | D | ▽ | |
| 1 | Preparación de tubo de acero inoxidable | | 11.05 | ● | | | | | Se observa en la Figura 14. |
| 2 | Corte de la varilla de cerámica | | 3.09 | ● | | | | | Es recomendable pulir después del corte. |
| 3 | Trasladar a la mesa de trabajo los materiales cortados | 1.2 | 3.40 | ● | | | | | |
| 4 | Calcular la potencia requerida | | 4.41 | ● | | | | | |
| 5 | Comparación de la potencia requerida con la potencia del cable | | 2.38 | | | | | ● | Esto se realiza para calcular la potencia deseada. |
| 6 | Trasladar a la mesa de trabajo | 0.8 | 1.62 | ● | | | | | |
| 7 | Colocar la tapa inferior en el tubo | | 7.21 | ● | | | | | |
| ACTIVIDAD | | ACTUAL | | TIEMPO: | | | 33.16 min | | |
| OPERACIÓN | ○ | 4 | | DISTANCIA: | | | 2 m | | |
| TRANSPORTE | ⇒ | 2 | | | | | | | |
| INSPECCIÓN | □ | 1 | | | | | | | |
| DEMORA | D | 0 | | | | | | | |
| ALMACENAJE | ▽ | 0 | | | | | | | |
| TOTAL | | 7 | | | | | | | |

Anexo 4. Cursograma analítico, proceso de rebobinado

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | OPERARIO | MATERIAL | EQUIPO | | | | |
|-------------------------------|--|----------------|-------------------------|------------|--------|-----------|---|---|-----------------------------|
| MÉTODO: | ACTUAL | REALIZADO POR: | Bryan Chimborazo | HOJA: | 2 de 5 | | | | |
| PRODUCTO: | Resistencia tipo cartucho | APROBADO POR: | Ing. Víctor Guachimbosa | DIAGRAMA: | 1 | | | | |
| PROCESO: | Rebobinado | RESPONSABLE: | Jefe de Producción | | | | | | |
| LUGAR: | | FECHA: | 17/3/2022 | | | | | | |
| Identificación de actividades | | Distancia (m) | Tiempo (min) | SÍMBOLO | | | | | Observaciones |
| Nº | Descripción | | | ○ | ⇒ | □ | ▷ | ▽ | |
| 1 | Trasladar al área de rebobinado | 0.7 | 0.98 | ○ | ⇒ | | | | |
| 2 | Colocar carrete de alambre ferróníquel en la rebobinadora | | 4.64 | ○ | ⇒ | | | | |
| 3 | Programar bobinado. | | 2.17 | ○ | ⇒ | | | | |
| 4 | Colocar barrilla de cerámica en la máquina. | | 0.85 | ○ | ⇒ | | | | |
| 5 | Realizar el bobinado. | | 1.14 | ○ | ⇒ | | | | |
| 6 | Cortar la varilla para los terminales. | | 0.41 | ○ | ⇒ | | | | El corte se realiza de 4mm. |
| 7 | Colocar terminales y empalmar con el alambre de ferróníquel. | | 2.14 | ○ | ⇒ | | | | |
| ACTIVIDAD | | ACTUAL | | TIEMPO: | | 12.33 min | | | |
| OPERACIÓN | ○ | 6 | | DISTANCIA: | | 0.7 m | | | |
| TRANSPORTE | ⇒ | 1 | | | | | | | |
| INSPECCIÓN | □ | 0 | | | | | | | |
| DEMORA | ▷ | 0 | | | | | | | |
| ALMACENAJE | ▽ | 0 | | | | | | | |
| TOTAL | | 7 | | | | | | | |

Anexo 5. Cursograma analítico, proceso de compactado

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | OPERARIO | MATERIAL | EQUIPO | | | | |
|-------------------------------|---|----------------|-------------------------|------------|--------|-----------|---|---|--|
| MÉTODO: | ACTUAL | REALIZADO POR: | Bryan Chimborazo | HOJA: | 3 de 5 | | | | |
| PRODUCTO: | Resistencia tipo cartucho | APROBADO POR: | Ing. Víctor Guachimbosa | DIAGRAMA: | 1 | | | | |
| PROCESO: | Compactado | RESPONSABLE: | Jefe de Producción | | | | | | |
| LUGAR: | | FECHA: | 17/3/2022 | | | | | | |
| Identificación de actividades | | Distancia (m) | Tiempo (min) | SÍMBOLO | | | | | Observaciones |
| Nº | Descripción | | | ○ | ⇒ | □ | D | ▽ | |
| 1 | Introducir la varilla de cerámica bobinada en el tubo de acero inoxidable | | 0.39 | ○ | ● | | | | |
| 2 | Rellenar el tubo con óxido de magnesio. | | 4.11 | ● | | | | | Comprimir para que el óxido de magnesio quede sin espacios huecos. |
| 3 | Colocar la tapa superior | | 2.52 | ● | | | | | |
| 4 | Comprobar la potencia de la resistencia | | 0.98 | ● | | | | | |
| 5 | Trasportar el material a la maquina compactadora | 0.6 | 0.48 | ● | | | | | |
| 6 | Compactar la resistencia | | 2.25 | ● | | | | | Empleando la máquina compactadora. |
| 7 | Limpiar la resistencia. | | 1.14 | ● | | | | | |
| ACTIVIDAD | | ACTUAL | | TIEMPO: | | 11.87 min | | | |
| OPERACIÓN | ○ | 5 | | DISTANCIA: | | 0.6 m | | | |
| TRANSPORTE | ⇒ | 1 | | | | | | | |
| INSPECCIÓN | □ | 1 | | | | | | | |
| DEMORA | D | 0 | | | | | | | |
| ALMACENAJE | ▽ | 0 | | | | | | | |
| TOTAL | | 7 | | | | | | | |

Anexo 6. Cursograma analítico, proceso de medición

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | OPERARIO | MATERIAL | EQUIPO | | | | |
|-------------------------------|--|----------------|-------------------------|------------|--------|-----------|---|---|--|
| MÉTODO: | ACTUAL | REALIZADO POR: | Bryan Chimborazo | HOJA: | 4 de 5 | | | | |
| PRODUCTO: | Resistencia tipo cartucho | APROBADO POR: | Ing. Víctor Guachimbosa | DIAGRAMA: | 1 | | | | |
| PROCESO: | Medición | RESPONSABLE: | Jefe de Producción | | | | | | |
| LUGAR: | | FECHA: | 17/3/2022 | | | | | | |
| Identificación de actividades | | Distancia (m) | Tiempo (min) | SÍMBOLO | | | | | Observaciones |
| Nº | Descripción | | | ○ | ⇒ | □ | D | ▽ | |
| 1 | Trasladar la resistencia al área de medición | 0.5 | 0.46 | | | | | | |
| 2 | Conectar la resistencia a su voltaje de funcionamiento | | 2.58 | | | | | | De acuerdo con sus características 120V o 220V |
| 3 | Dejar en funcionamiento | | 10 | | | | | | Para descartar algún tipo de fallos |
| 4 | Esperar que se enfríe la resistencia | | 5.03 | | | | | | Para poder manipularla |
| 5 | Transportar la resistencia al área de terminado | 0.4 | 0.70 | | | | | | |
| ACTIVIDAD | | ACTUAL | | TIEMPO: | | 18.77 min | | | |
| OPERACIÓN | ○ | 1 | | DISTANCIA: | | 0.9 m | | | |
| TRANSPORTE | ⇒ | 2 | | | | | | | |
| INSPECCIÓN | □ | 0 | | | | | | | |
| DEMORA | D | 2 | | | | | | | |
| ALMACENAJE | ▽ | 0 | | | | | | | |
| TOTAL | | 5 | | | | | | | |

