



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN,
TELECOMUNICACIONES E INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN

Tema:

**“MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE PULIDO EN LA
EMPRESA GUSMAR MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA AUTOMATIZADO A BAJO COSTO EN LA
FABRICACIÓN DE CALZADO.”**

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

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Sistemas de administración de la productividad y competitividad empresarial

AUTOR: Pérez Sánchez Jorge David

PROFESOR REVISOR: Ing. López Arboleda Jessica Paola Mg.

AMBATO – ECUADOR

Agosto 2019.

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Titulación sobre el tema: “MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE PULIDO EN LA EMPRESA GUSMAR MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO A BAJO COSTO EN LA FABRICACIÓN DE CALZADO.” del señor Jorge David Pérez Sánchez, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Tecnologías de la Información, Telecomunicaciones e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato agosto, 2019

EL TUTOR


.....
Ing. López Arboleda Jessica Paola Mg.

AUTORÍA DE TESIS

El presente Proyecto de Investigación titulado: “MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE PULIDO EN LA EMPRESA GUSMAR MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO A BAJO COSTO EN LA FABRICACIÓN DE CALZADO.”, es absolutamente original, personal y auténtico por lo que el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato agosto, 2019



Jorge David Pérez Sánchez

CC: 180418278-8

DERECHOS DEL 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, confines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato agosto, 2019

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a final flourish, positioned above a horizontal dotted line.

Jorge David Pérez Sánchez

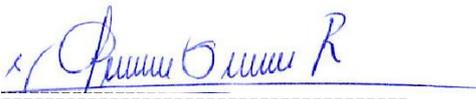
CC: 180418278-8

APROBACIÓN DE LA COMISION CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes calificadores, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE PULIDO EN LA EMPRESA GUSMAR MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO A BAJO COSTO EN LA FABRICACIÓN DE CALZADO.”, presentado por el señor Jorge David Pérez Sánchez, de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Ing. César Rosero Mantilla, Mg.
DOCENTE CALIFICADOR



Ing. Franklin Salazar Logroño, Mg
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA:

Este trabajo va dedicado principalmente para la gloria y la honra de Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita misericordia y amor.

A mis padres Jorge y Gladys por ser el pilar fundamental en este logro alcanzado, en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mis compañeros quienes estimo mucho, los cual me ha brindado su apoyo en todo momento e impulsado a seguir adelante, muchas gracias.

Jorge David Pérez Sánchez

AGRADECIMIENTO:

A Dios, por bendecirme y estar conmigo en cada momento de mi vida.

A mis padres, hermana y familiares por el constante apoyo brindado en todo momento, para que ahora este culminando este gran sueño anhelado.

A la Universidad Técnica de Ambato en especial a la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial porque en sus aulas me formé con grandes maestros y en donde conocí a grandes amigos.

A mi tutor Ing. López Jessica Mg. por ofrecerme su conocimiento y dedicación siendo un aporte fundamental para concluir el presente trabajo y estudios con éxito.

Jorge David Pérez Sánchez

ÍNDICE DE CONTENIDO.

Contenido

APROBACIÓN DEL TUTOR	I
AUTORÍA DE TESIS	II
DERECHOS DEL AUTOR.....	III
APROBACIÓN DE LA COMISION CALIFICADORA	IV
DEDICATORIA:.....	V
AGRADECIMIENTO:.....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XVI
ÍNDICE DE ANEXOS	XIX
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA.....	1
1.1. Tema	1
1.2. Planteamiento del Problema	1
1.3. Delimitación del Problema	3
1.4. Justificación.....	3
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. Objetivo general.....	4
1.5.2. Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes Investigativos.....	5

2.2. Conceptual	6
2.2.1. Proceso de producción.....	6
2.2.2. Indicadores de productividad.....	6
2.2.3. Lean Manufacturing.....	8
2.2.4. Estudio de tiempos.....	9
2.2.5. Diagramas de procedimientos.....	9
2.2.6. Control industrial	9
2.3. Fundamentación Teórica.....	9
2.3.1. Medición del trabajo	9
2.3.2. Técnicas de medición laboral	10
2.3.3. Estudio de tiempos con cronómetro	10
2.3.4. Método de lectura con retroceso á cero	11
2.3.5. Tamaño de la muestra	11
2.3.6. Valoración del ritmo	11
2.3.7. Tiempo Normal.....	12
2.3.8. Tiempo estándar.....	12
2.3.9. Cálculo de suplementos	12
2.3.10. Distribución de planta.....	14
2.3.11. Estudio de Métodos	15
2.3.12. Tipos de diagramas	16
2.3.13. Partes principales sistema automatizado	20
2.3.14. Sistema Electrónico	21
2.3.15. Sistemas de control	22
2.3.16. Microcontrolador	24
2.3.17. Arduino	25
2.3.18. Modulación por ancho de pulso (PWM)	26
2.3.19. Motores Eléctricos	27

2.3.20. Variadores de frecuencia.	29
2.3.21. Encoder incremental	30
2.4. Propuesta de solución.	31
CAPÍTULO III	32
METODOLOGÍA.....	32
3.1. Modalidad de investigación.....	32
3.1.1. Investigación de Campo.	32
3.1.2. Investigación Bibliografía Documental.....	32
3.2. Recolección de información.	32
3.3. Población y Muestra	33
3.4. Procesamiento y análisis de datos.....	33
3.5. Desarrollo del proyecto.....	33
CAPÍTULO IV	34
DESARROLLO DE LA PROPUESTA	34
4.1. Introducción a la empresa.....	34
4.1.1. Ubicación.....	34
4.1.2. Organización de la empresa.....	35
4.2.1. Descripción de los procesos.....	39
4.2.5. Línea de productos.....	53
4.2.6. Selección del área de trabajo para estudio.....	53
4.2.7. Análisis del proceso productivo en el área de pulido.	54
4.3. Registrar información mediante la recopilación de datos en el área de pulido ..	54
4.4. Primera etapa	55
4.4.1. Proceso de pelar y quemar.....	55
4.4.2. Cursograma analítico de la forma de trabajo actual en el proceso de pelar y quemar	56
4.4.3. Estudio de tiempos para el proceso de pelar y quemar en el área de pulido	58

4.4.4. Muestreo para el estudio de tiempos	58
4.4.5. Cálculo del tiempo normal.....	60
4.4.6. Cálculo del tiempo estándar.....	62
4.4.7. Diagrama Hombre-Máquina de la proceso de pelar y quemar	63
4.4.8. Indicadores actuales de producción y productividad.....	64
4.4.9. Producción del proceso de pelar y quemar	64
4.4.10. Productividad.....	65
4.5. Segunda etapa	66
4.5.1. Proceso de abrillantado y apomazado.....	66
4.5.2. Cursograma analítico actual en la proceso de abrillantado y apomazado ...	69
4.5.3. Estudio de tiempos para el proceso de abrillantado y apomazado.	71
4.5.4. Muestreo para el estudio de tiempos	71
4.5.5. Cálculo del tiempo normal.....	73
4.5.6. Cálculo del tiempo estándar.....	75
4.5.7. Diagrama Hombre-Máquina el proceso de abrillantado y apomazado	76
4.5.8. Indicadores actuales de producción y productividad.....	77
4.5.9. Producción de abrillantado y apomazado	78
4.5.10. Productividad de abrillantado y apomazado.....	78
4.6. Identificación del problema en el área de pulido.....	79
4.6.1. Problemas, causas y propuestas de solución en el sistema de producción del área de pulido.....	79
4.7. Desarrollo de mejora.....	80
4.7.1. Estado inicial de la máquina.....	80
4.8. Propuesta de Automatización	82
4.8.1. Selección del motor	83
4.8.2. Selección del variador de frecuencia	85
4.8.3. Selección de la tarjeta de control arduino.....	89

4.8.4. Selección del encoder.	90
4.8.5. Elementos eléctricos y electrónicos.....	92
4.8.6. Selección de guarda motor.....	92
4.8.7. Selección de diámetro de cable para el circuito de potencia (AWG)	94
4.9. Diseño e implementación de la pulidora.....	95
4.9.1. Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema.	95
4.9.2. Funcionamiento del sistema en modo manual.....	96
4.9.3. Funcionamiento del sistema en modo automático.....	96
4.9.4. Etapa de potencia.....	97
4.9.5. Sensor de realimentación (Encoder).....	100
4.9.6. Etapa de control	101
4.9.7. Ensamble de la etapa de control con la de potencia	112
4.9.8. Montaje de control y mandos de activación del sistema	113
4.9.9. Elaboración de prototipo de control industrial	115
4.9.10. Diseño de programación e interfaz gráfica	117
4.9.11. Costo de la implementación.....	122
4.10. Estudio del área de pulido una vez implementado el sistema automatizado. ...	123
4.10.1. Proceso mejorado de pelar y quemar	124
4.10.2. Cursograma analítico de la mejora en el proceso de pelado y quemado	125
4.10.3. Estudio de tiempos.....	126
4.10.4. Estudio de tiempos para el proceso mejorado de pelar y quemar.....	126
4.10.5. Muestreo para el estudio de tiempos	127
4.10.6. Cálculo del tiempo normal.....	128
4.10.7. Cálculo del tiempo estándar.....	130
4.10.8. Diagrama Hombre-Máquina de la operación de pelar y quemar.....	131
4.10.9. Nuevos indicadores de producción y productividad.....	132
4.10.10. Producción del proceso mejorado de pulir y quemar.....	133

4.10.11. Productividad mejorada del proceso de pulir y quemar.....	134
4.11.Segunda etapa	136
4.11.1.Proceso mejorado de abrillantado y apomazado.	136
4.11.2.Cursograma analítico del proceso mejorado de abrillantado y apomazado.....	138
4.11.3.Estudio de tiempos.....	140
4.11.4.Estudio de tiempos para el proceso mejorado de abrillantado y apomazado	140
4.11.5. Muestreo para el estudio de tiempos	140
4.11.6. Cálculo del tiempo normal.....	142
4.11.7. Cálculo del tiempo estándar.....	144
4.11.8.Diagrama Hombre-Máquina del proceso mejorado de abrillantado y apomazado	145
4.11.9. Nuevos indicadores actuales de producción y productividad.....	146
4.11.10. Producción del proceso mejorado de abrillantado y apomazado.....	147
4.11.11. Productividad de abrillantado y apomazado.	148
4.12.Cuadro Comparativo de Indicadores	149
CAPÍTULO V.....	152
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	152
5.1. Conclusiones.....	152
5.2. Recomendaciones	153
BIBLIOGRAFÍA	154
ANEXOS	159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de valoración del ritmo de trabajo de la norma Británica	12
Tabla 2. Valoración de los suplementos.....	13
Tabla 3. Simbología ASME para elaborar diagramas y cursogramas de procesos.	16
Tabla 4. Características básicas de la placa Arduino Mega/2560	26
Tabla 5. Máquinas para la fabricación del calzado	50
Tabla 6. Suministros	51
Tabla 7. Insumo Económico.....	52
Tabla 8. Línea de productos a estudiar en el área de pulido.....	53
Tabla 9. Cursograma analítico de la forma de trabajo actual en el proceso de pelar y quemar	57
Tabla 10. Descripción de elementos para la pelar y quemar	58
Tabla 11. Tiempos de observaciones preliminares en minutos	59
Tabla 12. Tamaño de muestras para los elementos	59
Tabla 13. Promedio de tiempos observador para pelar y quemar	60
Tabla 14. Cálculo del tiempo normal	61
Tabla 15. Suplementos por descanso.....	62
Tabla 16. Cálculo de tiempo estándar del proceso de pelar y quemar	62
Tabla 17. Diagrama Hombre-Máquina de la operación de pelar y quemar	63
Tabla 18. Resumen del diagrama Hombre-Máquina de la operación de pelar y quemar.....	63
Tabla 19. Cursograma analítico actual en proceso de abrillantado y apomazado.	70
Tabla 20. Descripción de elementos para abrillantar y apomazado	71
Tabla 21. Tiempos de observaciones preliminares en minutos	72
Tabla 22. Tamaño de muestras para los elementos	72
Tabla 23. Promedio de tiempos observador para abrillantado y apomazado	73
Tabla 24. Cálculo del tiempo normal	74

Tabla 25. Suplementos por descanso.....	75
Tabla 26. Cálculo de Tiempo estándar del proceso de abrillantado y apomazado.....	75
Tabla 27. Diagrama Hombre-Máquina de la operación de abrillantado y apomazado ..	76
Tabla 28. Resumen del diagrama Hombre-Máquina de la operación de abrillantado y apomazado.....	76
Tabla 29. Causas del problema y las propuestas de solución para el área de pulido	80
Tabla 30. Elementos no funcionales de la estación de pulido.....	82
Tabla 31. Matriz de selección de motor trifásico jaula de ardilla.....	84
Tabla 32. Selección del variador de frecuencia.....	87
Tabla 33. Selección de la tarjeta Arduino.....	89
Tabla 34. Selección de encoder	91
Tabla 35. Valores normalizados cables A.W.G.....	95
Tabla 36. Gastos del proyecto	122
Tabla 37. Cuadro comparativo de diseño de control de pulidora	123
Tabla 38. Velocidades de trabajo	124
Tabla 39. Cursograma analítico de la mejora en el proceso de pelado y quemado.....	126
Tabla 40. Descripción de elementos para el proceso mejorado de pelar y quemar.....	127
Tabla 41. Tiempos de observaciones preliminares en minutos	127
Tabla 42. Tamaño de muestras para los elementos	128
Tabla 43. Tiempos de observación de las actividades por docena	128
Tabla 44. Cálculo del tiempo normal	129
Tabla 45. Suplementos por descanso.....	130
Tabla 46. Cálculo de tiempo estándar del proceso mejorado de pelar y quemar	130
Tabla 47. Diagrama Hombre-Máquina de la operación de pelar y quemar	131
Tabla 48. Resumen del diagrama Hombre-Máquina de la operación de pelar y quemar	131
Tabla 49. Cursograma analítico del proceso mejorado de abrillantado y apomazado.	139
Tabla 50. Descripción de elementos para abrillantar y apomazado	140
Tabla 51. Tiempos de observaciones preliminares en minutos	141
Tabla 52. Tamaño de muestras para los elementos	141
Tabla 53. Promedio de tiempos observados	142
Tabla 54. Cálculo del tiempo normal	143
Tabla 55. Suplementos por descanso.....	144

Tabla 56. Cálculo de Tiempo estándar del proceso mejorado de abrillantado y apomazado	144
Tabla 57. Diagrama Hombre-Máquina del proceso mejorado de abrillantado y apomazado	145
Tabla 58. Resumen del diagrama Hombre-Máquina del proceso mejorado de abrillantado y apomazado	145
Tabla 59. Cuadro Comparativo de Indicadores de pelar y quemar	150
Tabla 60. Cuadro Comparativo de Indicadores de abrillantado y apomazado	151

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de Diagrama de Operaciones de Proceso	17
Figura 2. Ejemplo de Cursograma Analítico de Procesos	19
Figura 3. Ejemplo de Diagrama hombre-máquina	20
Figura 4. Modelo estructural de un sistema automatizado	20
Figura 5. Diagrama de bloques de un sistema electrónico	22
Figura 6. Circuito de lazo abierto	23
Figura 7. Circuito de lazo cerrado	23
Figura 8. Esquema de un Microcontrolador	24
Figura 9. Arduino Mega/2560	25
Figura 10. Señal de onda cuadrada de amplitud acotada (<i>y_{min}</i> – <i>y_{max}</i>) de ciclo de trabajo D	27
Figura 11 Motor de Corriente Alterna.....	27
Figura 12. Señales de operación del Variador	29
Figura 13. Representación de las señales incrementales en el disco giratorio	30
Figura 14. Representación gráfica de las señales incrementales.....	31
Figura 15. Vista satelital de la empresa.....	35
Figura 16. Organigrama estructural de GUSMAR.....	37
Figura 17. Proceso de elaboración de calzado en la empresa GUSMAR.....	38
Figura 18. Área de trabajo: Diseño y modelaje.....	39
Figura 19. Área de trabajo: Troquelado.....	40
Figura 20. Área de trabajo: Corte de cuero y forros	40
Figura 21. Área de trabajo: Destallado y estampado.....	41
Figura 22. Área de trabajo: Aparado	41
Figura 23. Área de trabajo: Preparado de cortes y hormas.....	42
Figura 24. Área de trabajo: Armado de puntas.....	42

Figura 25. Área de trabajo: Cardado y rayado.....	43
Figura 26. Área de trabajo: limpieza del aparado o respunte	43
Figura 27. Área de trabajo: Aplicar pegamento	44
Figura 28. Área de trabajo: Preparado de suelas	44
Figura 29. Área de trabajo: Prensado	45
Figura 30. Área de trabajo: Sacar hormas.	45
Figura 31. Área de trabajo: Terminado	46
Figura 32. Área de trabajo: Pulido.....	46
Figura 33. Layout del Área de montaje	49
Figura 34. Diagrama de proceso pelado y quemado: Área de pulido.....	56
Figura 35. Cepillar el zapato [39].....	67
Figura 36. Apomazado de la suela del calzado [39].....	67
Figura 37. Diagrama de proceso de abrillantado: Área de pulido.	69
Figura 38. Maquina pulidora estado actual y ubicación	81
Figura 39. Placa del Motor trifásico seleccionado	85
Figura 40. Motor jaula de ardilla 4 polos 1 hp	85
Figura 41. Placa del variador de frecuencia cfw 10 weg.....	88
Figura 42. Variador de frecuencia cfw 10 weg.	88
Figura 43. Tarjeta Arduino Mega 2560.....	90
Figura 44. Placa de especificaciones del encoder.....	91
Figura 45. Encoder OMRON E6B2	92
Figura 46. Elementos eléctricos y electrónicos	92
Figura 47. Tabla de selección para relé magneto térmico de protección	93
Figura 48. Interruptor de protección de sobrecarga del motor.	93
Figura 49. Factor de correlación de seguridad	94
Figura 50. Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema.....	96
Figura 51. Simulador de potencia CADE SIMU.....	97
Figura 52. Conexiones en doble delta y delta serie para motor 12 terminales	98
Figura 53. Tipo de conexión para bajo voltaje 220V.	98
Figura 54. Conexión para bajo voltaje 220V en el motor WEG	99
Figura 55. Conexión de etapa de potencia tomada del manual cwf-10 [44]	99
Figura 56. Conexión de etapa de potencia.....	100
Figura 57. Acople del sensor tipo encoder en el motor	100
Figura 58. Diagrama de control PID del maquina pulidora	102

Figura 59. Acondicionador para convertir de 0 a 5 voltios PWM a 0 a 10 voltios	103
Figura 60. Descripción de las entradas de la tarjeta de control del variador [44].	103
Figura 61. Impreso de las pistas del circuito	104
Figura 62. Planchado a alta temperatura.	104
Figura 63. Pistas transferidas a la baquelita.	105
Figura 64. Placa del circuito de acondicionamiento de tensión.	105
Figura 65. Circuito de acondicionador de tensión.....	106
Figura 66. Display lcd de 2 líneas x 16 caracteres	110
Figura 67. Etapa de control.....	110
Figura 68. Realimentación de para la etapa de control.....	112
Figura 69. Ensamble de la etapa de control con la de potencia.	113
Figura 70. Montaje de elementos de control	114
Figura 71. Montaje de los elementos de proteccion y circuitos de acondicionamiento	114
Figura 72. Cuadro de dispersión de frecuencia de encoder	116
Figura 73. Enclavando a Q0.0 puesta en marcha al variador	118
Figura 74. Acondicionamiento de entrada para lectura de realimentación	119
Figura 75. Bloque Cyclic de control PID	119
Figura 76. Visualización de variables de entrada y salida de PID_compac	120
Figura 77. Pantalla de control HMI simulador Tia Portal	121
Figura 78. Pantalla HMI en TOUCH PANEL KTP 600	121
Figura 79 . Diagrama de proceso mejorado de pelado y quemado: Área de pulido.....	125
Figura 80. Cepillar el zapato [39].....	136
Figura 81. Apomazado de la suela del calzado [39].....	137
Figura 82. Diagrama de proceso mejorado de abrillantado: Área de pulido.	138

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Placa de información técnica del motor de la maquina pulidora.....	159
Anexo 2. Cálculos del tamaño de muestra para el proceso de pelar y quemar	159
Anexo 3. Cálculos del tamaño de muestra para el proceso de abrillantado y apomazado	160
Anexo 4. Factura de compra variador de frecuencia.....	161
Anexo 5. Factura de compra encoder OMROM	162
Anexo 6. Manual de puesta en marcha por HMI.	163
Anexo 7. Los cálculos para el tamaño de muestras pelar y quemar mejorado.....	166
Anexo 8. Los cálculos para el tamaño de muestras abrillantado y apomazado mejorado	167

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema

MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE PULIDO EN LA EMPRESA GUSMAR MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO A BAJO COSTO EN LA FABRICACIÓN DE CALZADO.

1.2. Planteamiento del Problema

La elaboración de calzado en el mundo se encuentra en constante innovación por lo tanto las empresas manufactureras está forzadas a reducir al máximo sus costos de fabricación, tiempos de operación y tener un nivel de automatización en la empresa para poder competir a nivel mundial, por lo cual los empresarios adoptan efectivas estrategias de producción [1]. En un mercado tan importante como la del calzado que ha experimentado un continuo incremento en los últimos años, en donde se estima que la manufactura mundial de calzado para el año 2014 fue de 21 billones de pares anuales, siendo China desde el año 1996 el mayor productor y exportador mundial de calzado [2].

Como se puede apreciar el liderazgo de China en la industria del calzado es indiscutible, su ventaja comparativa con respecto a otros países como Italia, Vietnam, y Alemania, que también resaltan en el mercado es bastante fuerte. La diferencia sigue siendo alta, y ésta es catalogada como líder total en producción y exportación del bien mencionado [3].

Ya que en la industria del calzado está inmersa en un proceso de deslocalización hacia países con bajos costos de mano de obra, desempeñando un papel clave en el

mismo tanto las grandes multinacionales como las pequeñas y medianas empresas. Por este motivo se busca experimentar profundos procesos de reestructuración, que lleven a la evolución de las estructuras productivas y de los espacios geográficos industriales [4].

En el Ecuador se encuentran zonas importantes donde se dedican a la elaboración de calzado en el país, entre las más significativas son las provincias de Tungurahua con el 50% seguido por Guayas con el 18%, Pichincha con el 15%, Azuay con el 12%, El Oro con el 3% y repartiéndose el 2% en otras provincias [5].

La producción anual del sector calzado ecuatoriano es de 32 millones de pares de zapatos, que representan un monto de USD 560 millones en ventas, con un consumo per cápita de 2,13 pares por habitante, generando más de 100 mil fuentes de empleo directas e indirectas [6].

Dentro de la provincia de Tungurahua los cantones de Ambato y Cevallos se encuentra el mayor número de empresas manufactureras de calzado, las mismas que presentan varios problemas en sus procesos operativos los cuales les impiden aumentar su producción, ya que la mayoría de las empresas utilizan maquinaria obsoleta y artesanal, por lo que buscan mecanismos adecuados para mejorar sus procesos y con ello sus productos.

Debido a esto, la empresa GUSMAR, visionaria en prevalecer en la industria de fabricación de calzado, se ha visto obligados a mejorar la productividad.

La elaboración de calzado pasa por diferentes estaciones y una de ellas es la estación de pulido en la cual se efectúan diferentes tareas y para cada una de estas operaciones conllevan demoras en la preparación de máquina por el cambio de velocidad de pulido ya que la efectúan manualmente y crea retraso de la producción en dicha estación, mediante la implementación de un sistema automatizado para el cambio de velocidad, optimizando así los tiempo de maniobra de dicha estación, demostrando así su competitividad dentro del mercado en la elaboración de calzado.

1.3. Delimitación del Problema

Área académica:	Industrial y Manufactura.
Línea de investigación:	Industrial.
Sublínea de investigación:	Sistemas de administración de la productividad y competitividad empresarial.
Delimitación Espacial:	El proyecto de investigación se realizará en el área de pulido de la empresa de calzado GUSMAR ubicada en el cantón Cevallos, en la provincia de Tungurahua.
Delimitación Temporal:	La investigación se realizará en el periodo académico septiembre 2017 – marzo 2018 siguientes a la aprobación del H. Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.4. Justificación.

Las industrias dedicadas a la fabricación de calzado, presentan diversos problemas como demoras al momento de preparar la maquinaria, al momento de elaborar sus productos y buscan mejorar sus procesos, ya que dichos problemas llevan a retrasos o cuellos de botellas dentro de la producción.

La **importancia** de la ejecución de la presente investigación ayudará a mejorar la visión industrializada de la elaboración de calzado y emplear metodologías que ayuden cumplir sus metas. Por medio de este estudio se proyectará a su vez la mejora de la maquinaria y sus tiempos de operación.

Esta investigación es **factible**, ya que la empresa de calzado GUSMAR, brindará con la información técnica necesaria, además de la colaboración de los trabajadores del proceso de pulido y los directivos de la misma.

Los **beneficiarios** directos con la realización de la investigación, serán propiamente la empresa, quienes con la implementación de un sistema automatizado de bajo costo en la fabricación de calzado en el área de pulido, obtendrán resultados favorables al disminuir tiempos muertos en el cambio manual de bandas a las poleas para modificar la velocidad de operación de la estación de pulido, esto evitará reducir la producción de otras áreas afines a las de la estación de pulido.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Mejorar la productividad mediante la implementación de un sistema automatizado en el área de pulido para la empresa de calzado GUSMAR.

1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar un registro de tiempos y movimientos actuales en el proceso de pulido para determinar la capacidad de producción.
- Implementar un sistema automatizado de control en la estación de pulido
- Evaluar la eficiencia del proceso de la estación de pulido una vez implementado el sistema automatizado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Investigativos.

Realizado el proceso investigativo acerca del tema propuesto se han encontrado tesis y artículos con características similares a los de este trabajo de investigación los cuales se detallarán a continuación:

En la investigación de los Ing. Pamela Monserrath Espejo Velasco y Karen Estefanía Heredia Villacís, que realizaron el diseño e implementación de un sistema automatizado de extracción de miel de abejas, ya que en el proceso de extracción de miel en el Ecuador es artesanal, provocando así mayor desperdicio de miel, demora de tiempos de producción, y agotamiento físico del apicultor. Es por ello que la finalidad del proyecto fue tecnificar esta área para el incremento de ingresos con una actividad productiva no contaminante con el ambiente, incremento de fuentes de trabajo, optimización de la producción con reducción de las pérdidas de miel por manipulación, obtención de un producto con eliminación de la contaminación por manipulación e incremento de la productividad [7].

En el análisis de tiempo de trabajo y desperdicios de los mismos de la investigación en industrias de manufactura de calzado de cuero del Ing. Darío Chipantiza Ganan, determina que la influencia de los tiempos de preparación de máquina y en la capacidad de producción, se aplica la metodología de disminución de tiempos muertos la misma que se enfatiza en perfeccionar las operaciones, mediante la estandarización de las actividades y tiempo de preparación de máquinas, consiguiendo así disminuir hasta porcentajes mayores del 50% de este tiempo, logrando así aumentar la producción en la fabricación de calzado [8].

De acuerdo al estudio realizado por Arias Andrade Luis Fernando y Taipicaña Guano Alex Fabián, consideran la importancia de la automatización de procesos en máquinas en la actualidad, la fabricación de productos de uso masivo ha ganado interés por el desarrollo de nuevos conceptos de optimización de espacio, exactitud, tiempo y eliminación de errores en su producto final. El trabajo de titulación consiste en el diseño y construcción de un prototipo automatizado de telar plano, cuyo objetivo es el de optimizar recursos en el proceso de tejido artesanal lo que representa menor esfuerzo y mayor producción para los artesanos que se dedican a esta actividad [9].

2.2. Conceptual

2.2.1. Proceso de producción

Conjunto de procedimientos destinados a transformar una materia en producto terminado. Producción es la Cantidad de artículos fabricados en un periodo de tiempo estará compuesta por la ecuación (1) que se muestra a continuación [10].

$$\text{Producción} = \frac{\text{Tirmpo Base}}{\text{Ciclo}} \quad (1)$$

Dónde:

Tiempo base: minutos, horas, días, semana, años, etc.

Ciclo: llamado también velocidad de producción. Es la estación de trabajo que más tiempo demora lo que se denomina cuello de botella. Es el tiempo que demora la salida de un producto [10].

2.2.2. Indicadores de productividad

- **Productividad**

La productividad es definida como el grado de rendimiento con que se utilizan los recursos disponibles para obtener los objetivos predeterminados.

El principal motivo para estudiar la productividad en la empresa es encontrar las causas que la deterioran, y una vez conocidas, establecer las bases para incrementarla [10].

De tal manera la productividad se determina de la siguiente ecuación 2 y 3 de forma que queda.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Produccion obtenida}}{\text{Cantidad de recursos empleados}} \quad (2)$$

Podríamos decir q también:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Recursos logrados}}{\text{Recursos empleados}} \quad (3)$$

Y el incremento de la productividad se determina de la siguiente forma en la ecuación 4

$$\Delta p = \frac{\text{Productividad propuesta} - \text{Productividad actual}}{\text{Productividad actual}} \quad (4)$$

- **Eficacia**

Grado de cumplimiento de los objetivos, metas, estándares, entre otros.

Se determina de la siguiente manera como se muestra en la ecuación 5:

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Produccion Util}}{\text{Objetivo de la empresa}} \quad (5)$$

Indicadores:

Grado de cumplimiento de los programas de producción o de ventas.

Demoras en los tiempos de entrega.

- **Eficiencia**

Forma en que se usan los recursos de la empresa: humanos, materia prima, tecnológicos, entre otros.

Indicadores:

- Tiempos muertos.
- Desperdicio.
- Porcentaje de utilización de la capacidad instalada

Eficiencia física (Ef):

Relación aritmética entre la cantidad de materia prima existente en la producción total obtenida y la cantidad de materia prima, o insumos, empleados se la expresa como en la ecuación 6.

$$\text{Eficacia física} = \frac{\text{salida útil de MP}}{\text{Entrada de MP}} \quad (6)$$
$$Ef \leq 1$$

Eficiencia económica (Ee):

Relación aritmética entre el total de ingresos o ventas y el total de egresos o inversiones de dicha venta.

$$\text{Eficacia económica} = \frac{\text{salida útil de MP}}{\text{Entrada de MP}} \quad (7)$$
$$Ef > 1$$

2.2.3. Lean Manufacturing

Es una filosofía que se apoya en una serie de técnicas cuya finalidad es la de la mejora de la productividad de la empresa, soportada por un conjunto de herramientas que:

- Ayudarán a eliminar todas las operaciones que no agreguen valor al producto, servicio y a procesos.
- Aumentarán el valor de cada actividad realizada, eliminando lo que no se requiere.
- Reducirán desperdicios y mejorarán las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador.
- Obtendrán así mejoras tangibles, medibles y significativas de la competitividad [11].

Así pues, la filosofía Lean conseguirá en la empresa:

- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio.
- El respeto por el trabajador.
- La mejora consistente de Productividad y Calidad [11].