Anexo 7. Cursograma analítico, proceso de terminado

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | OPERARIO | MATERIAL | EQUIPO | | | | |
|-------------------------------|---|----------------|-------------------------|------------|--------|-----------|---|---|---------------|
| MÉTODO: | ACTUAL | REALIZADO POR: | Bryan Chimborazo | HOJA: | 5 de 5 | | | | |
| PRODUCTO: | Resistencia tipo cartucho | APROBADO POR: | Ing. Víctor Guachimbosa | DIAGRAMA: | 1 | | | | |
| PROCESO: | Compactado | RESPONSABLE: | Jefe de Producción | | | | | | |
| LUGAR: | | FECHA: | 17/3/2022 | | | | | | |
| Identificación de actividades | | Distancia (m) | Tiempo (min) | SÍMBOLO | | | | | Observaciones |
| Nº | Descripción | | | ○ | ⇒ | □ | D | ▽ | |
| 1 | Colocar tapa metálica en el extremo inferior | | 7.12 | ● | | | | | |
| 2 | Trasladarse al estante para tomar el zirconio | 0.6 | 0.36 | ● | | | | | |
| 3 | Preparar el cemento de circonio | | 4.08 | ● | | | | | |
| 4 | Colocar el cemento en el extremo superior de la resistencia | | 1.18 | ● | | | | | |
| 5 | Dejar en reposo hasta que se seque el cemento | | 18.00 | | | | | | |
| 6 | Trasladar a la máquina remachadora | 0.5 | 0.53 | ● | | | | | |
| 7 | Remachar cables de alta temperatura para los terminales | | 2.04 | ● | | | | | |
| 8 | Prueba de funcionamiento | | 1.15 | ● | | | | | |
| 9 | Conexión con el megger | | 3.81 | ● | | | | | |
| 10 | Almacenamiento | | 1.57 | | | | | | |
| ACTIVIDAD | | ACTUAL | | TIEMPO: | | 39.84 min | | | |
| OPERACIÓN | ○ | 5 | | DISTANCIA: | | 1.1 m | | | |
| TRANSPORTE | ⇒ | 2 | | | | | | | |
| INSPECCIÓN | □ | 1 | | | | | | | |
| DEMORA | D | 1 | | | | | | | |
| ALMACENAJE | ▽ | 1 | | | | | | | |
| TOTAL | | 10 | | | | | | | |

Anexo 8. Modelo de auditoria 5S

|  | | | AUDITORIA INTERNA 5S | | |
|---|----|--|----------------------|-----------------|----|
| Fecha: | | | | Calificación 5S | |
| Auditor(es): | | | | | |
| Área: | | | | | |
| Consideraciones | | | Valoración | | |
| 5S | N° | Ítem de evaluación | 0 | 5 | 10 |
| SELECCIONAR | 1 | ¿Están todos los elementos necesarios? | | | |
| | 2 | ¿Existen elementos innecesarios o ajenos a los puestos de trabajo? | | | |
| | 3 | ¿Existen elementos que obstruyan la libre circulación? | | | |
| Puntaje máximo 30 puntos | | | | | |
| ORDEN | 1 | ¿Cada elemento está ubicado en su lugar correspondiente? | | | |
| | 2 | ¿Los elementos se pueden encontrar fácilmente? | | | |
| | 3 | ¿Existen elementos sobre las máquinas? | | | |
| Puntaje máximo 30 puntos | | | | | |
| LIMPIEZA | 1 | ¿El puesto de trabajo se encuentra limpio? | | | |
| | 2 | ¿Las máquinas, equipos e instrumentos se encuentran limpios? | | | |
| | 3 | ¿Existen residuos o desechos en el piso? | | | |
| Puntaje máximo 30 puntos | | | | | |
| ESTANDARIZAR | 1 | ¿Se da cumplimiento a las 3 primeras S? | | | |
| | 2 | ¿Se cumple con los aspectos de control visual establecidos? | | | |
| | 3 | ¿Se hace un uso adecuado del control visual? | | | |
| Puntaje máximo 30 puntos | | | | | |
| DISCIPLINA | 1 | ¿El operario mantiene limpio su puesto de trabajo sin ningún tipo de exigencias? | | | |
| | 2 | ¿Se cumple con los estándares especificados en las S anteriores? | | | |
| | 3 | ¿Se ejecuta de una forma correcta la implementación de las 5S? | | | |

Anexo 9. Cursograma analítico, proceso de corte propuesto

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | OPERARIO | MATERIAL | EQUIPO | | | | |
|-------------------------------|--|----------------|-------------------------|------------|--------|-----------|---|---|---|
| MÉTODO: | ACTUAL | REALIZADO POR: | Bryan Chimborazo | HOJA: | 1 de 5 | | | | |
| PRODUCTO: | Resistencia tipo cartucho | APROBADO POR: | Ing. Víctor Guachimbosa | DIAGRAMA: | 1 | | | | |
| PROCESO: | Corte | RESPONSABLE: | Jefe de Producción | | | | | | |
| LUGAR: | | FECHA: | 20/06/2022 | | | | | | |
| Identificación de actividades | | Distancia (m) | Tiempo (min) | SÍMBOLO | | | | | Observaciones |
| Nº | Descripción | | | ○ | ⇒ | □ | ▷ | ▽ | |
| 1 | Selección de tubo de acero inoxidable y de varilla de cerámica | | 2.59 | ● | | | | | Se toman los tubos y la varillas previamente cortadas y almacenadas en stock. |
| 2 | Trasladar a la mesa de trabajo los materiales (varilla y tubo) | 1.4 | 4.15 | ● | | | | | Pulir si es necesario |
| 3 | Calculo y comparación de la potencia requerida | | 6.19 | ● | | | | | Calcular la potencia requerida y comparar con la potencia nominal del cable de ferrocarril. |
| 4 | Trasladar a la mesa de trabajo | 0.5 | 1.98 | ● | | | | | |
| 5 | Colocar la tapa inferior en el tubo | | 3.12 | ● | | | | | Con una adecuada presión y pulir si es necesario |
| ACTIVIDAD | | ACTUAL | | TIEMPO: | | 18.03 min | | | |
| OPERACIÓN | ○ | 2 | | DISTANCIA: | | 1.9 m | | | |
| TRANSPORTE | ⇒ | 2 | | | | | | | |
| INSPECCIÓN | □ | 1 | | | | | | | |
| DEMORA | ▷ | 0 | | | | | | | |
| ALMACENAJE | ▽ | 0 | | | | | | | |
| TOTAL | | 5 | | | | | | | |

Anexo 10. Cursograma analítico, proceso de rebobinado propuesto

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | OPERARIO | MATERIAL | EQUIPO | | | | |
|-------------------------------|--|----------------|-------------------------|------------|--------|-----------|---|---|--|
| MÉTODO: | ACTUAL | REALIZADO POR: | Bryan Chimborazo | HOJA: | 2 de 5 | | | | |
| PRODUCTO: | Resistencia tipo cartucho | APROBADO POR: | Ing. Víctor Guachimbosa | DIAGRAMA: | 1 | | | | |
| PROCESO: | Rebobinado | RESPONSABLE: | Jefe de Producción | | | | | | |
| LUGAR: | | FECHA: | 20/06/2022 | | | | | | |
| Identificación de actividades | | Distancia (m) | Tiempo (min) | SÍMBOLO | | | | | Observaciones |
| Nº | Descripción | | | ○ | ⇒ | □ | ▷ | ▽ | |
| 1 | Trasladar al área de rebobinado | 0.7 | 1.17 | ● | | | | | |
| 2 | Colocar el carrete de alambre ferroníquel en la rebobinadora | | 5.50 | ● | | | | | De acuerdo con la potencia de la resistencia requerida |
| 3 | Programar bobinado | | 2.57 | ● | | | | | |
| 4 | Colocar la varilla de cerámica | | 1.01 | ● | | | | | |
| 5 | Realizar el rebobinado | | 1.35 | ● | | | | | |
| 6 | Conectar terminales | | 2.54 | ● | | | | | |
| ACTIVIDAD | | ACTUAL | | TIEMPO: | | 14.14 min | | | |
| OPERACIÓN | ○ | 5 | | DISTANCIA: | | 0.7 m | | | |
| TRANSPORTE | ⇒ | 1 | | | | | | | |
| INSPECCIÓN | □ | 0 | | | | | | | |
| DEMORA | ▷ | 0 | | | | | | | |
| ALMACENAJE | ▽ | 0 | | | | | | | |
| TOTAL | | 6 | | | | | | | |

Anexo 11. Cursograma analítico, proceso de compactado propuesto

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | OPERARIO | MATERIAL | EQUIPO | | | | |
|-------------------------------|---|----------------|-------------------------|------------|--------|-----------|---|---|--|
| MÉTODO: | ACTUAL | REALIZADO POR: | Bryan Chimborazo | HOJA: | 3 de 5 | | | | |
| PRODUCTO : | Resistencia tipo cartucho | APROBADO POR: | Ing. Víctor Guachimbosa | DIAGRAMA: | 1 | | | | |
| PROCESO: | Compactado | RESPONSABLE: | Jefe de Producción | | | | | | |
| LUGAR: | | FECHA: | 20/06/2022 | | | | | | |
| Identificación de actividades | | Distancia (m) | Tiempo (min) | SÍMBOLO | | | | | Observaciones |
| N° | Descripción | | | ○ | ⇒ | □ | ▷ | ▽ | |
| 1 | Introducir la varilla de cerámica bobinada en el tubo de acero inoxidable | | 0.46 | ● | | | | | |
| 2 | Rellenar el tubo con óxido de magnesio. | | 4.92 | ● | | | | | Comprimir para que el óxido de magnesio quede sin espacios huecos. |
| 3 | Colocar la tapa superior | | 1.51 | ● | | | | | |
| 4 | Comprobar la potencia de la resistencia | | 1.17 | ● | | | | | |
| 5 | Trasportar el material a la maquina compactadora | 0.6 | 0.57 | ● | | | | | |
| 6 | Compactar la resistencia | | 2.69 | ● | | | | | Empleando la máquina compactadora. |
| 7 | Limpiar la resistencia. | | 1.36 | ● | | | | | |
| ACTIVIDAD | | ACTUAL | | TIEMPO: | | 12.68 min | | | |
| OPERACIÓN | ○ | 5 | | DISTANCIA: | | 0.6 m | | | |
| TRANSPORTE | ⇒ | 1 | | | | | | | |
| INSPECCIÓN | □ | 1 | | | | | | | |
| DEMORA | ▷ | 0 | | | | | | | |
| ALMACENAJE | ▽ | 0 | | | | | | | |
| TOTAL | | 7 | | | | | | | |

Anexo 12. Cursograma analítico, proceso de medición propuesto

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | OPERARIO | MATERIAL | EQUIPO | | | | |
|-------------------------------|--|----------------|-------------------------|---|--------|-----------|---|---|--|
| MÉTODO: | ACTUAL | REALIZADO POR: | Bryan Chimborazo | HOJA: | 4 de 5 | | | | |
| PRODUCTO : | Resistencia tipo cartucho | APROBADO POR: | Ing. Víctor Guachimbosa | DIAGRAMA: | 1 | | | | |
| PROCESO: | Medición | RESPONSABLE: | Jefe de Producción | | | | | | |
| LUGAR: | | FECHA: | 17/3/2022 | | | | | | |
| Identificación de actividades | | Distancia (m) | Tiempo (min) | SÍMBOLO | | | | | Observaciones |
| Nº | Descripción | | | ○ | ⇒ | □ | ▷ | ▽ | |
| 1 | Trasladar la resistencia al área de medición | 0.5 | 0.58 | | | | | | |
| 2 | Conectar la resistencia a su voltaje de funcionamiento | | 3.30 | | | | | | De acuerdo con sus características 120V o 220V |
| 3 | Dejar en funcionamiento | | 10.00 | | | | | | Para descartar algún tipo de fallos |
| 4 | Esperar que se enfríe la resistencia | | 6.42 | | | | | | Para poder manipularla |
| 5 | Transportar la resistencia al área de terminado | 0.4 | 0.90 | | | | | | |
| ACTIVIDAD | | ACTUAL | | TIEMPO: | | 11.20 min | | | |
| OPERACIÓN | ○ | 1 | | DISTANCIA: | | 0.9 m | | | |
| TRANSPORTE | ⇒ | 2 | | El tiempo de la actividad 3 no se considera para el tiempo de ciclo debido a que el operario realiza otras actividades productivas mientras se deja la resistencia en funcionamiento. | | | | | |
| INSPECCIÓN | □ | 0 | | | | | | | |
| DEMORA | ▷ | 2 | | | | | | | |
| ALMACENAJE | ▽ | 0 | | | | | | | |
| TOTAL | | 5 | | | | | | | |

Anexo 13. Cursograma analítico, proceso de terminado propuesto

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | OPERARIO | MATERIAL | EQUIPO | | | | |
|-------------------------------|---|----------------|-------------------------|------------|--------|-----------|---|---|---------------|
| MÉTODO: | ACTUAL | REALIZADO POR: | Bryan Chimborazo | HOJA: | 5 de 5 | | | | |
| PRODUCTO: | Resistencia tipo cartucho | APROBADO POR: | Ing. Víctor Guachimbosa | DIAGRAMA: | 1 | | | | |
| PROCESO: | Compactado | RESPONSABLE: | Jefe de Producción | | | | | | |
| LUGAR: | | FECHA: | 17/3/2022 | | | | | | |
| Identificación de actividades | | Distancia (m) | Tiempo (min) | SÍMBOLO | | | | | Observaciones |
| Nº | Descripción | | | ○ | ⇒ | □ | ◻ | ▽ | |
| 1 | Colocar tapa metálica en el extremo inferior | | 7.12 | ● | | | | | |
| 2 | Trasladarse al estante para tomar el zirconio | | 0.36 | | ● | | | | |
| 3 | Preparar el cemento de circonio | 0.6 | 4.08 | ● | | | | | |
| 4 | Colocar el cemento en el extremo superior de la resistencia | | 1.18 | ● | | | | | |
| 5 | Dejar en reposo hasta que se seque el cemento | | 18.00 | | | | | ● | |
| 6 | Trasladar a la máquina remachadora | 0.5 | 0.53 | | ● | | | | |
| 7 | Remachar cables de alta temperatura para los terminales | | 2.04 | ● | | | | | |
| 8 | Prueba de funcionamiento | | 1.15 | | | | | ● | |
| 9 | Conexión con el megger | | 3.81 | ● | | | | | |
| 10 | Almacenamiento | | 1.57 | | | | | ● | |
| ACTIVIDAD | | ACTUAL | | TIEMPO: | | 39.84 min | | | |
| OPERACIÓN | ○ | 5 | | DISTANCIA: | | 1.1 m | | | |
| TRANSPORTE | ⇒ | 2 | | | | | | | |
| INSPECCIÓN | □ | 1 | | | | | | | |
| DEMORA | ◻ | 1 | | | | | | | |
| ALMACENAJE | ▽ | 1 | | | | | | | |
| TOTAL | | 10 | | | | | | | |

Anexo 14. Manual de procedimientos

| | | |
|---|-------------------------------------|------------------------|
|  | TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA | Código: TESLA-MPRTC |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 1 de 30 |

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA FABRICACIÓN DE
RESISTENCIAS ELÉCTRICAS INDUSTRIALES TIPO CARTUCHO**



| | | |
|----------------|---------------|---------------|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
| | | Código: |

| | | |
|---|---|--------------------|
|  | <p style="text-align: center;">TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA</p> | TESLA-MPRTC |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 2 de 30 |

Índice de Contenidos

| | |
|----------------------------------|----|
| Portada..... | 1 |
| Introducción..... | 3 |
| Objetivo..... | 4 |
| Alcance..... | 4 |
| Procedimiento de Corte..... | 5 |
| Procedimiento de Rebobinado..... | 11 |
| Procedimiento de Compactado..... | 16 |
| Procedimiento de Medición..... | 21 |
| Procedimiento de Terminado..... | 25 |

| | | |
|---|---|--------------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA</p> | <p>Código: TESLA-MPRTC</p> |
| | | <p>Versión: 0.0</p> |
| | | <p>Página: 3 de 30</p> |

INTRODUCCIÓN

Tesla Electricidad y Electrónica es una empresa orgullosamente ambateña fundada por el ingeniero Byron Escalante, dedicada a la distribución y comercialización de equipos eléctricos y electrónicos desde el año 2010. Con el pasar de los años esta organización ha ido aprovechando todas las oportunidades que se le han presentado, de modo que en la actualidad se encuentra bien posicionada dentro del mercado local y nacional. Por otra parte, esta empresa ha ido ganando notoriedad en su sector comercial; lo que ha provocado la necesidad de adquirir tecnologías, equipos y maquinaria de vanguardia para implementarlas dentro de sus procesos productivos.

En la actualidad la empresa cuenta con varias sucursales dentro de la provincia de Tungurahua específicamente en los cantones Ambato y Píllaro. Por otra parte es mayormente conocida por la fabricación de resistencias eléctricas industriales bajo las especificaciones que sus clientes demanden.

La finalidad de este manual de procedimientos es la de plasmar de forma sistemática, secuencial y estandarizada las operaciones del proceso de fabricación de resistencias eléctricas industriales tipo cartucho.

Es de importancia mencionar que este manual de procedimientos debe ser revisado y actualizado periódicamente.

| | | |
|---|---|--------------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA</p> | <p>Código: TESLA-MPRTC</p> |
| | | <p>Versión: 0.0</p> |
| | | <p>Página: 4 de 30</p> |

OBJETIVO

El propósito de este manual es el de brindar a los operarios de la empresa Tesla Electricidad y Electrónica una guía adecuada y estructurada para el desarrollo de las actividades para la fabricación de resistencias eléctricas industriales tipo cartucho, de modo que se pueda estandarizar el proceso y se eviten algún tipo de variabilidades.

ALCANCE

El presente documento tiene la finalidad de diseñar y/o validar una herramienta de trabajo que se constituya por todos los procesos relacionados con la fabricación de resistencias eléctricas industriales tipo cartucho.