“La cultura Lean no es algo que empiece y acabe, es algo que debe tratarse como una transformación cultural si se pretende que sea duradera y sostenible, es un conjunto de técnicas centradas en el valor añadido y en las personas” [12].

2.2.4. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es la aplicación de técnicas para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número de observaciones, el tiempo para llevar a cabo una tarea determinada que interviene el trabajador calificado con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido [13].

Objetivos:

Incrementar la eficiencia del trabajo.

Proporcionar estándares de tiempo que servirán de información a otros sistemas de empresa [13].

2.2.5. Diagramas de procedimientos

Los diagramas de procedimiento son herramientas que ayudan a establecer información detallada y estandarizada del proceso productivo. Denominados también diagramas de flujo o flujogramas, los diagramas de procedimientos son una representación gráfica de las distintas operaciones de las que se compone un procedimiento o parte de él, clasificándolas según la naturaleza de cada una y estableciendo la secuencia cronológica de las mismas [8].

2.2.6. Control industrial

Se engloba desde un simple interruptor hasta el más complejo ordenador de proceso de un avión, se podría manifestar que es aquel que relaciona el valor de la variable o condición a controlar con un valor deseado y toma una acción de acuerdo con la desviación existente sin que el operario intervenga en absoluto [14].

- **La automatización**

Tiene como característica principal el hacer funcionar un objeto o bien de forma “semi-independientes” porque aunque sean los dispositivos los que realicen la mayor parte del trabajo, para su correcto desempeño se necesita una supervisión humana [14].

2.3. Fundamentación Teórica.

2.3.1. Medición del trabajo

Es la parte cuantitativa del estudio del trabajo, que indica el resultado del esfuerzo físico desarrollado en función del tiempo permitido a un operador para terminar una tarea específica, siguiendo a un ritmo normal un método predeterminado.

2.3.2. Técnicas de medición laboral

Hay cuatro técnicas básicas para medir el trabajo y establecer estándares. Son dos métodos de observación directa y dos de observación indirecta. Los métodos directos son el estudio de tiempos, en cuyo caso se utiliza un cronómetro para medir los tiempos del trabajo, y el muestreo del trabajo, los cuales implican llevar registro de observaciones aleatorias de una persona o de equipos mientras trabajan.

Los dos métodos indirectos son los sistemas de datos de tiempos y movimientos predeterminados (STMP), que suman datos de tablas de tiempos de movimientos genéricos desarrollados en un laboratorio para encontrar el tiempo correspondiente al trabajo (los más comunes son los sistemas propietarios Methods Time Measurement [MTM] y Most Work Measurement System [MOST]), y los datos elementales, en cuyo caso se suman tiempos que se toman de una base de datos de combinaciones similares de movimientos para llegar al tiempo correspondiente al trabajo. La elección de la técnica depende del grado de detalle deseado y del carácter de la propia labor. El trabajo repetitivo, muy detallado, por lo general requiere un estudio de tiempos y del análisis de datos para tiempos y movimientos predeterminados. Cuando el trabajo se desempeña con equipamiento de tiempo fijo para el procesamiento, se suelen emplear datos elementales con el fin de que no resulte tan necesaria una observación directa [15].

2.3.3. Estudio de tiempos con cronómetro

Se va hacer énfasis en el estudio de tiempos con cronómetro ya que esta técnica permite de una manera sistemática medir la actividad del trabajador considerando aspectos como los descansos, ritmo y valoración propios del trabajo.

El estudio de tiempos con cronómetro es una técnica de medición del trabajo para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida.

El material fundamental para el especialista en estudio de tiempos es el cronómetro, los cuales generalmente se clasifican en digitales y analógicos. En el estudio de tiempos se puede utilizar cualquiera de ellos siempre y cuando este calibrado y al menos pueda medir décimas de minutos. Adicionalmente para el estudio, se debe tener una calculadora, un tablero de observaciones y las fichas de observación de tiempos [4].

Los pasos a seguir en un estudio de tiempos usualmente son:

1. Levantar y registrar toda la información sobre los procesos a medir.
2. Describir detalladamente el método de trabajo actual, sus procesos así como las operaciones o elementos que los componen.
3. Medir los tiempos con cronómetro para llevar a cabo cada elemento o actividad.
4. Determinar el ritmo tipo del trabajador que lleva a cabo la actividad en cada operación.
5. Obtener el tiempo básico a través de los tiempos observados.
6. Establecer los suplementos propios de cada operación que deberán añadirse al tiempo básico.
7. Determinar el tiempo estándar propio del proceso [4].

2.3.4. Método de lectura con retroceso á cero

Este método consiste en oprimir y soltar inmediatamente la corona de un reloj de “un golpe” cuando termina cada elemento, con lo que la aguja regreso a cero e inicia de inmediato su marcha. La lectura se hace en el mismo momento en que se oprime la corona [13].

2.3.5. Tamaño de la muestra

El problema inicial en el estudio de tiempos consiste en establecer el tamaño de muestra o el número de observaciones que deben efectuarse para cada operación, dado un nivel de confianza del 95% y un error del 5%, por medio de la ecuación (8) del método estadístico se puede obtener la muestra para un estudio de tiempos [16].

$$n = \left(40 * \frac{\sqrt{n' \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}}{\Sigma x} \right)^2 \quad (8)$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

n' = número de observaciones del estudio preliminar

x = Valor de las observaciones

2.3.6. Valoración del ritmo

Es determinar la velocidad efectiva del operario por correlación con la idea que tenga el analista de la que deba ser el ritmo tipo. Usualmente el ritmo o factor de desempeño de un trabajador calificado se lo califica con 100%, sin embargo, es frecuente tener personal nuevo o poco capacitado en ciertos procesos que no generan la productividad esperada,

en estos casos se lo debe calificar con valores inferiores a 100% a criterio del analista de estudio de tiempos [17].

Para tener una referencia de la valoración del ritmo, se puede utilizar la escala de la norma británica descrita en la Tabla 1 [17].

Tabla 1. Escala de valoración del ritmo de trabajo de la norma Británica [17].

Escala	Descripción del Desempeño
0	Actividad Nula
50	Muy lento, movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo.
75	Constante, resuelto sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan.
100	Activo, capaz, como de obrero calificado medio, pagado a destajo, logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.
125	Muy rápido, el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio.
150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación de “virtuoso”, solo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes.

2.3.7. Tiempo Normal

El tiempo normal o básico (T.N), es el que se tarda en efectuar un elemento de trabajo al ritmo tipo, para lo cual se lo puede expresar de la siguiente manera [16].

$$T.N = \text{Tiempo del desempeño observado por unidad} * \text{Índice de desempeño} \quad (9)$$

2.3.8. Tiempo estándar

El tiempo estándar o tipo (T.S) se encuentra mediante la suma del tiempo normal más algunas holguras para las necesidades personales (como descansos para ir al baño, tomar café), las demoras inevitables en el trabajo (como descomposturas del equipo o falta de materiales) y la fatiga del trabajador (física o mental), para lo cual se emplea la ecuación siguiente [15].

$$T.S = \text{Tiempo Normal} * (1 + \text{Suplementos}) \quad (10)$$

2.3.9. Cálculo de suplementos

En este método el suplemento por fatiga contiene siempre una cantidad básica constante y algunas veces, una cantidad variable que depende del grado de fatiga que se suponga

cause el elemento. La parte constante del suplemento (o sea el suplemento mínimo o básico por fatiga) corresponde a lo que se piensa que necesita un obrero que cumple su tarea sentada, que efectúa un trabajo leve en buenas condiciones de trabajo y que precisa emplear sus manos, piernas y sentidos normalmente. Es común la cifra de 4% para hombres y mujeres por igual [13].

La cantidad variable solo se añade cuando las condiciones de trabajo son penosas y no se pueden mejorar [13].

A los efectos del cálculo, puede decirse que el suplemento por descanso consta de:

- a) Un mínimo básico constante, que siempre se concede.
- b) Una cantidad variable, añadida a veces, según las circunstancias en que se trabaje

En Tabla 2, se presenta un sistema de suplementos por descansos en porcentajes de los tiempos normales [13].

Tabla 2. Valoración de los suplementos [13]

SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO COMO PORCENTAJE DE LOS TIEMPOS NORMALES					
1) SUPLEMENTOS CONSTANTES			E. Condiciones atmosféricas (calor y humedad) Índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de suplemento Kata (mili caloría/cm2/segundo)		
	Hombres	Mujeres			
Suplementos por necesidades personales	5	7			
Suplementos base por fatiga	4	4			
2) SUPLEMENTOS VARIABLES					
	Hombres	Mujeres			
A. Suplementos por trabajar de pie	2	4	16	0	
B. Suplementos por postura anormal			14	0	
Ligeramente incómoda	0	1	12	0	
Incómoda (inclinada)	2	3	10	3	
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	8	10	
			6	21	
			5	31	
			4	45	
			3	64	
			2	100	
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar, empujar)			F. Concentración intensa		
			Hombres	Mujeres	
			0	0	
			Trabajos de cierta precisión		

Tabla 2.1 Valoración de los suplementos [13]

SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO COMO PORCENTAJE DE LOS TIEMPOS NORMALES					
Peso levantado por Kilogramo			F. Concentración intensa	Hombre	Mujer
2,5	0	1	Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
5	1	2	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
7,5	2	3			
10	3	4	G. Ruido		
12,5	4	6	Continuo	0	0
15	5	8	Intermitente y fuerte	2	2
17,5	7	10	Intermitente y muy fuerte	5	5
20	9	13	H. Tensión mental		
22,5	11	16	Proceso bastante complejo	1	1
25	13	20(máx.)	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
30	17	.....		
33,5	22	.....	Muy complejo	8	8
			I. Monotonía		
D. Mala iluminación			Trabajo algo monótono	0	0
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Trabajo bastante monótono	1	1
Bastante por debajo	2	2	Trabajo muy monótono	4	4
Absolutamente insuficiente	5	5	J. Tedio		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2

2.3.10. Distribución de planta

Es la disposición ordenada de los recursos físicos utilizados para la producción de bienes, tales como maquinaria, equipo, trabajadores, espacios requeridos para el movimiento de materiales y su almacenaje. Los objetivos de la distribución de planta son conservar el espacio necesario para la mano de obra indirecta y servicios auxiliares, minimizar el esfuerzo y seguridad en los trabajadores, realizar el movimiento de material según distancias mínimas, utilizar efectivamente de todo el espacio y dar flexibilidad en la ordenación para facilitar reajustes o ampliaciones [10].

Existen dos tipos de distribución de planta: distribución por posición fija en el cual el material permanece en situación fija y son los hombres y la maquinaria los que confluyen hacia él, y distribución por proceso en el cual las operaciones del mismo tipo se realizan dentro del mismo sector [10].

2.3.11. Estudio de Métodos

En la actualidad, conjugar adecuadamente los recursos económicos, materiales y humanos origina incrementos de productividad. Con base en la premisa de que en todo proceso siempre se encuentran mejores posibilidades de solución, puede efectuarse un análisis a fin de determinar en qué medida se ajusta cada alternativa a los criterios elegidos y a las especificaciones originales, lo cual se logra a través de los lineamientos de estudio de métodos [13].

- **Procedimiento para realizar el Estudio de Métodos**

Ya hemos dicho que, sin desechar otros medios para obtener mejoras, la simplificación busca las innovaciones deducidas analíticamente por medio de un método sistemático de ataque. Este método consta de los siguientes pasos [13].

1. **Seleccionar** el trabajo que debe mejorarse.
2. **Registrar** los detalles del trabajo.
3. **Analizar** los detalles del trabajo.
4. **Desarrollar** un nuevo método para hacer el trabajo.
5. **Adiestrar** a los operarios en el nuevo método de trabajo.
6. **Aplicar** el nuevo método de trabajo [13].

Para el registro de los hechos más relativos, se utiliza una serie de cursogramas o diagramas, los mismos que permiten el análisis de forma gráfica de la secuencia de pasos que forman parte del proceso de montaje, razón por la cual se desarrolla las siguientes herramientas gráficas [13]:

- Cursograma Sinóptico o Diagrama de ensamble
- Cursograma Analítico

- **Simbología para cursogramas**

La simbología que se utiliza para graficar los diagramas y cursogramas se lo realiza en base a la simbología Therbligs, especificada son de los establecidos por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos –ASME, en la Tabla 3 [18]:

Tabla 3. Simbología ASME para elaborar diagramas y cursogramas de procesos [18].

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	RESULTADO PREDOMINANTE
Operación		Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento, se produce o se efectúa algo
Transporte		Indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro, se cambia de lugar o se mueve
Inspección		Indica verificar calidad y cantidad conforme a especificaciones preestablecidas , se verifica cantidad y calidad
Demora		Indica a un periodo de tiempo en el que se registra inactividad , se interfiere o retrasa el paso siguiente
Almacenaje		Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde se recibe o entrega, se guarda o se protege

2.3.12. Tipos de diagramas

Existen diferentes tipos de diagramas en el Estudio del Trabajo, los cuales se utilizan de acuerdo con el objetivo que se persigue.

- **Diagrama de proceso de la operación**

También es llamado diagrama sinóptico del proceso, define la secuencia cronológica de todas las operaciones de taller o en máquinas, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de materia prima hasta el empaque o arreglo final del producto terminado [19].

La elaboración de un diagrama sinóptico se describe de la siguiente manera:

1. Las operaciones o inspecciones de un proceso se deben enlistar en la secuencia adecuada para cada componente en forma vertical de arriba hacia abajo [20].
2. El componente más importante que generalmente es la pieza principal, estará en el extremo derecho y los demás componentes tendrán un espacio a la izquierda de este componente, dependiendo del momento en el que entren al proceso [20].
3. Se debe incluir a la izquierda del símbolo los valores de tiempo para las operaciones o las inspecciones y a la derecha del símbolo debe hacerse una breve descripción de la operación y del departamento donde se realiza así como para las inspecciones se debe anotar lo que se verifica, (cantidad, calidad o ambas) y en qué departamento se realiza [20].
4. Para cada componente es importante hacer notar que el diagrama debe contar con la mayor cantidad de información como sea posible pero sin detenerse en operaciones sin importancia, entre los datos que puede contener el diagrama están los de aleaciones o composición de la materia prima, forma, cantidad, dimensiones, o estado físico en el que se encuentre [20].

La elaboración de un diagrama sinóptico se describe en la figura 1:

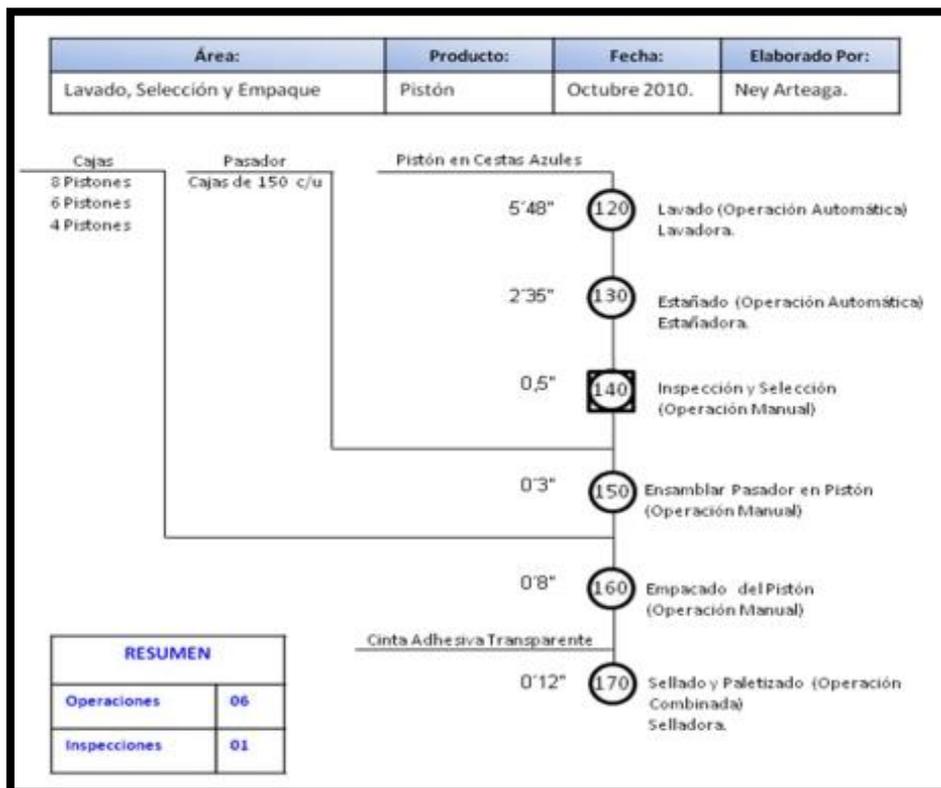


Figura 1. Ejemplo de Diagrama de Operaciones de Proceso [21].