Este manual se centra en la línea de producción de resistencias tipo cartucho de la empresa Tesla Electricidad y Electrónica, desde la etapa de corte hasta el proceso de terminado.

| | | |
|---|--|--------------------------|
|  | TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA PROCEDIMIENTO DE CORTE | Código: TESLA-PRTC-01 |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 5 de 30 |

1. Objetivo

Realizar la selección de los elementos que constituyen el cuerpo de las resistencias eléctricas industriales tipo cartucho, a través del cálculo de la potencia requerida de estas.

2. Alcance

El presente procedimiento es aplicable únicamente para el proceso productivo de la empresa Tesla Electricidad y Electrónica; el proceso inicia con la selección del tubo de acero inoxidable y de la varilla de cerámica hasta el cálculo de la potencia requerida de la resistencia y la selección del alambre de ferroníquel.

3. Glosario de términos

Procedimiento: documentación que detalla la forma en la que se debe ejecutar una actividad específica.

Tubo de acero inoxidable: es el elemento que constituye la parte exterior o el recubrimiento de la resistencia. Representa el cuerpo exterior de la resistencia, es decir, el elemento que estará en contacto directo con el proceso para la transferencia de energía

Varilla de cerámica: es el núcleo de la resistencia, en que se realiza el bobinado del alambre de ferroníquel. Su selección depende el cálculo realizado en base a la potencia requerida por los clientes.

Alambre de ferroníquel: alambre continuo que suministran la energía calorífica al pasar por ellas una corriente eléctrica.

Potencia requerida: es el valor de potencia desea por los clientes, varía de acuerdo con el voltaje y funcionalidad a la que está destinada resistencia.

| | | |
|---|--|--------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA PROCEDIMIENTO DE CORTE</p> | Código: TESLA-PRTC-01 |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 6 de 30 |

4. Responsabilidades

Jefe de producción: encargo de la planificación y control de la producción de acuerdo con las órdenes y demanda de los clientes.

Operario: persona responsable de la selección de los materiales: tubo de acero inoxidable y varilla de cerámica. Además, se encargará de la selección del alambre de ferroníquel de acuerdo con los calculo realizados.

5. Descripción del procedimiento

| | | |
|---|--|--------------------------|
|  | TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA PROCEDIMIENTO DE CORTE | Código: TESLA-PRTC-01 |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 7 de 30 |

| N° | Actividad | Tiempo [min] | Descripción | Responsable |
|----|--|--------------|--|-------------|
| 1 | Selección de tubo de acero inoxidable y de varilla de cerámica | 2.59 | En esta fase el operario se encarga de seleccionar las partes que constituyen el cuerpo de la resistencia, en el caso de ser necesario, el operario deberá pulir algún tipo de imperfección. | Operario |
| 2 | Trasladar a la mesa de trabajo los materiales (varilla y tubo) | 4.15 | | Operario |
| 3 | Calculo y comparación de la potencia requerida | 6.19 | El operario considera los datos como: el voltaje de funcionamiento, longitud del tubo; para esto el operario emplea las fórmulas expuestas en el apartado 6 de este procedimiento. | Operario |
| 4 | Trasladar a la mesa de trabajo para elegir el alambre de ferroníquel | 1.98 | En esta mesa de trabajo el operario compara los valores obtenidos mediante el cálculo con la potencia nominal del alambre de ferroníquel | Operario |
| 5 | Colocar la tapa inferior en el tubo | 3.12 | Para formar el cuerpo de la resistencia | Operario |

6. Anexos

Anexo 1: Formulas empleadas para el cálculo

Capacidad máxima soportada por el tubo:

$$Potencia_{m\acute{a}xima} = \pi \times \phi_{tubo} \times longitud_{tubo} \times 6 \frac{w}{cm^2} [W]$$

Selección de alambre ferroníquel

$$Resistencia = \frac{Voltaje\ de\ funcionamiento^2}{Potencia_{m\acute{a}xima}} + 6\Omega [\Omega]$$

$$Intensidad = \frac{Voltaje\ de\ funcionamiento}{Resistencia} [A]$$

Con el Amperaje calculado el operario realiza una comparación de valores con la última columna del Anexo 2 para seleccionar el alambre de ferroníquel adecuado.

| | | |
|---|--|--------------------------|
|  | TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA PROCEDIMIENTO DE CORTE | Código: TESLA-PRTC-01 |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 8 de 30 |

Anexo 2: Tabla de valores de alambre ferroníquel

| Diámetro en m/m | Sección m/m ² | Ohmios por Metro $\Omega *m=\rho$ | Gramos por metro | Intensidad máxima En Amperios a: 800° c |
|-----------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------|---|
| 3 | 7 | 0,166 | 36 | 65,4 |
| 2,5 | 4,88 | 0,20 | 29 | 56,2 |
| 2 | 3,14 | 0,33 | 26,7 | 45,3 |
| 1,6 | 2,10 | 0,53 | 16 | 32,4 |
| 1,3 | 1,31 | 0,83 | 10 | 23,4 |
| 1,15 | 1,04 | 1,10 | 8,35 | 19,8 |
| 1 | 0,78 | 1,35 | 6,6 | 16,8 |
| 0,9 | 0,64 | 1,67 | 5,2 | 14,2 |
| 0,8 | 0,50 | 2,12 | 4,23 | 12 |
| 0,72 | 0,408 | 2,67 | 3,34 | 10,20 |
| 0,64 | 0,32 | 3,38 | 2,64 | 8,65 |
| 0,57 | 0,25 | 4,24 | 2,10 | 7,33 |
| 0,51 | 0,204 | 5,36 | 1,67 | 6,20 |
| 0,45 | 0,159 | 6,76 | 1,33 | 5,27 |
| 0,40 | 0,125 | 8,57 | 1,02 | 4,47 |
| 0,36 | 0,102 | 10,74 | 0,84 | 3,80 |
| 0,32 | 0,08 | 13,64 | 0,65 | 3,23 |
| 0,28 | 0,06 | 16,95 | 0,52 | 2,71 |
| 0,25 | 0,049 | 21,65 | 0,41 | 2,30 |
| 0,22 | 0,038 | 27,33 | 0,326 | 1,95 |
| 0,20 | 0,031 | 33,82 | 0,263 | 1,66 |
| 0,16 | 0,02 | 54,52 | 0,164 | 1,18 |
| 0,12 | 0,011 | 86,59 | 0,100 | 0,85 |
| 0,1 | 0,007 | 135,26 | 0,067 | 0,613 |
| 0,08 | 0,005 | 240,53 | 0,037 | 0,439 |

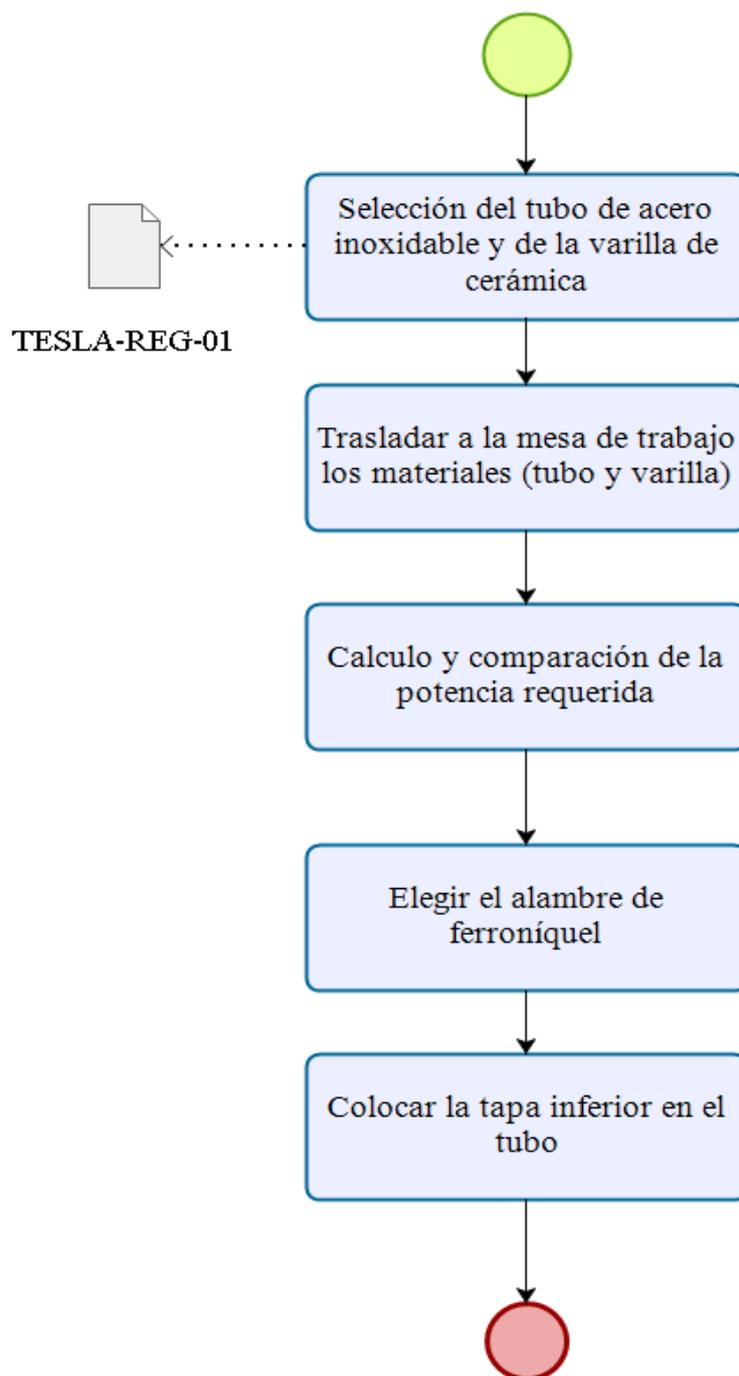
Anexo 3: Longitud requerida del alambre ferroníquel