- **Cursograma analítico**

Es un diagrama que aborda un proceso de modo más detallado que el Diagrama de Proceso de la Operación, ya que en él se encuentran incluidas e ilustradas las cinco actividades fundamentales. Es por ello que se toma como una segunda etapa, en donde se introducen los detalles relativos al almacenamiento, la manipulación y el movimiento de los materiales entre las operaciones inherentes a la fabricación [22].

Una vez que se han registrado todos los períodos no productivos (almacenamientos, demoras, distancias recorridas), el analista puede proceder al análisis del proceso e idear el nuevo método.

Muestra la trayectoria de un producto, procedimiento o proceso, señalando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo que le corresponda como se muestra en la figura 2. El Cursograma analítico tiene tres bases posibles:

- **Diagramar al operario:**

Se registran los movimientos que hace la persona. Emplea voz activa (Revisa, corta, lleva, entre otras) [22].

- **Del equipo y/o maquinaria:**

Se registran las operaciones o actividades que lleva a cabo el equipo. Emplea voz pasiva (Es revisada, es cortada, es llevada, entre otras) [22].

- **Diagramar al material:**

Se registran las operaciones y/o actividades, como se manipula y trata el material. Emplea voz pasiva (Es revisado, es aceitado, es activado, entre otras) [22].

CURSOGRAMA ANALÍTICO				Operario / Material / Equipo					
Diagrama no.1		Hoja: 1 de 1		Resumen					
Producto: ETIQUETAS INDUSTRIALES				Actividad	Actual	Propuesto	Economía		
Actividad: CORTAR, DESENGRASAR, IMPRIMIR, SECAR, PLANCHAR, INSPECCIONAR.				Operación ○	13	11	2		
Método: actual / propuesto				Inspección □	5	5	0		
Lugar: NAVE INDUSTRIAL				Espera D	3	1	2		
Operario (s):				Transporte ⇄	5	2	3		
Compuesto por:				Almacenamiento ▽	1	1	0		
Aprobado por:				Distancia (mts.)	42.55	36.05	6.50		
Fecha: 24/08/98				Tiempo (hrs.-hgm.)					
Fecha:				Costo					
TOTAL				Mano de obra					
TOTAL				Material					
DESCRIPCIÓN	Cantidad	Distancia	Tiempo	Actividad			OBSERVACIONES		
EN ALMACEN ROLLOS DE P.V.C.				○	□	D	⇄	▽	
TRANS. DE P.V.C. A QUILLOTINA GRANDE		32.2 m							CON CARRETILLA
CORTE PRELIMINAR A 16 x 26 cm.									CORTADORA MANUAL.
DESENGRASADO									
INSPECCION DE DESENGRASADO									SIN BASURA
TRANS. A PROCESO COLOR AZUL		2.85 m							MANUAL E INDIVIDUAL.
COLOCACION DE LA IMPRESION EN AZUL									
INSPECCION DE LA IMPRESION									SIN POLVO Y BASURA
SECADO DE LA IMPRESION EN AZUL									DURANTE 12 HRS.
COLOCACION DE LA IMPRESION EN AMARILLO									
INSPECCION DE LA IMPRESION.									SIN POLVO Y BASURA
SECADO DE LA INSPECCION.									DURANTE 12 HRS.
COLOCACION DE LA IMPRESION EN ROJO.									
INSPECCION DE LA IMPRESION									SIN POLVO Y BASURA
SECADO DE LA INSPECCION									DURANTE 12 HRS.
COLOCACION DE LA IMPRESION EN PLATA									
INSPECCION DE CALIDAD EN LA IMPRESION.									SIN POLVO Y BASURA
COLOCACION PARA SECADO DE LA IMPRESION.									DURANTE 12 HRS.
COLOCACION DEL ADHESIVO.									2 HOJAS A LA VEZ.
DEMORA POR AGRUPACION DE LOTE.									
TOTAL		36.05		11	5	1	2	1	

Figura 2. Ejemplo de Cursograma Analítico de Procesos [22].

- **Diagrama hombre- máquina**

Es una representación gráfica de la secuencia de elementos que componen las operaciones en que intervienen hombres y máquinas [21].

Tiene como objetivo conocer el tiempo invertido por el operario y el utilizado por la máquina, determinar la eficiencia de los hombres y de las máquinas para utilizarlos al máximo y mejorar una sola estación de trabajo a la vez como se ilustra en la figura 3 [21].

0.0	Hombre			Máquina		
0.5	Preparación	0.5		Ocio necesario	0.5	
1.0	Ocio innecesario	3.0		Trabajo	3.0	
1.5						
2.0						
2.5						
3.0						
3.5	Descarga	0.5		Ocio necesario	0.5	
4.0						

Resumen	Tiempo del ciclo	Tiempo de Acción	Tiempo de Ocio	Porcentaje de Utilización
Hombre	4.0	1.0	3.0	25%
Máquina	4.0	3.0	1.0	75%

Figura 3. Ejemplo de Diagrama hombre-máquina [23].

2.3.13. Partes principales sistema automatizado

La automatización tiene como característica principal el hacer funcionar un objeto o bien de forma semi-independiente el control humano, porque aunque sean los dispositivos los que realicen la mayor parte del trabajo en un conjunto como se muestra en la Figura 4, para su correcto desempeño se necesita una supervisión humana [14].

- Parte operativa
- Parte de mando

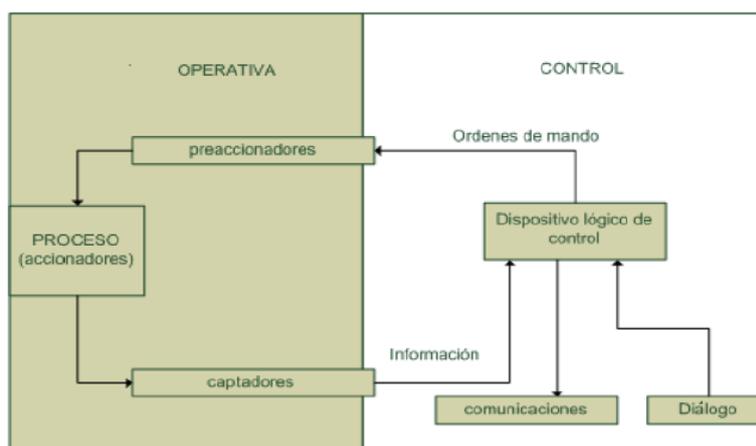


Figura 4. Modelo estructural de un sistema automatizado [24].

- **Parte Operativa**

Es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Está formada por un conjunto de dispositivos, máquinas o subprocesos, diseñados para la realización de determinadas

funciones. Contiene los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada tales como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera [24].

Los dispositivos encargados de convertir las magnitudes físicas en magnitudes eléctricas se denominan transductores. Los transductores se pueden clasificar en función del tipo de señal que transmiten en [24]:

- Transductor todo o nada.
- Transductores numéricos.
- Transductores analógicos.

- **Parte de Mando**

Dispositivo encargado de realizar el control, coordinar las operaciones encaminadas a mantener la Parte Operativa bajo un determinado funcionamiento preestablecido de antemano en las especificaciones de diseño, generalmente suele ser un programable (tecnología programada), aunque hasta hace poco se utilizaban relés electromagnéticos o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada) [24].

2.3.14. Sistema Electrónico

Es un conjunto de circuitos que contienen elementos activos y elementos pasivos, contienen dispositivos que transforman la energía eléctrica en otros tipos de energía. Todos los sistemas electrónicos constan de tres bloques como se muestra en la figura 5 que se describen a continuación [25]:

- **Bloque de entrada:** A través del cual se introduce la orden o señal, mediante un elemento accionado o un sensor.
- **Bloque de proceso:** Se ocupa de transformar la señal de entrada en otra capaz de accionar el módulo de salida.
- **Bloque de salida:** Realiza la acción correspondiente para la que se diseñó.

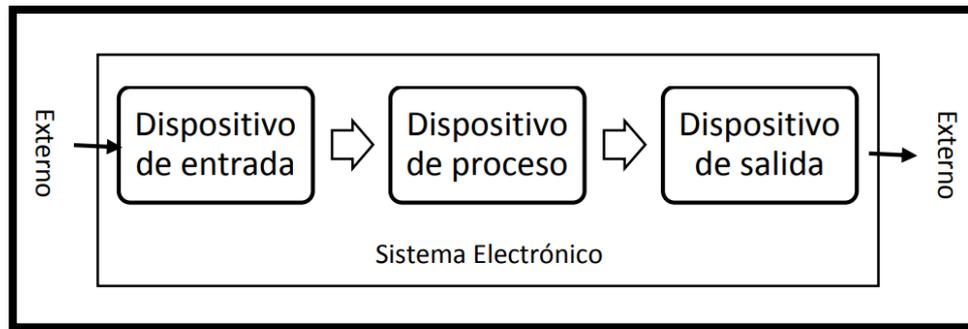


Figura 5. Diagrama de bloques de un sistema electrónico [25].

2.3.15. Sistemas de control

Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del mismo. Su finalidad es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados [26].

Un sistema de control cumple los siguientes requisitos [26]:

- Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido.
Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
- Ser fácilmente implementarle y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

- **Sistema de control de lazo abierto**

Es un sistema en el cual su salida es un actuador que controla el proceso directamente, sin emplear realimentación. La precisión depende de una adecuada calibración del sistema controlado. El proceso actúa sobre la señal de entrada y da como resultado una señal de salida independiente a la señal de entrada, pero basada en la primera. Esto significa que no hay retroalimentación hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control. Es decir, la señal de salida no se convierte en señal de entrada para el controlador como se indica en la figura 6 [26].

El mecanismo que se utiliza es el motor paso a paso ya que trabaja por medio de secuencias de pulsos digitales que existan de manera sincrónica cada una de sus bobinas dependiendo de la velocidad y torque requeridos [26].

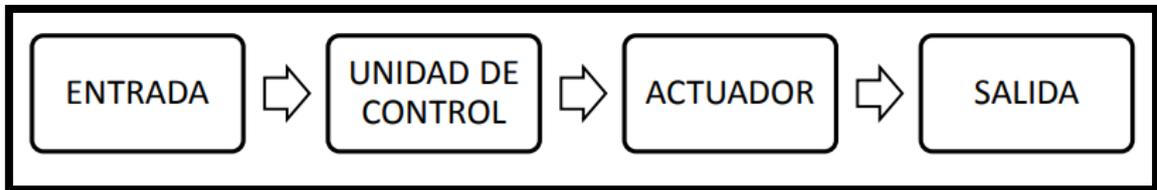


Figura 6. Circuito de lazo abierto [26].

- **Sistema de control de lazo cerrado**

Es un sistema que usa una señal de realimentación para compararla con la salida deseada, esta comparación entrega el error actuante, el mismo que ingresa al controlador para realizar el cálculo de la señal, esto permite reducir el error del sistema controlado. Actúa adecuadamente con perturbaciones y es recomendable usarlo cuando se desconozca la relación entre la señal de salida y entrada como se indica en la figura 7 [26].

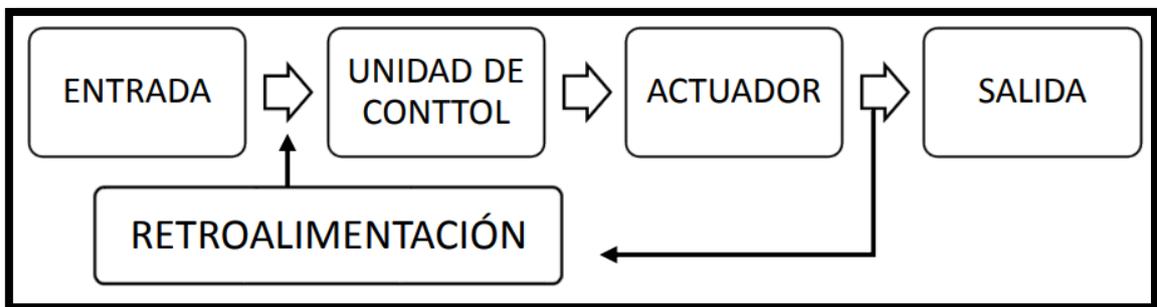


Figura 7. Circuito de lazo cerrado [26].

- **Sistema de control on/off**

Es un control conocido como todo-nada o abierto o cerrado, es la forma más simple de control por realimentación, es un control de dos posiciones en el que el elemento final de

control sólo ocupa una de las dos posibles posiciones: encendido (100%) y apagado (0%) [27].

2.3.16. Microcontrolador

Un Microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene internamente todos los componentes de un computador. Este se utiliza para controlar el funcionamiento de una tarea determinada. Sus pines de entrada y salida se utilizan para conectar motores, relays, actuadores, etc. Una vez que el Microcontrolador este programado, se encargará de ejecutar al pie de la letra la tarea recomendada [28].

Las partes básicas de un Microcontrolador son las siguientes figura8:

- Memoria ROM(Memoria solo lectura)
- Memoria RAM(Memoria de acceso aleatorio)
- Líneas de entrada/salida(I/O).también llamados puertos, se utilizan para conectar los elementos externos al microcontrolador.
- Lógica de control. Coordina la interacción entre los demás bloques.

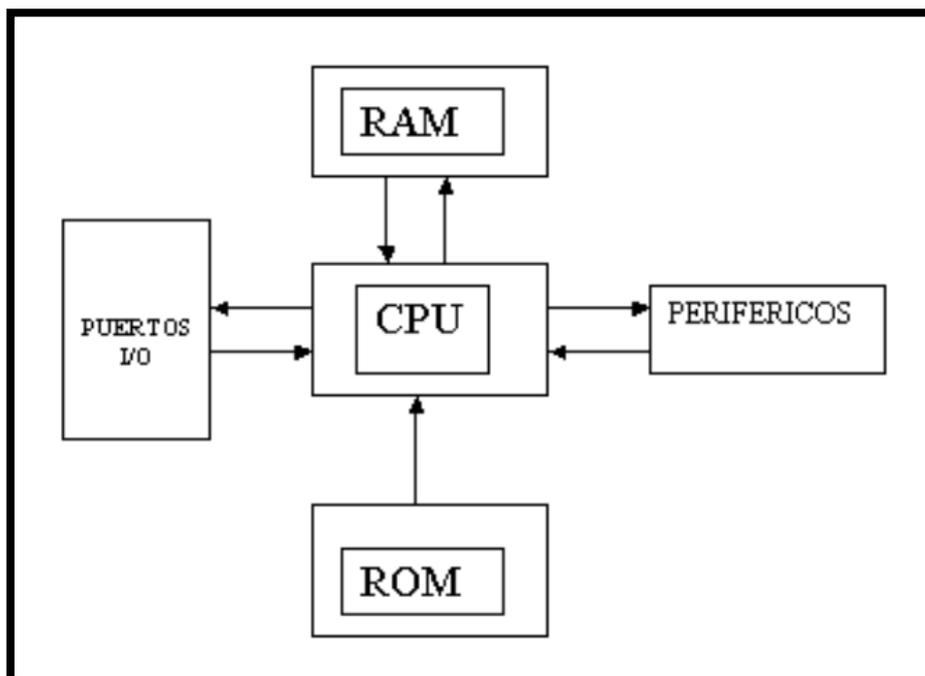


Figura 8. Esquema de un Microcontrolador [28].

2.3.17. Arduino

Arduino es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basados en software y hardware abierto. Arduino puede tomar información del entorno a través de sus pines de entrada de toda una gama de sensores y puede interactuar con todo aquello que le rodea controlando luces, motores y otros actuadores. El microcontrolador en la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing). Los proyectos hechos con Arduino pueden ejecutarse sin necesidad de conectarse a un ordenador, si bien tienen la posibilidad de hacerlo y comunicar con diferentes tipos de software por ejemplo: Flash, Processing, MaxMSP. Las placas pueden ser hechas a mano o compradas montadas de fábrica; el software puede ser descargado de forma gratuita. Los ficheros de diseño de referencia (CAD) están disponibles bajo una licencia abierta [29].

- **Arduino Mega 2560**

El Arduino Mega/2560 es una placa grande y más potente, electrónicamente está basado en el microcontrolador Atmega 2560 tiene 256 KB de memoria flash para almacenar código de los cuales 8 KB se utiliza para el gestor de arranque, 8 KB de SRAM y 4 KB de EEPROM. Tiene 54 pines digitales de entrada / salida de los cuales 15 se pueden utilizar como salidas PWM, además 16 entradas analógicas, 4 puertos seriales, un oscilador de 16MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio, como se indica en la figura 9 [29].

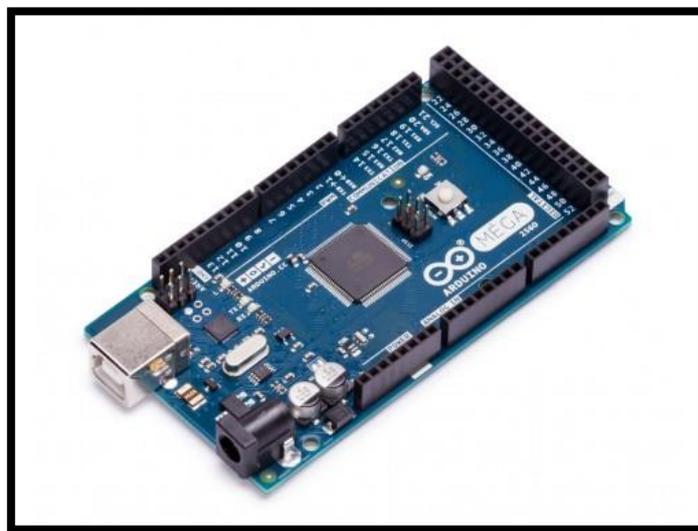


Figura 9. Arduino Mega/2560 [28]

Para empezar a trabajar con el microcontrolador basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB o el poder con un adaptador AC-DC o batería. A diferencia de las demás tarjetas Arduino esta puede funcionar con un suministro externo de 6 a 20 voltios en la Tabla 4, a continuación se muestra las características de este arduino.

Tabla 4. Características básicas de la placa Arduino Mega/2560 [29]

Voltaje de Operación	7 a 12 V
Voltaje de Entrada (limites)	6-20 V
Digital pines E / S	54 (de los cuales 15 proporcionar salida PWM)
Pines de entrada analógica	16
Corriente DC	40 mA
Corriente CC	3.3 v 50 mA
Memoria Flash	256 KB(de los cuales 8 KB usados por bootloader)
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
Velocidad del reloj	16 MHz.

2.3.18. Modulación por ancho de pulso (PWM)

La modulación por ancho de pulsos (PWM, siglas en inglés de pulse-width modulation) de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (por ejemplo una onda de tipo senoidal o cuadrada), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga [30].

Para un PWM se toma en consideración los siguientes parámetros como se muestra en la figura 10:

- El ciclo de trabajo, D
- El tiempo en que la función es positiva (ancho del pulso en alto), τ
- El período de la función, T

- El ciclo de trabajo indica el tiempo que la función está en alto respecto al tiempo total de la señal (periodo).

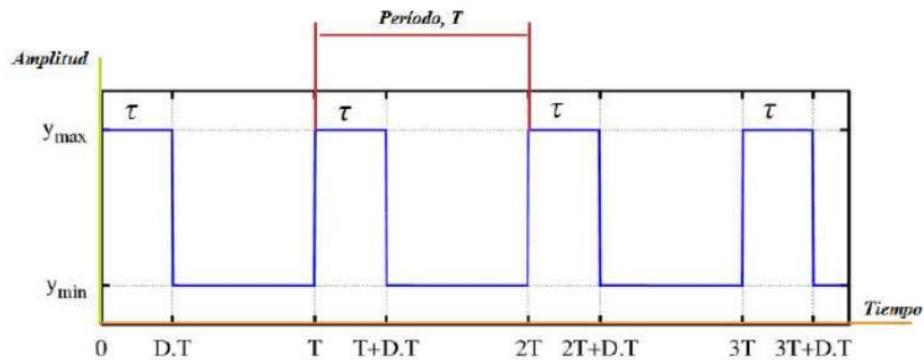


Figura 10. Señal de onda cuadrada de amplitud acotada ($y_{min} - y_{max}$) de ciclo de trabajo D [30].

2.3.19. Motores Eléctricos

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas como se ilustra en figura 11.



Figura 11 Motor de Corriente Alterna [31]

- **Funcionamiento**

Los motores de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético [31].

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente por un conductor produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado eje [31].

- **Motores de Corriente Alterna**

Existen dos tipos de motores que utilizan corriente alterna:

- Motores síncronos
- Motores asíncronos

Motores síncronos

El motor síncrono es en esencia un alternador trifásico que funciona a la inversa. Los imanes del campo se montan sobre un rotor y se excitan mediante corriente continua, y las bobinas de la armadura están divididas en tres partes y alimentadas con corriente alterna trifásica [31].

Motores asíncronos

La variación de las tres ondas de corriente en la armadura provoca una reacción magnética variable con los polos de los imanes del campo, y hace que el campo gire a una velocidad constante, que se determina por la frecuencia de la corriente en la línea de potencia de corriente alterna.

La diferencia del motor asíncrono con el resto de los motores eléctricos radica en el hecho de que no existe corriente conducida a uno de sus devanados (normalmente al rotor) [31].

La corriente que circula por el devanado del rotor se debe a la fuerza electromotriz inducida en él por el campo giratorio; por esta razón, a este tipo de motores se les designa también como motores de inducción.

La denominación de motores asíncronos obedece a que la velocidad de giro del motor no es la de sincronismo, impuesta por la frecuencia de la red inducción. Hoy en día se puede decir que más del 80% de los motores eléctricos utilizados en la industria son de este tipo, trabajando en general a velocidad prácticamente constante [31].

No obstante, y gracias al desarrollo de la electrónica de potencia (inversores y ciclo convertidores), en los últimos años está aumentando considerablemente la utilización de este tipo de motores a velocidad variable

La gran utilización de los motores asíncronos se debe a las siguientes causas: construcción simple, bajo peso, mínimo volumen, bajo coste y mantenimiento inferior al de cualquier otro tipo de motor eléctrico [31].

2.3.20. Variadores de frecuencia.

Se trata de dispositivos electrónicos, que permiten el control completo de motores eléctricos de inducción, los hay de corriente continua (c.c.) (variación de la tensión), y de corriente alterna (a.c.) (variación de la frecuencia), y las señales de operación del variador de frecuencia se muestra en la figura 12, los más utilizados son los de motor trifásico de inducción y rotor sin bobinar (jaula inversores ver figura 11) o variadores de velocidad [32].

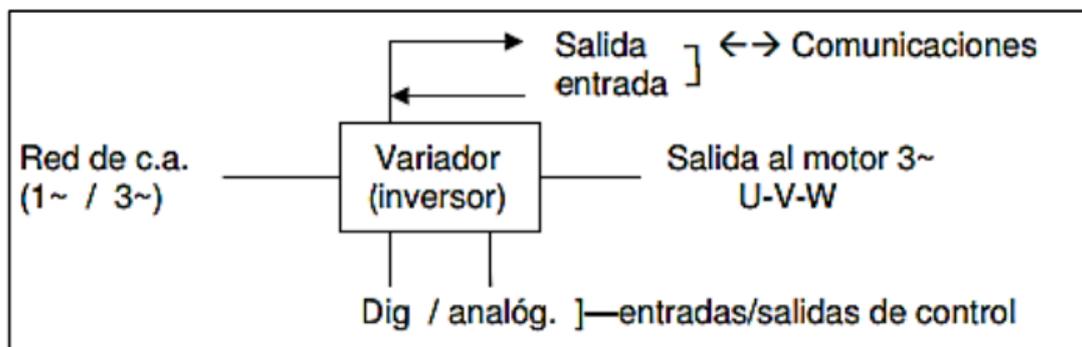


Figura 12. Señales de operación del Variador [33].

- **Red de suministro.**

Acometida de corriente alterna (c.a.), monofásica en aparatos para motores pequeños de hasta 1,5 kW (2 C.V. aproximadamente), y trifásica, para motores de más potencia, hasta valores de 630 kW o más [33].

- **Entradas y salidas (E/S ó I/O)**

Diferentes conexiones de entradas y salidas de control; pueden ser digitales tipo todo o nada (contactos, pulsadores, conmutadores, contactos de relé...) o analógicas mediante valores de tensión (0...10 V o similares) e intensidad (4...20 mA o similares). Además puede incluir terminales de alarma, avería, entre otros [33].

2.3.21. Encoder incremental

Su principio de funcionamiento es similar al del encoder absoluto con la diferencia ya mencionada de la forma de lectura de las posiciones. Para este caso se cuenta el número de impulsos con respecto a la marca cero o posición inicial, lo que no permite almacenar la última posición luego de una pérdida de alimentación [34].

El encoder incremental permite obtener dos formas de onda cuadradas desfasadas 90° eléctricos. Por lo general para este tipo de transductores se hace la lectura mediante tres canales el uno (A) permite tener la información de velocidad, el segundo canal (B) determina el sentido de giro y el tercero (Z) determina la posición del encoder con respecto a la posición o marca cero como se muestra en la figura 13 [34].

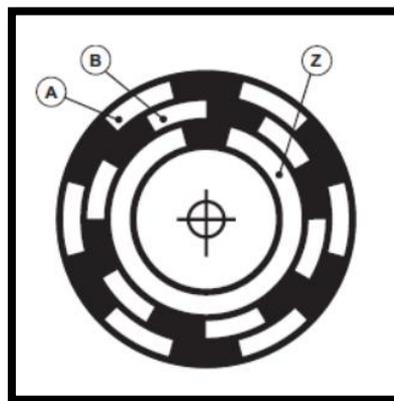


Figura 13. Representación de las señales incrementales en el disco giratorio [34].

De acuerdo a los tres canales se pueden captar tres señales cuadráticas que determinar los desfases que tendrá cada una como se muestra en la figura 14 [34].

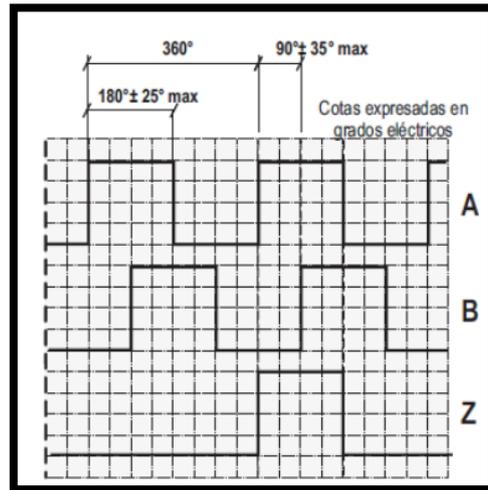


Figura 14. Representación gráfica de las señales incrementales [34].

2.4. Propuesta de solución.

Esta investigación pretende por medio del estudio de métodos, tiempos, movimientos y cálculo de la capacidad, **implementar un sistema automatizado con un dispositivo programable que permita el control operativo del cambio de velocidad en la estación de pulido**, para la disminución o eliminación de tiempos improductivos en actividades de preparación de máquina, de manera que el proceso sea más eficiente y mejore la productividad en la empresa.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Modalidad de investigación.

La modalidad de investigación del proyecto es aplicada, debido a que se toma información, conocimientos previos y se los aplica para resolver una problemática específica.

En la elaboración del presente proyecto de investigación se utilizará las siguientes modalidades de investigación:

3.1.1. Investigación de Campo.

De acuerdo a los objetivos planteados, la investigación es de campo, ya que los datos recolectados son obtenidos de la realidad de la empresa.

Por tal razón, el estudio de la estrategia de manufactura se la realizará en la planta de producción de la fábrica de Calzado Gusmar, donde se dan los hechos en su ambiente natural, se analiza e interpreta los resultados obtenidos.

3.1.2. Investigación Bibliografía Documental.

La investigación es de carácter bibliográfico ya que se busca información en libros, revistas, publicaciones, tesis doctorales y en la web, que ayudarán al cumplimiento de los objetivos planteados.

3.2. Recolección de información.

Para el trabajo de investigación se efectuará la recolección de información, mediante fichas de observación de las diferentes actividades que se desarrollen en el proceso de pulido y del desempeño en las labores de cada uno de los empleados de las empresas seleccionadas en dicho proceso.

Para la recolección de información se hace uso de formatos previamente diseñadas en el levantamiento de información del área mencionada.

3.3. Población y Muestra

La población de estudio para esta investigación son los trabajadores del área de pulido en la empresa de fabricación de calzado GUSMAR, que constan de 3 personas de sexo femenino en la zona de trabajo, los mismos que aportan información sobre el proceso productivo y es con los cuales se realiza el estudio de tiempos para determinar los parámetros de producción y de esta forma mejorar el proceso descrito.

Como la población es inferior a 100 individuos, los 3 trabajadores pasan a formar parte de la muestra.

3.4. Procesamiento y análisis de datos.

Una vez recopilada toda la información necesaria mediante las fichas de observación del proceso de elaboración de calzado; los datos serán organizados, procesados, analizados e interpretados, con los cuales se demuestre el trabajo y la utilidad de la información procesada y así realizar el estudio de la estrategia de manufactura que se ajuste a las necesidades de la empresa y que además genere un incremento de la productividad de la misma.

3.5. Desarrollo del proyecto.

- Identificación del área de trabajo en la cual se va a enfocar la investigación.
- Descripción de las actividades del proceso productivo.
- Elaboración del cursograma analítico.
- Elaboración del diagrama de recorrido del proceso en cuestión.
- Determinación de la capacidad de producción del proceso de pulido.
- Análisis de las estrategias para la automatización de la estación de pulido.
- Seleccionar los elementos y condiciones del sistema de control más adecuado.
- Implementar un sistema automatizado de control en la estación de pulido
- Evaluación de la eficiencia del proceso de la estación de pulido.
- Elaboración del informe final

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1. Introducción a la empresa

En la comunidad de Cevallos se han asentado gran cantidad de fabricantes de calzado convirtiéndose en una actividad de gran tradición. Las fábricas, en forma general, han tenido una gran evolución lo que ha supuesto una importante transformación de los procesos productivos y como prueba de ellos está la empresa de calzado GUSMAR formada hace 2 años, cuyo nombre se deriva en honor al propietario Gustavo Martínez.