$$Longitud_{alambre} = \frac{Resistencia}{Resistividad (\rho)} [m]$$

El valor de la resistividad se obtiene de la tercera columna del Anexo 2

| | | |
|---|--|--------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA PROCEDIMIENTO DE CORTE</p> | Código: TESLA-PRTC-01 |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 9 de 30 |

Anexo 4: Diagrama de flujo



| | | |
|---|--|--------------------------|
|  | TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA PROCEDIMIENTO DE CORTE | Código: TESLA-PRTC-01 |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 10 de 30 |

Anexo 5. Registro de orden de pedido del cliente

|  | ORDEN DE PEDIDO DEL CLIENTE | CÓDIGO: TESLA-REG-01 | | | |
|---|--|-------------------------|--------------------|----------|---------------|
| | | VERSIÓN: 0.0 | | | |
| Autorizado por: Responsable:..... | | | | | |
| Nº | Cliente | Fecha de entrega | Potencia requerida | Cantidad | Observaciones |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

7. Indicadores

| Nombre | Expresión | Frecuencia | Responsable |
|-----------------------|---|------------|--------------------|
| Nivel de cumplimiento | $\frac{N^{\circ} \text{ de ordenes de producción atendidas}}{N^{\circ} \text{ de ordenes de produccion recibidas}}$ | Semanal | Jefe de producción |

8. Control de cambios

| Versión | Descripción del cambio | Fecha de actualización |
|---------|------------------------|------------------------|
| | | |

| | | |
|---|---|--------------------------|
|  | TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA PROCEDIMIENTO DE REBOBINADO | Código: TESLA-PRTC-02 |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 11 de 30 |

1. Objetivo

Realizar el bobinado del alambre ferroníquel en la varilla de cerámica, mediante el uso de la máquina bobinadora.

2. Alcance

El presente procedimiento es aplicable únicamente para el proceso productivo de la empresa Tesla Electricidad y Electrónica; el proceso inicia con la colocación del carrete del alambre seleccionado en la máquina rebobinadora hasta la conexión de los terminales a la bobina.

3. Glosario de términos

Procedimiento: documentación que detalla la forma en la que se debe ejecutar una actividad específica.

Carrete: elemento plástico, generalmente hueco y con discos en sus bases que sirve para enrollar cables, cuerdas o alambres.

Alambre de ferroníquel: alambre continuo que suministran la energía calorífica al pasar por ellas una corriente eléctrica.

Bobina: o también denominada inductor, es un espiral de alambre enrollado y su función es la de almacenar energía en forma de campo magnético.

Máquina rebobinadora: dispositivo programable que facilita la realización de un bobinado de forma automática.

Terminales: alambres de 4mm que se conectan a los extremos de la bobina y sirve para la conexión de los cables de alimentación eléctrica.

| | | |
|---|---|--------------------------|
|  | TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA PROCEDIMIENTO DE REBOBINADO | Código: TESLA-PRTC-02 |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 12 de 30 |

4. Responsabilidades

Jefe de producción: encargo de la planificación y control de la producción de acuerdo con las órdenes y demanda de los clientes.

Operario: persona responsable de llevar a cabo el correcto bobinado de la varilla de cerámica con el alambre de ferroníquel y de la conexión de los terminales.

5. Descripción del procedimiento

| N° | Actividad | Tiempo [min] | Descripción | Responsable |
|----|--|-------------------------------------|--|--------------------------|
| 1 | Trasladar al área de rebobinado | 1.17 | El operario traslada la varilla de cerámica y el carrete del alambre de ferroníquel seleccionado. | Operario |
| 2 | Colocar el carrete de alambre ferroníquel en la rebobinadora | 5.50 | El operador se encarga de colocar el carrete del alambre de ferroníquel en la máquina. | Operario |
| 3 | Programar bobinado | 2.57 | El operario programa la máquina rebobinadora de tal manera que se cumpla con el número de vueltas calculado, véase el Anexo 1 de este procedimiento. | Operario |
| 4 | Colocar la varilla de cerámica en la máquina | 1.01 | El operario coloca la varilla de ferroníquel en la máquina de tal manera que esta se encuentre alineada. | Operario |
| | | TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA | | Código: TESLA-PRTC-02 |

| | | |
|---|------------------------------------|---------------------|
|  | PROCEDIMIENTO DE REBOBINADO | Versión: 0.0 |
| | | Página: 13 de 30 |

| | | | | |
|---|------------------------|------|---|----------|
| 5 | Realizar el rebobinado | 1.35 | El operario activa la máquina y se procede a rebobinar la varilla de cerámica. | Operario |
| 6 | Conectar terminales | 2.54 | El operario toma los terminales del estante de insumos y los conecta a los extremos de la bobina. | Operario |

6. Anexos

Anexo 1: Calculo del número de vueltas para el bobinado

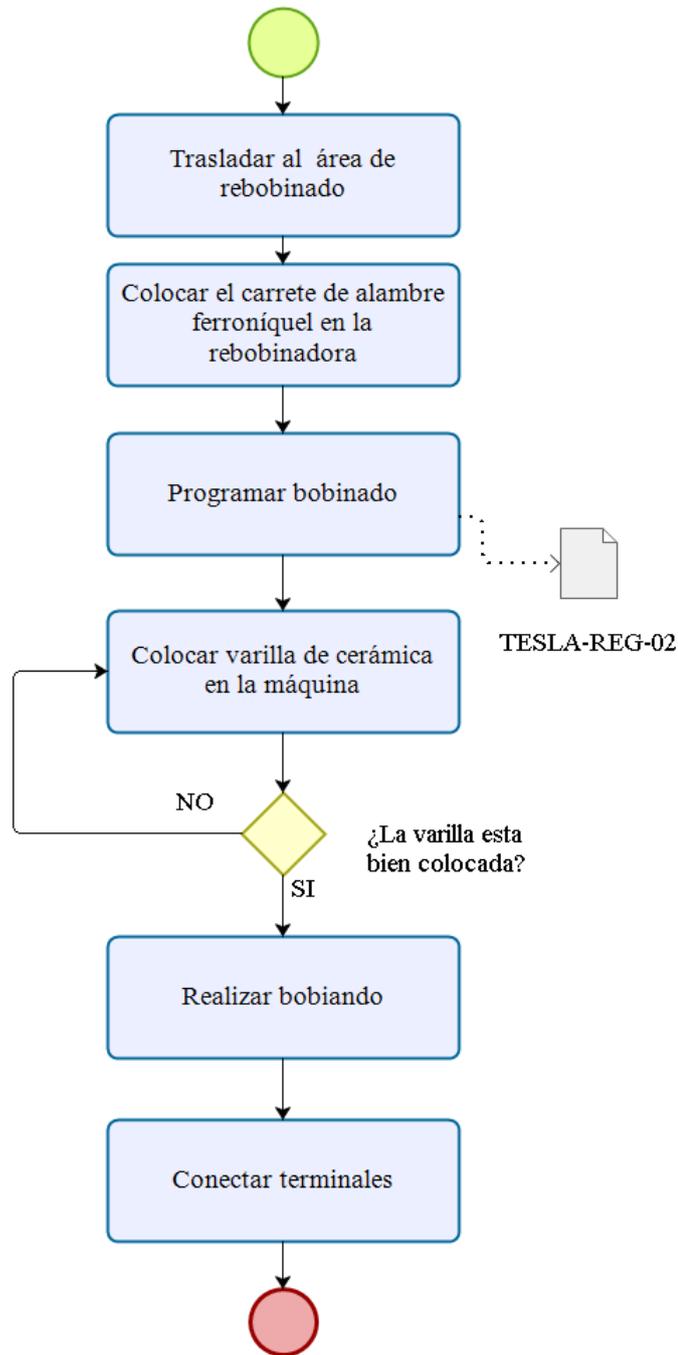
$$\text{Número de vueltas}_{\text{bobinado}} = \frac{\text{Longitud de la bobina [cm]}}{\text{diámetro del alambre [cm]}}$$