Esta industria inició como un pequeño taller artesanal en donde ahora el sistema productivo actual se basa en el Sistema Toyota, en la idea de calidad de los procesos, seguridad y aumento de la eficiencia impulsando la excelencia en la fabricación.

Actualmente existe maquinaria, han invertido en tecnología, siendo así una empresa altamente mecanizada, tienen 5 operadores capacitados que cumplen con los requerimientos para la fabricación de calzado, además se han hallado equipos y mobiliario de trabajo los cuales están distribuidos en 19 puestos de trabajo en el área de montaje. Su producción diaria es de 140 pares. La empresa ha permitido iniciar un proceso para la transformación y mejoras en la parte de producción y servicio a sus trabajadores optimizando las condiciones de trabajo.

4.1.1. Ubicación

La empresa se halla ubicada en el cantón Cevallos de la provincia de Tungurahua. Dirección: Av. González Suárez y 13 de Mayo a 100 metros del coliseo Principal.

El mapa de la ubicación de la empresa se muestra en la figura 15.



Figura 15. Vista satelital de la empresa

4.1.2. Organización de la empresa.

Misión:

La misión de la empresa GUSMAR es producir y comercializar calzado de calidad a través de personal capacitado, motivado, y comprometido con los objetivos empresariales.

Visión:

Nuestra visión es convertirnos en la empresa líder en la fabricación de calzado en la provincia de Tungurahua ofreciendo productos innovadores, de calidad y a precios competitivos.

- **Valores Corporativos**

Honestidad: Es la obligación de todos quienes conforman la empresa, actuar con honestidad en toda actividad que realice ya que así se logra éxito y buenos resultados.

Respeto: Debe demostrarse respeto mutuo, siendo justos empáticos, de esta forma las relaciones laborales serán armoniosas, tanto que beneficiarán a la empresa.

Responsabilidad: El cumplimiento a cabalidad de nuestras obligaciones nos ayuda alcanzar nuestras metas, es un deber actuar de manera responsable.

Tolerancia: Somos una empresa cuyos cimientos se basan en la tolerancia hacia los demás, comprendemos muchas circunstancias y estamos dispuestos ayudar con el fin de lograr una estabilidad laboral.

Medio Ambiente: Realizar todas las actividades comerciales e industriales sin afectar negativamente al medio ambiente, ni comprometiendo el desarrollo de futuras generaciones

- **Objetivos estratégicos**

- a) Incrementar el volumen de ventas en un 5% ofreciendo un producto de calidad en la empresa de calzado GUSMAR.
- b) Incentivar a nuestros clientes a adquirir nuestro producto, mediante regalos, promociones y descuentos.
- c) Incentivar a nuestros clientes internos al desarrollo personal y empresarial.
- d) Posicionar la marca mediante estrategias de comunicación y diferenciación en el mercado local.

- **Organigrama estructural**

Se muestra el organigrama estructural de GUSMAR en la figura 16, se describe a continuación las funciones de sus respectivos departamentos:

Gerente: Su trabajo se enfoca en la toma de decisiones y en la planificación de la empresa, realiza evaluaciones periódicas acerca del cumplimiento de las funciones de los diferentes departamentos, además planea y desarrolla metas a corto y largo plazo.

Departamento de Producción: Analiza y controla la producción a través de la búsqueda de métodos de trabajo y optimizando recursos, permitiendo elaborar un producto de calidad y al menor costo posible.

Departamento Administrativo: Se encarga de organizar, disponer y ordenar los recursos de la empresa, coordina las actividades de trabajo de modo que se realicen de manera eficiente

Departamento de Comercialización: Está conformado por: compras el mismo que está encargado de realizar las adquisiciones necesarias de materia prima en el momento debido, con la cantidad y calidad requerida a un precio adecuado, y ventas que se encarga de suministrar productos que los clientes necesitan o quieren, los distribuye por medio de la búsqueda de estrategias de ventas.

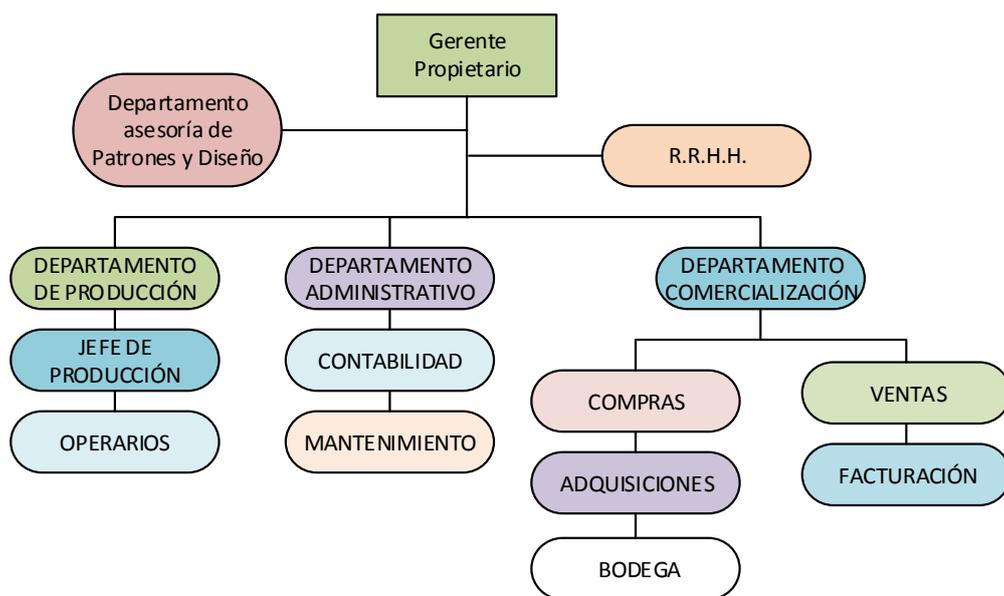


Figura 16. Organigrama estructural de GUSMAR.

4.2. Proceso productivo de la fábrica de calzado GUSMAR

Para un estudio del proceso de fabricación de calzado se procede a identificar cada una de las áreas que componen la línea de producción de calzado en la empresa GUSMAR; mediante el levantamiento de información, el cual resulta de utilidad para conocer más a fondo como se elabora el calzado, cuales son los materiales que lo componen y los recursos que se necesita para fabricarlos. Para llevar a cabo la recolección y análisis de información del proceso, se empieza por desarrollar el diagrama de flujo como se muestra en la figura 17.

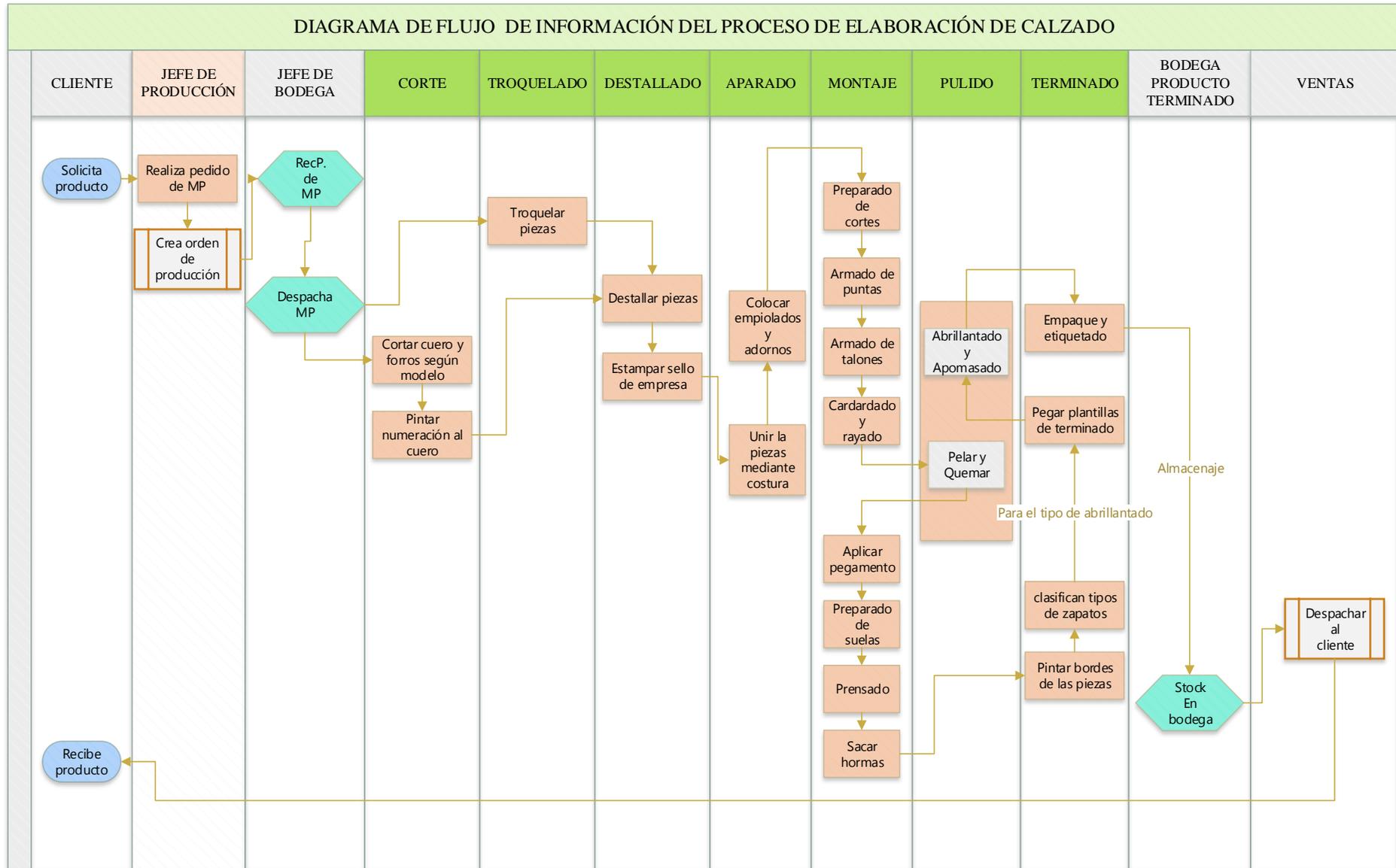


Figura 17. Proceso de elaboración de calzado en la empresa GUSMAR.

4.2.1. Descripción de los procesos

El proceso productivo de la empresa calzado GUSMAR, detallado anteriormente en la figura 17, tiene diferentes áreas que agregan valor al producto final.

A continuación se describe cada uno de los procesos que intervienen en la fabricación de calzado:

- **Bodega de materia prima:**

La empresa de calzado GUSMAR cuenta con una bodega de materia prima donde se guardan todos los materiales que se utilizan en el proceso de fabricación del calzado como el cuero, plantillas, forros, hilos, pegas, pasadores, ojales, en si todos los materiales que forman parte del zapato.

- **Diseño y modelaje:**

Es la etapa inicial del proceso de fabricación del calzado, consiste en investigar modelos de zapatos ya sea en revistas de calzado o en internet para conocer los nuevos modelos de temporada y de ese modo realizar una copia del calzado y se la muestra en la figura 18.



Figura 18. Área de trabajo: Diseño y modelaje

- **Troquelado:**

Consiste en cortar las diferentes piezas que conforman el zapato mediante una máquina troqueladora y moldes de acero según el modelo, estas piezas pueden ser plantillas de

armado y terminado, punteras, contrafuertes, cartón para terminado y piezas de adornos y se la muestra en la figura 19.



Figura 19. Área de trabajo: Troquelado

- **Corte de cuero y forros:**

Mediante moldes se procede al corte del cuero y forros a ser utilizados en el zapato según el modelo que se desee fabricar, en esta área como se muestra en la figura 20, se corta punteras, talones, lengüetas, costados, medallones y apliques y por último se pinta la numeración en el cuero con un color característico.



Figura 20. Área de trabajo: Corte de cuero y forros

- **Destallado y estampado:**

Consiste en rebajar el espesor del cuero mediante una máquina destalladora para facilitar la unión entre piezas, pintar los bordes de cada una de las piezas originadas por el corte y quemar sus bordes los cuales han desprendido sobrantes en el proceso de destallado y finalmente se coloca el sello de la empresa mediante el estampado y el área de trabajo de la ilustra en la figura 21.



Figura 21. Área de trabajo: Destallado y estampado

- **Aparado**

Consiste en unir cada una de las piezas que componen el zapato mediante una costura, primero se doblan las piezas, se pegan y finalmente se cosen mediante máquinas de costura para cuero, adicionalmente se colocan empiolados y adornos de acuerdo al modelo del zapato y la área de trabajo se la ilustra en la figura 22.



Figura 22. Área de trabajo: Aparado

- **Montaje:**

Implica jalar y ajustar el corte sobre la horma y luego de una serie de procesos el corte adquiere la forma de un zapato. Estos procesos que se encuentran dentro del área de montaje como se visualiza en la figura 23, 24 y 25, se detallan a continuación:

Proceso para lo obtención del calzado:

Preparado de cortes y hormas

Esta se considera una etapa de pre-montaje para tener tanto cortes como hormas listas para poder unirlos. Se describen dos operaciones fundamentales:

1. Empastado que consiste en la colocación de puntas y dentro con pegamento en el corte llegado de costura para a posterior dejarlo secar y reactivarlos.

2. Grapado de plantillas a la horma y colocación de pega en la plantillas.



Figura 23. Área de trabajo: Preparado de cortes y hormas.

Procedimiento de montaje

1. Montaje de puntas: En esta parte del proceso se da la forma a la punta del corte.
2. Montaje de laterales: Esta operación se desarrolla manualmente y se da la forma a los lados del calzado.
3. Montaje de talones: Esta operación se desarrolla manualmente y se da la forma a los talones del calzado.



Figura 24. Área de trabajo: Armado de puntas.

Cardado y rayado:

Consiste en rebajar o quitar el cuero excesivo de la base del corte armado mediante una maquina cardadora, posteriormente se traza una raya por el contorno del corte que servirá de límite para cardar la zona necesaria donde se colocara la suela y finalmente se carda toda la zona rayada.



Figura 25. Área de trabajo: Cardado y rayado

- **Pulido**

Limpieza del aparado o respunte (Pelado y Quemado)

En esta etapa del proceso el calzado armado pasa por la etapa de pelar y quemar, que consta de retirar la cera que es propia del cuero que puede impedir que el pegamento cumpla su función para ello el calzado tienen que estar libres de cualquier tipo de suciedad con la ayuda de la de la pulidora y una limpiador de marca kenda farben, que a alta velocidad se limpia todos los modelos que la empresa GUSMAR elabora y esta área se ilustra en la figura 26.



Figura 26. Área de trabajo: limpieza del aparado o respunte

- **Montaje:**

- ***Aplicar de pegamento:***

Después de cardar se procede a la aplicación de pegantes que permitirá unir la suela al corte armado, primero se aplica la solución para optimizar el pegue y posteriormente se aplica la pega como se muestra en la figura 27. Es necesario dejarlos secar por un tiempo de 10 a 15 minutos después de cada aplicación.



Figura 27. Área de trabajo: Aplicar pegamento

- ***Preparado de suelas:***

Consiste en la aplicación de un limpiador el cual sirve para remover grasas, desmoldantes y residuos presentes en la suela, también la aplicación de halogenante para garantizar un buen pegue y por último la aplicación de pega sobre la base de la suela. Es necesario dejarlos secar por un tiempo de 15 minutos después de cada aplicación. Por esta razón es necesario preparar con anticipación las suelas en base a la programación de la producción diaria, dicha área se la muestra en la figura 28.



Figura 28. Área de trabajo: Preparado de suelas

Prensado:

Consiste en unir la suela al corte armado con la ayuda de una maquina prensadora, previo a esto se realiza una reactivación al calor del pegamento el cual consiste en elevar la temperatura para que el adhesivo adquiera propiedades más fuertes de sujeción, donde el corte y la suela lleguen a la temperatura necesaria para que en el proceso de pegado la suela se adhiera al corte de manera adecuada, seguidamente se une manualmente la suela al corte armado haciendo coincidir los bordes de la suela con el filo del cardado y se coloca en la prensadora y por último se enfría el zapato en el horno enfriador como se muestra en la figura 29.

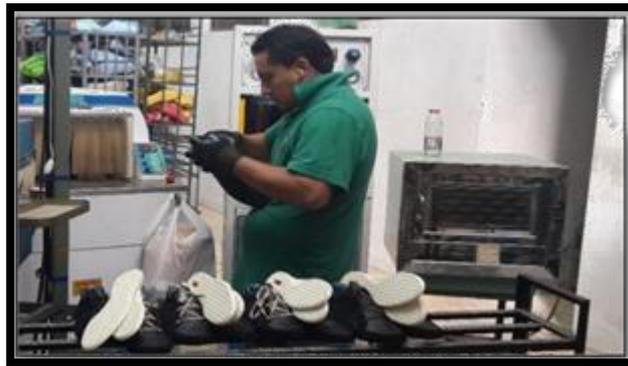


Figura 29. Área de trabajo: Prensado

Sacar hormas:

Consiste en retirar la horma del zapato, previo a esto se retira los pasadores de prueba y se coloca el zapato sobre un soporte para facilitar el descalce como se muestra en la figura 30.



Figura 30. Área de trabajo: Sacar hormas.

- **Terminado:**

Es la etapa final de la elaboración de zapatos, la cual consiste en darle un arreglo final, donde se limpian pegas y rayones, colocan plantillas, cordones y etiquetas, se queman hilos y se da brillo al zapato y por último se empacan en cajas, la área de trabajo se la muestra en la figura 31.



Figura 31. Área de trabajo: Terminado

- **Abrillantado y apomazado (Pulido)**

Se retoma el área de pulido para esta vez dar un proceso que se llama abrillantado al calzado que consiste en pasar un producto que protege y da realce al color al calzado llamado cera carnauba que lustra el zapato y se lo aplica a velocidad baja, a continuación se realiza el proceso de apomazado en velocidad media, si la planta es natural al apomazar se debe tener cuidado para que el material no se dañe, y la maquinaria que se ocupa para esta actividad se ilustra en la figura 32.



Figura 32. Área de trabajo: Pulido

- **Bodega de producto terminado:**

Aquí se almacenan los zapatos que salen del proceso de producción, los cuales han sido empacados en sus respectivas cajas y están listos para la entrega al cliente.

Cada una de estas áreas de trabajo mencionadas forma parte del proceso productivo de la empresa de calzado GUSMAR, y en ellas se diseña, produce y comercializa el calzado, utilizando materia prima de primera con trabajadores calificados y tecnología adecuada y así garantizar la durabilidad, comodidad y calidad del producto.

4.2.2. Distribución de las estaciones de trabajo

Antes de iniciar con el estudio es preciso conocer en qué forma se encuentra distribuida el área de pulido de la empresa, donde se realiza el presente estudio de manera que se relacione el área de trabajo y como están ubicadas las demás estaciones de fabricación, las máquinas y equipos y el recorrido que sigue el material por cada una de las áreas.

La empresa de calzado GUSMAR está distribuida en diferentes estaciones de trabajo, en las cuales se realiza las operaciones necesarias para la elaboración del calzado. Estas áreas se encuentran ubicadas en un orden secuencial, es decir, según el recorrido que debe seguir el material, de tal modo que se realiza las actividades correspondientes, hasta obtener el producto terminado como se puede apreciar anteriormente en la figura 17, pero deficiente por problemas como tiempos muertos en los procesos, como por ejemplo los períodos que se utiliza en preparación de máquina, por lo tanto, se tiene la iniciativa para ir mejorando cada vez y cumplir sus objetivos de brindar un producto de la mejor calidad.

Los problemas de preparación de máquina en el área de pulido, acarream consigo tiempos muertos que no agregan valor al producto final, las cuales son actividades innecesarias por parte del operario entre otros, y estos puede influir en una baja de la producción, a continuación se muestra en la figura 33, la distribución de las áreas de trabajo.

De igual forma muestra en el área de pulido las entradas y las salidas del calzado en proceso de fabricación, la cual cuenta con una máquina pulidora, de elaboración artesanal que no consta de ningún sistema de control de velocidad o seguridad, según el literal 4.2.1 referente a la descripción de los procesos, existen dos procesos que pasan por esta área, a la que se identifica como primera etapa, a esta se transporta el calzado del área de cardado y rayado para el proceso de pelar y quemar en el área de pulido y de aquí sale para el

proceso de aplicar pegamento, así mismo se muestra la segunda etapa a la cual llega el calzado del área de terminado para el proceso de abrillantado y apomazado en el cual se cambia la velocidad de la pulidora para realizar el trabajo y de aquí sale terminado el calzado para su empaquetado

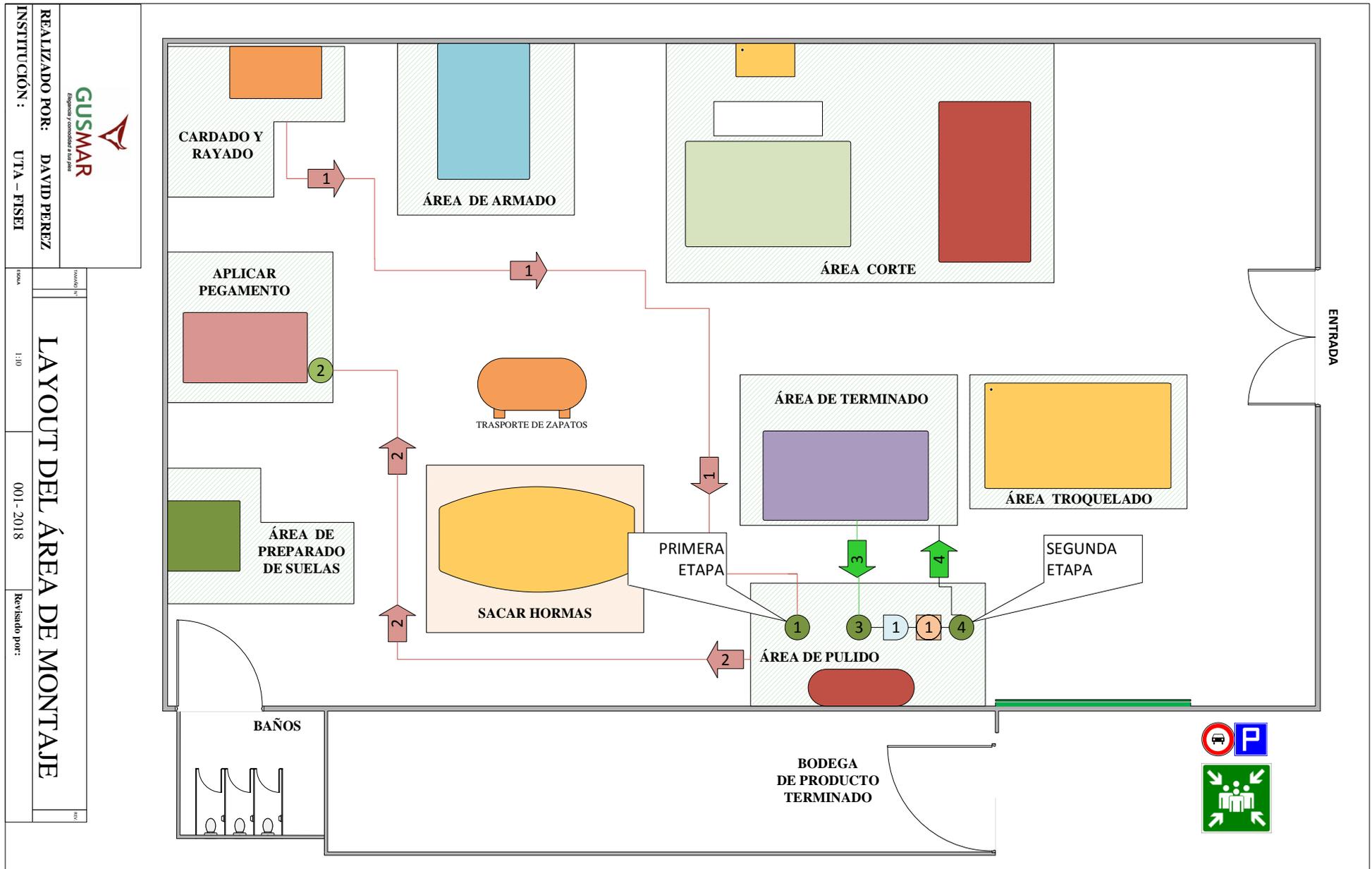


Figura 33. Layout del Área de montaje

4.2.3. Máquinas, equipos y herramientas utilizadas.

La empresa de Calzado GUSMAR, reconoce la importancia de la maquinaria en el proceso de producción de calzado y el apoyo fundamental, que facilita el trabajo al operario, porque acelerar la producción y más aún si tiene un nivel de automatización ya que perfeccionar el trabajo y satisfacer necesidades tanto del productor al disminuir tiempos de preparación de máquina, como del cliente al mejorar la calidad del producto. En la Tabla 5, se ilustra cada una de las máquinas utilizadas en el proceso de producción del calzado.

Tabla 5. Máquinas para la fabricación del calzado

OPERACIÓN	MÁQUINAS	CONTROL	MARCA
DISEÑO Y MODELAJE			
TROQUELADO	Troqueladora	MANUAL	ROQUE CALAUTTI
CORTE DE CUERO Y FORROS			
DESTALLADO Y ESTAMPADO	Destalladora	MANUAL	FAV
	Etiquetadora de cuero	MANUAL	JARP
APARADO Y STROBEL	Máquina de costura recta	SEMIAUTOMATICA	SINGER
	Máquina de costura doble		SINGER
	Máquina strobel		STROBEL
Preparado de cortes	Conformadora de puntas		
Preparado de hormas	Grapadora	MANUAL	YAMA
	Refiladora de plantillas	SEMIAUTOMATICA	SOGORBMAC
Armado de puntas	Vaporizadora de puntas	SEMIAUTOMATICA	MECSUL
	Armadora de puntas	SEMIAUTOMATICA	POPPI LOGGIKA
Armado de talones y laterales	Horno reactivador	MANUAL	
	Desarrugadora de cuero	MANUAL	MECSUL
	Horno envejecedor	MANUAL	MECSUL
Cardado y rayado	Cardadora	SEMIAUTOMATICA	INTECMECA
Aplicar pegamento			
Preparado de suelas			
Prensado	Horno reactivador	MANUAL	INTECMECA
	Prensadora de suelas	MANUAL	ELETTROTECNICA
	Horno de enfriado	SEMIAUTOMATICA	MECSUL
Sacar hormas			
PULIDO	Pulidora	MANUAL	ARTESANAL
TERMINADO	Pegadora de plantillas	SEMIAUTOMATICA	
	Máquina de costura	SEMIAUTOMATICA	SINGER
	Quemadora de hilos	SEMIAUTOMATICA	MECSUL

Debido a que en la fabricación de calzado GUSMAR, intervienen varias máquinas y en forma general se ha descrito en la Tabla 5, pretendiendo identificar cada una de estas y

las condiciones de sistema de control, ya que el estudio se centra en eliminar tiempos muertos en preparación de máquina.

4.2.4. Insumos

- **Suministros**

Los suministros para el proceso de producción son proporcionados por empresas como CELEC., que corresponde al agente que raciona a cada provincia del Ecuador.

Por lo que la energía eléctrica que proporciona a la provincia de Tungurahua es la empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA), para el consumo de la empresa es entregada por esta entidad.

Ahora se va a calcular el consumo de la maquina pulidora por medio de la placa del motor:

$$0,80 \text{ kW} * 8\text{h/dia} = 6,4 \frac{\text{kW.h}}{\text{dia}}$$

$$6,4 \frac{\text{kW.h}}{\text{dia}} * 24 \frac{\text{dias}}{\text{mes}} = 153,6 \frac{\text{kW.h}}{\text{mes}}$$

La energía eléctrica utilizada en el área de pulido solo se refiere a la pulidora cuyo motor es de 0,80 kW (1 HP), mirar placa de información en el Anexo 1, excluyendo la luz ambiental. El total de kW se convirtió a kW.h por día, multiplicando 0,80 kW por 8 horas de jornada laboral al día dando un valor de 6,4 kW.h, utilizado en un día y 153,6 kW.h utilizado en un mes, considerando que se trabajan 6 días en una semana y 4 semanas en un mes. En la siguiente Tabla 6, se detalla las cantidades de los insumos por área y máquina.

Tabla 6. Suministros

	SUMINISTROS	Costos Dólares
PULIDORA Motor actual	0,80 kW	
Subtotal	0,80 kW	-
Total Por 5 horas de 1ra cada etapa	4 kW. h/matinal	0,36 \$
Total Por 3 horas de 2da cada etapa	2,4 kW. h /tarde	0,22 \$
Total Por 8 horas de cada etapa	6,4 kW. h/día	0,58 \$
Total por 24 días de trabajo		
Total por mes de trabajo (24 días)	153,6 kW. h/mes	13,9 \$

Dado que en el sector industrial el precio actualmente de 1 kW/h es igual a 9.1 ctvs o 0.091 dólares [35]. Por lo tanto el consumo mensual de 8 horas de trabajo diario de es de

6,4 kW. h/día el costo por mes de 153,6 kW. h/mes es de 13,9 dólares ó 14 dólares /mensual de la pulidora

- **Insumo Mano de Obra**

Para el proceso de producción de abrillantado, apomazado, pulir y quemar, trabaja un operario, asignado en un proceso en la mañana y el otro proceso en la tarde en la tarde.

El operario cuenta con una educación mínima, y óptimo para el trabajo que realiza.

El operario realiza una jornada laboral de 8 horas por día, siendo su hora de ingreso a las 8:00 horas de la mañana, su hora de almuerzo a las 13:00 horas, su hora de reingreso a las 14:00 horas y su hora de salida a las 17:00 horas de la tarde.

- **Insumo económico**

Las operaciones para el área de pulido traen costos de materiales de fabricación, dentro de los cuales encontramos accesorios como pasta abrasiva marca kenda farben, abrillantador cera carnauba, cepillos de crin para calzado y cepillos de tela para pelar y quemar esto se ocupa producción en el área de pulido.

La pasta abrasiva marca kenda farben y abrillantador cera carnauba sirven para 40 docenas aproximadamente según el dueño de la empresa por lo tanto el índice de consumo por docena sera 1 unidad dividida ente 40 docenas que resulta 0,025.

Los cepillos duran para 3 semanas o 360 docenas por lo tanto el índice de consumo sera la relación de dividir 1 docena entre 360 docenas y el resultado será 0,0028.

Tabla 7. Insumo Económico

MATERIALES E INSUMOS				
Materiales Directos	Unidad de Compra	Precio Unitario dólares	Índice de consumo	Monto por unidad dólares
Pelar y quemar primera etapa				
Pasta abrasiva marca kenda farben	Unidad	40	0,025	1
cepillos de tela para pelar	Unidad	50	0,0028	0.14
Total Costo				1,14 \$ /docena
Abrillantado y apomazado segunda etapa				
cepillos de crin para calzado	2 unidades	100	0,0028	0,28
abrillantador cera carnauba	Unidad	40	0,025	1
Total Costo				1,28\$ /docena

4.2.5. Línea de productos

La fábrica de calzado GUSMAR, produce una extensa gama de modelos de zapatos, Los modelos corresponden a nuevos y exclusivos diseños de temporada, como visión por ser pioneros en la fabricación de calzado, siempre busca la satisfacción del cliente.