Anexo 2: Registro de unidades bobinadas

|  | UNIDADES BOBINADAS | CÓDIGO: TESLA-REG-02 | | | |
|---|---------------------------|----------------------------|--------------------------------|--|------------------------------------|
| | | VERSIÓN: 0.0 | | | |
| Responsable:..... | | | | | |
| Nº | Cliente | Potencia de la resistencia | Calibre de alambre ferroníquel | Intensidad soportada por alambre ferroníquel | Numero de vueltas para el bobinado |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | |
|---|--------------------------|
| TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA | Código: TESLA-PRTC-02 |
|---|--------------------------|

Anexo 3: Diagrama de flujo



| | | |
|--|--------------------------------|---------------------|
| | PROCEDIMIENTO DE REBOBINADO | 0.0 |
| | | Página: 15 de 30 |

7. Indicadores

| Nombre | Expresión | Frecuencia | Responsable |
|---------------------------|---|------------|--------------------|
| Nivel de cumplimiento | $\frac{N^{\circ} \text{ de ordenes de producción atendidas}}{N^{\circ} \text{ de ordenes de produccion recibidas}}$ | Semanal | Jefe de producción |
| Eficiencia del rebobinado | $\frac{N^{\circ} \text{ de bobinados con fallo}}{N^{\circ} \text{ de bobinados realizados}} \times 100$ | Diario | Jefe de producción |

8. Control de cambios

| Versión | Descripción del cambio | Fecha de actualización |
|---------|------------------------|------------------------|
| | | |

| | | |
|--|---|--------------------------|
| | TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA | Código: TESLA-PRTC-03 |
|--|---|--------------------------|

| | | |
|---|--|---------------------|
|  | PROCEDIMIENTO DE COMPACTADO | Versión: 0.0 |
| | | Página: 16 de 30 |

1. Objetivo

Efectuar el compactado de las resistencias eléctricas industriales, mediante la aplicación de óxido de magnesio y con la ayuda de la máquina compactadora para maximizar el aislamiento y la conductividad térmica.

2. Alcance

El presente procedimiento es aplicable únicamente para el proceso productivo de la empresa Tesla Electricidad y Electrónica; el proceso empieza con la introducción de la varilla de cerámica bobinada al interior del tubo de acero inoxidable y termina con compactación y limpieza de la resistencia.

3. Glosario de términos

Procedimiento: documentación que detalla la forma en la que se debe ejecutar una actividad específica.

Oxido de magnesio: elemento químico empleado como material de aislamiento eléctrico.

Multímetro: dispositivo electrónico para medir variables eléctricas, y en este caso resistencia.

Máquina compactadora: máquina con la que se realiza el compactado de las resistencias eléctricas industriales.

Compactado: medio por el cual se maximiza el aislamiento y la conductividad térmica. Cuando el aislamiento es altamente compactado se maximiza la transferencia de energía.

| | | |
|--|-------------------------------------|--------------------------|
| | TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA | Código: TESLA-PRTC-03 |
|--|-------------------------------------|--------------------------|

| | | |
|---|--|---------------------|
|  | PROCEDIMIENTO DE COMPACTADO | Versión: 0.0 |
| | | Página: 17 de 30 |

4. Responsabilidades

Jefe de producción: encargo de la planificación y control de la producción de acuerdo con las órdenes y demanda de los clientes.

Operario: persona responsable de realizar el relleno de las resistencias con oxido de magnesio y de la ejecución de su respectivo compactado.

5. Descripción del procedimiento

| N° | Actividad | Tiempo [min] | Descripción | Responsable |
|----|--|--------------|---|-------------|
| 1 | Introducir la varilla bobinada dentro del tubo de acero inoxidable | 0.46 | De tal manera que la varilla de cerámica quede centrada dentro del tubo de acero inoxidable. | Operario |
| 2 | Rellenar el tubo con oxido de magnesio | 4.92 | Llenar el óxido de magnesio y comprimirlo de tal manera que no queden espacios de aire. | Operario |
| 3 | Colocar la tapa superior | 1.51 | El operario coloca la tapa plástica para contener el óxido de magnesio dentro de la resistencia. | Operario |
| 4 | Comprobar el valor de ohmios de la resistencia | 1.17 | Con ayuda del multímetro el operario mide el valor resistencia que arroja el elemento construido (resistencia). | Operario |
| 5 | Trasladar la resistencia a la compactadora | 0.57 | | Operario |

| | | |
|--|---|--------------------------|
| | TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA | Código: TESLA-PRTC-03 |
|--|---|--------------------------|

| | | |
|---|--|---------------------|
|  | PROCEDIMIENTO DE COMPACTADO | Versión: 0.0 |
| | | Página: 18 de 30 |

| | | | | |
|---|--------------------------------------|------|--|----------|
| 6 | Comprimir la resistencia (compactar) | 2.69 | Introducir la resistencia en la máquina compactadora. | Operario |
| 7 | Limpiar resistencia | 1.36 | El operario retira la grasa que se ha anexada a la resistencia debido al uso de la máquina para su compactación. | Operario |

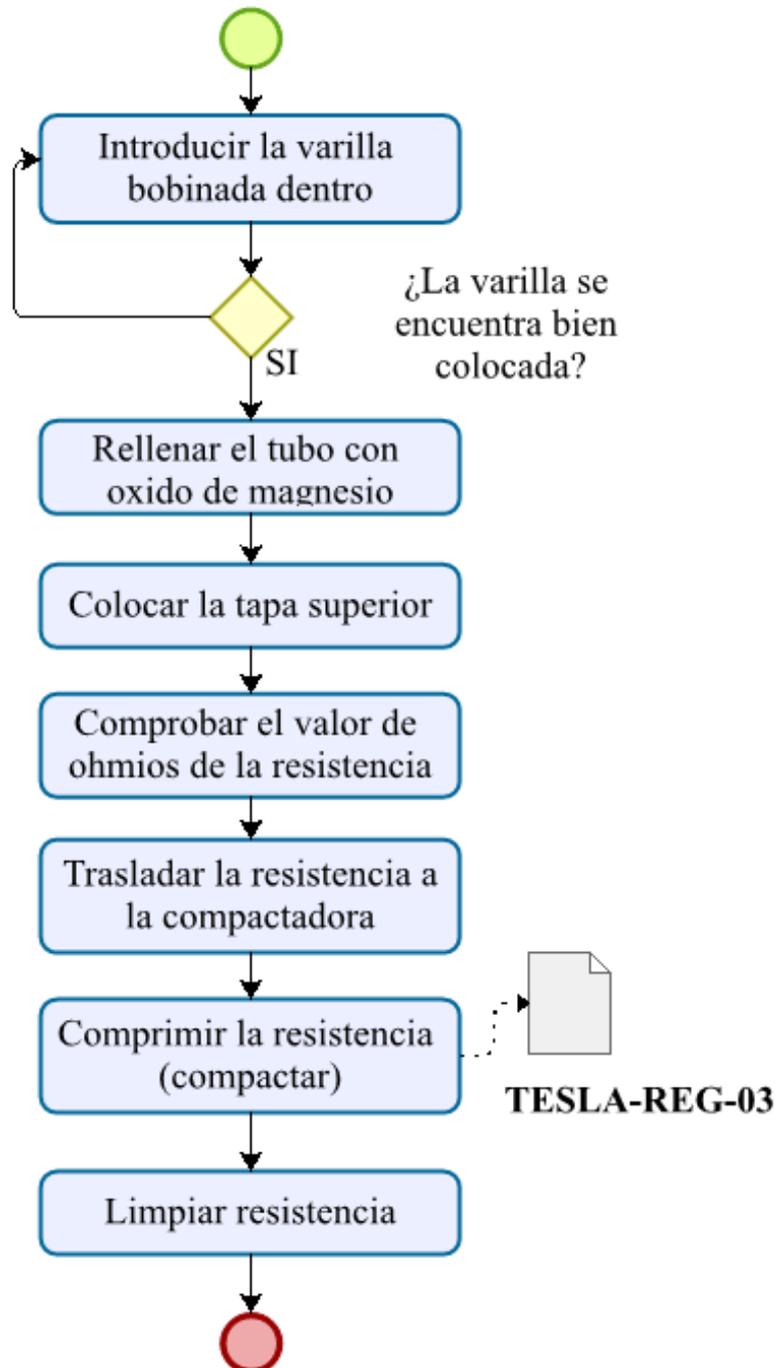
6. Anexos

Anexo 1: Registro de unidades compactadas

|  | UNIDADES COMPACTADAS | CÓDIGO: TESLA-REG-03 | | |
|---|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------|
| | | VERSIÓN: 0.0 | | |
| Responsable:..... | | | | |
| Nº | Cliente | Cantidad de óxido de magnesio | Valor de resistencia [Ω] | Observaciones |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| | | |
|--|---|--------------------------|
| | TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA | Código: TESLA-PRTC-03 |
|--|---|--------------------------|

Anexo 2: Diagrama de flujo



| | | |
|---|---|--------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA PROCEDIMIENTO DE COMPACTADO</p> | Código: TESLA-PRTC-03 |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 20 de 30 |

7. Indicadores

| Nombre | Expresión | Frecuencia | Responsable |
|----------------------------|--|------------|--------------------|
| Rendimiento del compactado | $\frac{N^{\circ} \text{ de resistencias compactadas}}{N^{\circ} \text{ resistencias totales}} \times 100$ | Semanal | Jefe de producción |
| Porcentaje de reprocesos | $\frac{N^{\circ} \text{ de resistencias con fallos}}{N^{\circ} \text{ resistencias compactadas}} \times 100$ | Semanal | Jefe de producción |

8. Control de cambios

| Versión | Descripción del cambio | Fecha de actualización |
|---------|------------------------|------------------------|
| | | |

| | | |
|---|---|--------------------------|
|  | TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN | Código: TESLA-PRTC-04 |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 21 de 30 |

1. Objetivo

Conectar la resistencia eléctrica industrial tipo cartucho a su voltaje de funcionamiento, con el propósito de descartar algún tipo de fallo.

2. Alcance

El presente procedimiento es aplicable únicamente para el proceso productivo de la empresa Tesla Electricidad y Electrónica; el proceso empieza el traslado de la resistencia al área de medición hasta su conexión con su voltaje de funcionamiento.

3. Glosario de términos

Procedimiento: documentación que detalla la forma en la que se debe ejecutar una actividad específica.

Voltaje de funcionamiento: es el voltaje de alimentación al que esta destina las resistencias y puede ser 120V o 220V dependiendo del requerimiento del cliente.

Multímetro: dispositivo electrónico para medir variables eléctricas, y en este caso potencia y resistencia.

Potencia: La potencia en una resistencia es el producto del voltaje entre sus extremos y la corriente que circula por ella. La unidad de potencia es el Watt (W). Un watt es la cantidad de energía de 1 Joule transferida durante 1 segundo.

Resistencia: La resistencia es una medida de la oposición al flujo de corriente en un circuito eléctrico. La resistencia se mide en ohmios [Ω].

4. Responsabilidades

Jefe de producción: encargo de la planificación y control de la producción de acuerdo con las órdenes y demanda de los clientes.

| | | |
|---|---|--------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN</p> | Código: TESLA-PRTC-04 |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 22 de 30 |

Operario: es el encargado de conectar la resistencia eléctrica industrial tipo cartucho a su voltaje de funcionamiento, siendo este 120V o 220V.

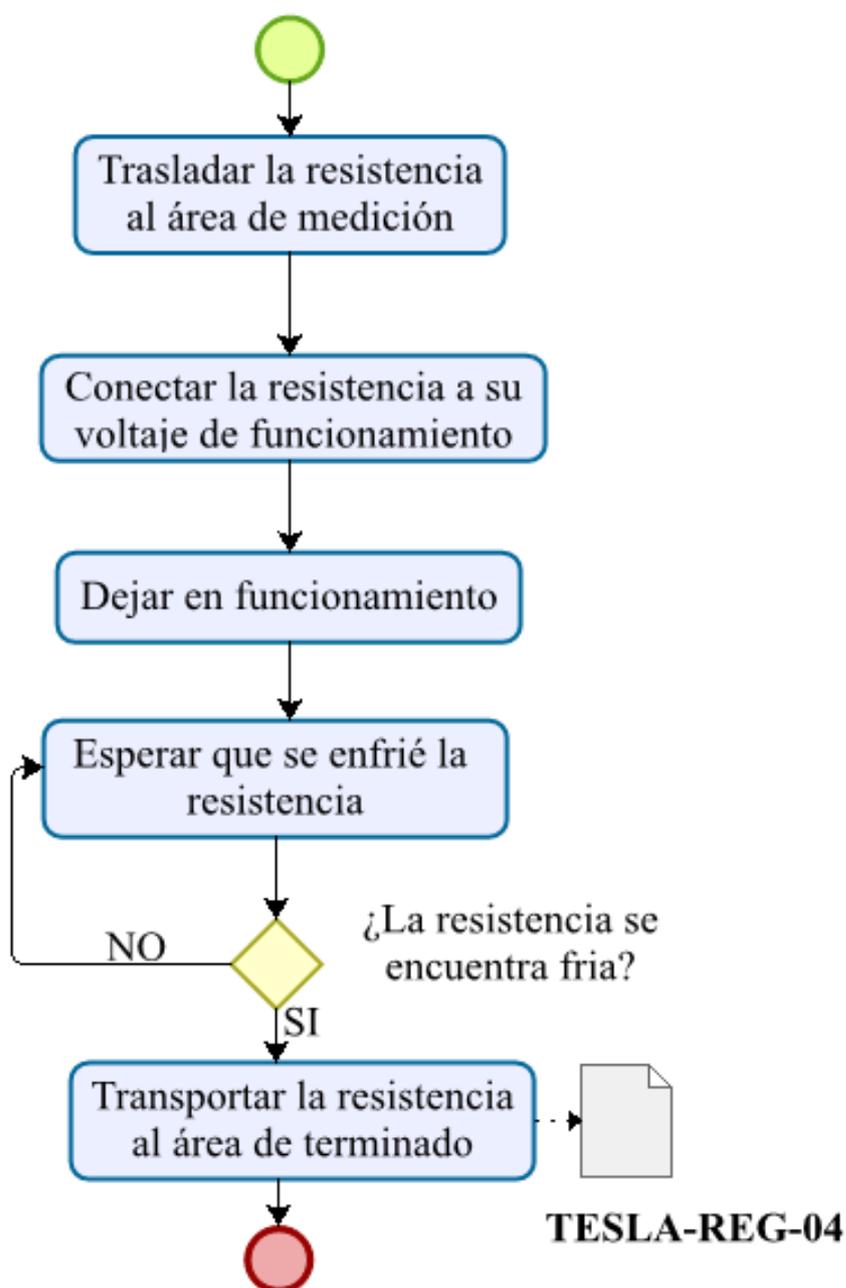
5. Descripción del procedimiento

| N° | Actividad | Tiempo [min] | Descripción | Responsable |
|----|--|--------------|---|-------------|
| 1 | Trasladar la resistencia al área de medición | 0.58 | | Operario |
| 2 | Conectar la resistencia a su voltaje de funcionamiento | 3.30 | El operario conecta la resistencia al voltaje de funcionamiento 120V o 220V. | Operario |
| 3 | Dejar en funcionamiento | 10.00 | Mientras la resistencia está en funcionamiento el operario con ayuda de un multímetro mide la potencia y el valor de ohmios. | Operario |
| 4 | Esperar que se enfríe la resistencia | 6.42 | Se debe dejar enfriar la resistencia para poder manipularla. | Operario |
| 5 | Transportar la resistencia al área de terminado | 0.90 | Una vez realizada la medición el operario moviliza la resistencia a la mesa de trabajo para realizar el terminado del producto. | Operario |

| | | |
|---|---|--------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN</p> | Código: TESLA-PRTC-04 |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 23 de 30 |

6. Anexos

Anexo 1: Diagrama de flujo



| | | |
|---|---|--------------------------|
|  | TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN | Código: TESLA-PRTC-04 |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 24 de 30 |

Anexo 2: Registro unidades medidas

| | | |
|---|-------------------------|-------------------------|
|  | UNIDADES MEDIDAS | CÓDIGO: TESLA-REG-04 |
| | | VERSIÓN: 0.0 |

Responsable:.....

| Nº | Cliente | Cantidad de unidades medidas | Observaciones |
|----|---------|------------------------------|---------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

7. Indicadores

| Nombre | Expresión | Frecuencia | Responsable |
|----------------------------|--|------------|--------------------|
| Rendimiento de la medición | $\frac{N^{\circ} \text{ de resistencias medidas}}{N^{\circ} \text{ resistencias totales}} \times 100$ | Semanal | Jefe de producción |
| Porcentaje de fallos | $\frac{N^{\circ} \text{ de resistencias no conformes}}{N^{\circ} \text{ resistencias totales}} \times 100$ | Diario | Jefe de producción |

8. Control de cambios

| Versión | Descripción del cambio | Fecha de actualización |
|---------|------------------------|------------------------|
| | | |

| | | |
|---|--|--------------------------|
|  | TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA PROCEDIMIENTO DE TERMINADO | Código: TESLA-PRTC-05 |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 25 de 30 |

1. Objetivo

Realizar el acondicionamiento y presentación final de las resistencias para su distribución.

2. Alcance

El presente procedimiento es aplicable únicamente para el proceso productivo de la empresa Tesla Electricidad y Electrónica; el proceso inicia con la colocación de la tapa metálica en el extremo inferior de la resistencia, pasando por las pruebas de funcionamiento finales y termina con el almacenamiento del producto fabricado.

3. Glosario de términos

Procedimiento: documentación que detalla la forma en la que se debe ejecutar una actividad específica.

Tapa metálica: recubrimiento metálico superior con el que se constituye en su totalidad el cuerpo de la resistencia, protege a la bobina y al óxido de magnesio del interior de la resistencia.

Cemento de zirconio: es un cemento a base de zirconio que se utiliza para aplicaciones de macetas, metal, vidrio y cerámica. Es fácil de usar, inodoro, conductor del calor, resistente a choques eléctricos y térmicos.

Máquina remachadora: dispositivo mecánico que sirve para colocar remache con el propósito de fijar elementos que no se deben desmontar. En este proceso productivo se utiliza para remachar los terminales con los cables de alta temperatura.

Cables de alta temperatura: son cables que se usan normalmente en sistemas de que están sometidos a radiaciones de calor derivados de procesos industriales, por lo que es necesario que soporten altas temperaturas.

| | | |
|---|--|--------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA PROCEDIMIENTO DE TERMINADO</p> | Código: TESLA-PRTC-05 |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 26 de 30 |

Normalmente se usan en sistemas de calentamiento por resistencias eléctricas, hornos, máquinas, entre otros.

Megger: dispositivo empleado para medir en ohmios el comportamiento de la resistencia mientras funciona a corriente continua.

4. Responsabilidades

Jefe de producción: encargo de la planificación y control de la producción de acuerdo con las órdenes y demanda de los clientes.

Operario: responsable de realizar las operaciones de acabado y/o terminado de las resistencias eléctricas industriales tipo cartucho para su debida distribución.

5. Descripción del procedimiento

| N° | Actividad | Tiempo [min] | Descripción | Responsable |
|----|---|--------------|---|-------------|
| 1 | Colocar tapa metálica en el extremo inferior | 4.30 | El operario realiza esta actividad con mucha presión, de tal manera que la tapa quede bien sujeta al cuerpo de la resistencia. | Operario |
| 2 | Trasladarse al estante para tomar el zirconio | 0.44 | | Operario |
| 3 | Preparar el cemento de zirconio | 4.93 | El operario debe utilizar una mascarilla para proteger sus vías respiratorias y manipular el cemento con ayuda de una barra metálica. | Operario |

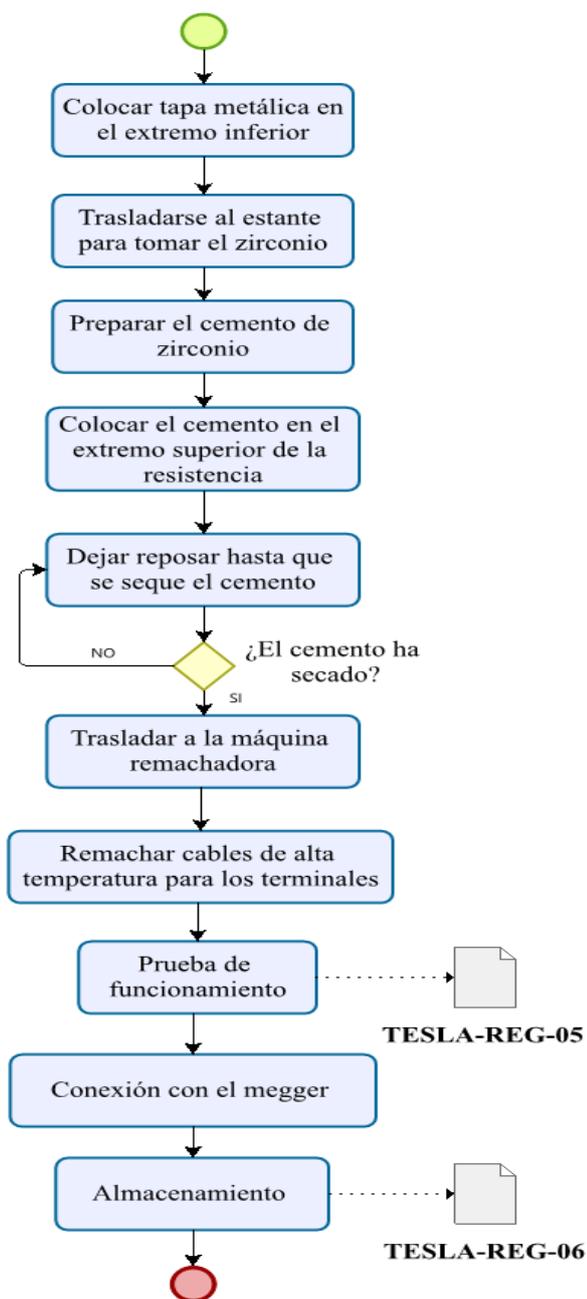
| | | |
|---|--|--------------------------|
|  | TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA PROCEDIMIENTO DE TERMINADO | Código: TESLA-PRTC-05 |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 27 de 30 |

| | | | | |
|----|---|-------|--|----------|
| 4 | Colocar el cemento en el extremo superior de la resistencia | 1.43 | | Operario |
| 5 | Dejar reposar hasta que se seque el cemento | 18.00 | Es necesario esperar que el cemento de zirconio se seque para que se adhiera al cuerpo de la resistencia. | Operario |
| 6 | Trasladar a la máquina remachadora | 0.65 | | Operario |
| 7 | Remachar cables de alta temperatura para los terminales | 2.47 | El operario debe realizar esta actividad con mucha presión, de modo que los cables de alta temperatura queden bien sujetos a los terminales. | Operario |
| 8 | Prueba de funcionamiento | 1.39 | El operario conecta la resistencia a su voltaje de funcionamiento y rápidamente mide sus potencia y resistencia. | Operario |
| 9 | Conexión con el megger | 4.60 | Con el propósito de evitar fallos y garantizar la calidad del producto final. | Operario |
| 10 | Almacenamiento | 1.90 | El operario coloca la resistencia en el estante de productos finales, para su posterior entrega a los clientes. | Operario |

| | | |
|---|--|--------------------------|
|  | TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA PROCEDIMIENTO DE TERMINADO | Código: TESLA-PRTC-05 |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 28 de 30 |

6. Anexos

Anexo 1: Diagrama de flujo



| | | |
|---|--|--------------------------|
|  | TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA PROCEDIMIENTO DE TERMINADO | Código: TESLA-PRTC-05 |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 29 de 30 |

Anexo 2: Registro de pruebas de funcionamiento

|  | PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO | CÓDIGO: TESLA-REG-05 | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| | | VERSIÓN: 0.0 | | |
| Responsable:..... | | | | |
| Nº | Tipo de resistencia | Potencia | Valor de resistencia [Ω] | Observaciones (fallos) |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Anexo 3: Registro de unidades terminadas

|  | UNIDADES TERMINADAS | CÓDIGO: TESLA-REG-06 | |
|---|----------------------------|-------------------------------------|---------------|
| | | VERSIÓN: 0.0 | |
| Responsable:..... | | | |
| Nº | Cliente | Cantidad de resistencias terminadas | Observaciones |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| | | |
|---|--|--------------------------|
|  | TESLA ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA PROCEDIMIENTO DE TERMINADO | Código: TESLA-PRTC-05 |
| | | Versión: 0.0 |
| | | Página: 30 de 30 |

7. Indicadores

| Nombre | Expresión | Frecuencia | Responsable |
|--|--|------------|--------------------|
| Rendimiento del producto terminado | $\frac{N^{\circ} \text{ de resistencias terminadas}}{N^{\circ} \text{ resistencias pedidas}} \times 100$ | Diario | Jefe de producción |
| Eficiencia de la resistencia terminada | $\frac{N^{\circ} \text{ de resistencias sin defectos}}{N^{\circ} \text{ resistencias pedidas}} \times 100$ | Diario | Jefe de producción |

8. Control de cambios

| Versión | Descripción del cambio | Fecha de actualización |
|---------|------------------------|------------------------|
| | | |