Entre la amplia variedad de zapatos que ofrece la empresa GUSMAR, a continuación en se listan los modelos que más se fabrican como se puede observar en la tabla 8:

- Calzado casual hombre (Ensueño wiski código: 162)
- Calzado casual hombre (Negro por placa código: 160)

Tabla 8. Línea de productos a estudiar en el área de pulido

<ul style="list-style-type: none">• Calzado casual hombre (Ensueño wiski código: 162)	
<ul style="list-style-type: none">• Calzado casual hombre (Negro por placa código: 160)	

Dentro de la variedad de calzado que produce la empresa GUSMAR, se opta por elegir un grupo de modelos que aparte de ser los más comercializados según la entrevista al gerente propietario, también cruzan en su trayecto por el área de estudio en su proceso de fabricación.

4.2.6. Selección del área de trabajo para estudio

El estudio se enfoca directamente al área de pulido de la fábrica de calzado GUSMAR, de manera que la información recopilada y el análisis estarán dirigidos a los procesos de manufactura del área en cuestión.

Se selecciona el área de pulido ya que existe varias complicaciones en la preparación de máquina, dejando así a la materia prima en espera y de la misma manera la pulidora utiliza un motor monofásico por lo que el consumo eléctrico y el mantenimiento del mismo es más costoso que un motor trifásico [36], de igual forma existe desperdicios de material en el proceso de abrillantado, que forma parte esencial para obtener un producto de calidad y que obtenga las especificaciones requeridas por los clientes.

4.2.7. Análisis del proceso productivo en el área de pulido.

Sabiendo que el proceso de fabricación de calzado conlleva varias etapas que van desde el pedido del cliente hasta la entrega del producto terminado, debido a esto se ha tomado medidas correctivas en dicho proceso para llegar a un óptimo desempeño, en el proceso de fabricación, el calzado pasa por el área de pulido dos veces, las cuales se las divide en etapas:

- La primera etapa es cuando llega del proceso de cardado y rayado, pues el material ya ha transcurrido distintos procesos anteriores y para la siguiente etapa deberá cumplir con la inspección correspondiente, **pelar y quemar** parte necesaria para que el pegamento se adhiera a la superficie de esta forma dejándola libre de suciedad para evitar problemas en las siguientes áreas.
- La segunda etapa, cuando el calzado está cerca de terminar su elaboración, pues es necesario darle una adecuada presentación al calzado y cada modelo recibe distinto tipo de **abrillantado y apomazado** con diferentes materiales y velocidades de esta forma calzados GUSMAR aseguran la calidad que caracteriza a la empresa.

4.3. Registrar información mediante la recopilación de datos en el área de pulido

Para registrar todos los detalles del trabajo en el área de pulido y facilitar su análisis, es necesario conocer cómo se lleva a cabo cada una de las actividades realizadas, identificando cada operación, inspección, demoras, almacenamientos y transportes presentes.

Las gráficas y diagramas ayudan al registro de información y representan todos los tipos de actividades que se dan en el proceso de producción tanto del material, operario o máquina.

A continuación, detallamos el orden transitivo de cada una de las operaciones, inspecciones, transportes y almacenamientos que forman parte del diagrama de proceso que se muestra a continuación en la figura 34.

4.4. Primera etapa

4.4.1. Proceso de pelar y quemar

Almacenamiento 1: Recepción y almacenamiento de los cortes armados en la horma provenientes del proceso de cardado.

Espera 1: Seguidamente el material espera que el operario ponga a punto la máquina, seleccione la herramienta para aflojar las polea y haga el cambio de banda para elegir la velocidad adecuada.

Inspección y operación 1: Los cortes armados en la horma son inspeccionados para verificar que tenga el número de la talla y el sello de la empresa y se los pule a velocidad alta pasado las 1500 RPM., con el cepillo de tela y el abrasivo.

Operación 1: Deposita los cortes limpios en una gaveta plástica.

Operación 2: Se detiene la máquina y la aspiradora de pelusa.

Trasporte 1: Se transporta los cortes armados en la horma al proceso de aplicar pegamento.

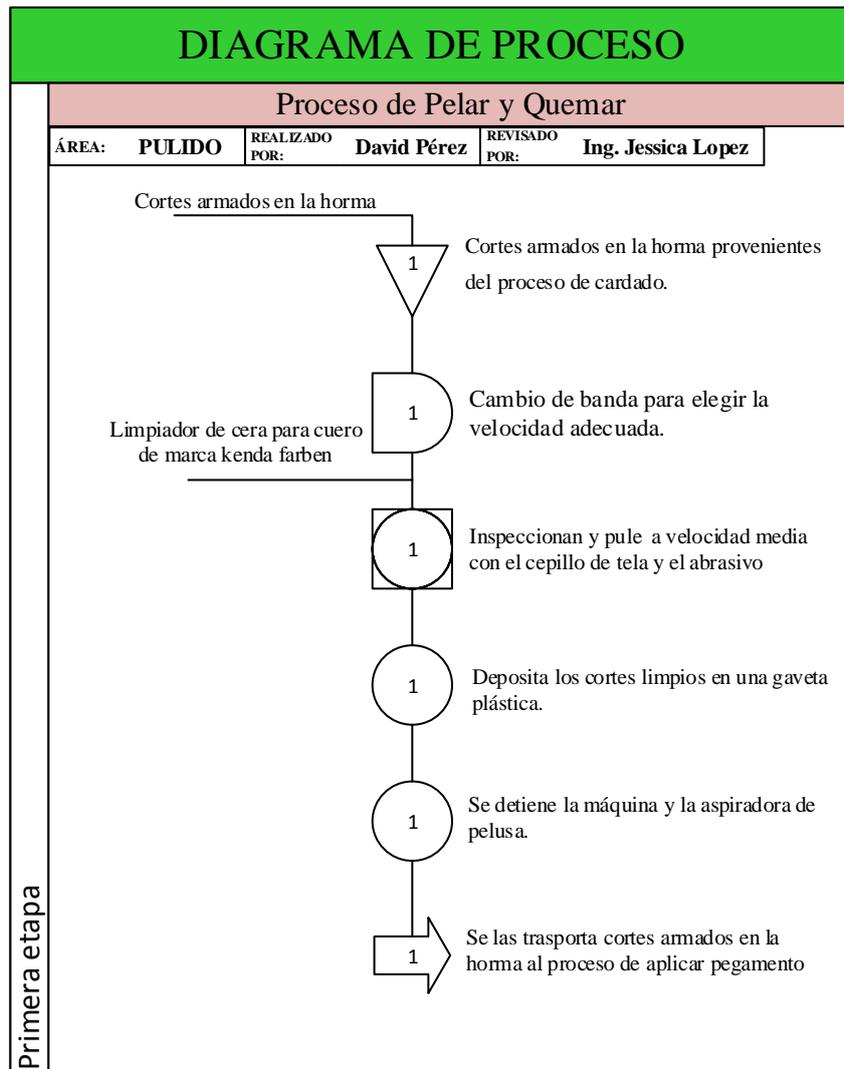


Figura 34. Diagrama de proceso pelado y quemado: Área de pulido.

4.4.2. Cursograma analítico de la forma de trabajo actual en el proceso de pelar y quemar

Se muestra de forma mucho más detallada la trayectoria del material en el proceso de pelar y quemar, señalando todos los hechos mediante el símbolo que corresponda a sus actividades. Mediante este cursograma que se muestra en la Tabla 9, es posible identificar todas las actividades innecesarias o tiempos de demoras.

Tabla 9. Cursograma analítico de la forma de trabajo actual en el proceso de pelar y quemar

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO DE ÁREA DE PULIDO GUSMAR				OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO					
Diagrama N° 1		Hoja N° 1 de 1		ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPUESTO		
Producto	Calzado código 160 y 162			Operación	○	2			
				Transporte	⇨	1			
Actividad	Pelar y quemar los cortes armados en la horma			Espera	D	1			
				Inspección	⊠	1			
Lugar	Fabrica GUSMAR			Almacenamiento	▽	1			
				Distancia (metros)					
Método	Actual			Tiempo (minutos)					
Operarios				Total		6			
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	SÍMBOLO					Observaciones
				○	⇨	D	⊠	▽	
Recepción de los cortes armados en la horma provenientes del proceso de cardado.	12	-	-						12 pares mínimo de pedido
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	-	-	4,3						poner a punto la máquina, seleccione la herramienta para aflojar las polea
Inspecciona para verificar estado y los pule a velocidad media	-	-	7,8						cepillo de tela y el abrasivo
Deposita los cortes limpios en una gaveta plástica.	-	-	-						Manualmente
Se detiene la máquina y la aspiradora de pelusa.	-	-	-						Manualmente.
Se las transporta cortes armados en la horma al proceso de aplicar pegamento.	-	4,6	0,2						
Total	12	4,6	12,3	2	1	1	1	1	

La primera etapa en el área de pulido para el proceso de pelar y quemar del calzado se debe realizar 6 actividades:

En el proceso existen dos operaciones que son deposita los cortes limpios en una gaveta plástica y detener la máquina y aspirar de pelusa, una inspección y operación la cual consiste en revisar el estado del material mientras se pela y quema, una demora por preparación de máquina y un transporte hacia la siguiente área de manufactura.

4.4.3. Estudio de tiempos para el proceso de pelar y quemar en el área de pulido

En la primera etapa el proceso de pelar y quemar cuenta con seis actividades, los cuales se describen en la Tabla 10, con la finalidad de establecer el tiempo tipo o estándar, se realiza un estudio de medición del trabajo.

A continuación se desglosara las tareas u actividades que componen el proceso de pelar y quemar en elementos, los que serán cronometrados deben ser mayores a 2 centésimas de minuto (0.02 min), además deben ser fácilmente reconocibles y deben estar definidos para su respectivo cronometraje.

Tabla 10. Descripción de elementos para la pelar y quemar

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP
Material: Cortes de cuero armado en horma
Proceso : Pelar y quemar (12 par)
Máquinas: Pulidora
Descripción de actividades Pelar y quemar
Cambio de banda para elegir la velocidad adecuada
Pulir e a velocidad alta y deposita los cortes en horma en una gaveta plástica.
Trasporta cortes armados en la horma al proceso siguiente

4.4.4. Muestreo para el estudio de tiempos

Ahora se calcula el número de observaciones para las actividades descritas en la Tabla 10, para esto se sigue un método tradicional para determinar el número de observaciones en la cual se tiene un nivel de confianza de 95% y un margen de error de 5%. Para empezar se tomara 10 lecturas por cada actividad detallada, ya que los tiempos son menores a 2 minutos se los describe en la Tabla 11.

Tabla 11. Tiempos de observaciones preliminares en minutos

OBSERVACIONES DE LAS ACTIVIDADES										
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP										
Material: Cortes de cuero armado en horma										
Proceso: Pelar y quemar (12 pares)										
Máquinas: Pulidora										
Descripción de actividades										
Elementos de pelar y quemar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	4,3	4,1	3,9	4,3	5,1	4	4,3	4,3	4,1	3,9
Pulir e a velocidad media y Deposita los cortes en horma en una gaveta plástica.	8,3	7,8	7,6	7,7	7,5	7,9	7,7	7,5	8,1	7,1
Trasporta cortes armados en la horma al proceso siguiente	0,22	0,27	0,25	0,28	0,23	0,28	0,26	0,28	0,27	0,26

A continuación se calcula el tamaño de la muestra, para ello se remplazara los valores en la ecuación (8) descrita en la sección 2.3.5 del marco teórico.

Al realizar los cálculos de tamaño de muestra, se determina que cantidad de valores se tomaran para el subproceso u operación descrita en la Tabla 10 y el valor obtenido de número de muestra para los elementos, se detallara en la Tabla 12.

A continuación se tomara de ejemplo al primer elemento de la operación.

$$n = \left(40 * \frac{\sqrt{10 * 180,01 - (42,3)^2}}{42,3} \right)^2$$

$$n = 9,666$$

Los cálculos del tamaño de muestra se los detalla en el Anexo 2.

Tabla 12. Tamaño de muestras para los elementos

Elementos de pelar y quemar	Número de observaciones
Cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	10
Pulir e a velocidad media y Deposita los cortes en horma en una gaveta plástica.	3
Trasporta cortes armados en la horma al proceso siguiente	9

Se calcula el tiempo observado por docena en el área de pulido para cada una de las actividades de pelar y quemar en la primera etapa del uso de la pulidora, obteniendo así los números de observación de las actividades según el tamaño de las muestras descritas en la Tabla 12, los tiempos cronometrados se muestra a continuación en la Tabla 13.

Tabla 13. Promedio de tiempos observador para pelar y quemar

TIEMPO PROMEDIO DE ACTIVIDADES OBSERVADAS											
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP											
Material: Cortes de cuero armado en horma											
Proceso: Pelar y quemar (12 pares)											
Máquinas: Pulidora											
Descripción de actividades (min)											
Elementos de pelar y quemar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom
Cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	4,3	4,1	3,9	4,3	5,1	4	4,3	4,3	4,1	3,9	4,3
Pulir a velocidad alta y depositarlos en una gaveta plástica.	8,3	7,8	7,6								7,9
Trasporta cortes armados en la horma al proceso siguiente	0,22	0,27	0,25	0,28	0,23	0,28	0,26	0,28	0,27		0,26

4.4.5. Cálculo del tiempo normal

Ahora se realiza el cálculo del tiempo normal (TN) (Tabla 14), donde se describe el tiempo observado de cada uno de los elementos del proceso de pelar y quemar, así como la valoración del trabajador en cada elemento a través de la ecuación (9) descrita en la sección 2.3.7 del marco teórico.

- **Valoración del ritmo de trabajo**

Para la selección de trabajador calificado se considera una serie de características al momento de realizar el trabajo, se toma en cuenta su aptitud, el conocimiento del trabajo el método para ejecutar su labor, entre otros, este factor conlleva una correlación para el tiempo observado, y los criterios a tomar se encuentran en la Tabla 1.

Se tomara de ejemplo la primera actividad, la valoración es del 100% ya que el trabajador cumple con las especificaciones requeridas.

T.N. = Tiempo del desempeño observado por unidad*Índice de desempeño

$$T.N. = 4,3 \text{ min} * \frac{100 \%}{100\%}$$

$$T.N. = 4,3 \text{ min}$$

Tabla 14. Cálculo del tiempo normal

CÁLCULO DEL TIEMPO NORMAL (TN)			
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP			
Material: Cortes de cuero armado en horma			
Proceso: Pelar y quemar (12 pares)			
Máquinas: Pulidora			
Descripción de actividades TN minutos			
Elementos de pelar y quemar	Prom	V	TN min
Cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	4,3	100/100	4,3
Pulir a velocidad media y Depositarlos en una gaveta plástica.	7,9	100/100	7,9
Trasporta cortes armados en la horma al proceso siguiente	0,26	100/100	0,26
TOTAL DE TIEMPO DE OPERACIÓN POR DOCENA			12,4

En la tabla 14, el cálculo del tiempo normal (TN) para una docena de pares de zapatos, es de 12,4 min sin tomar en cuenta los suplementos de descanso.

El tiempo de actividades manuales (T.A.M.), es 12,4 min para el proceso de pelar y quemar en la pulidora ya que todos los elementos que se realizan en la pulidora son a mano.

Tiempo de máquina (T. M.) ya que los procesos de estudio que se los ejecuta de forma manual el tiempo de maquina es cero.

La Tabla 15, muestra los suplementos por descanso establecidos para la proceso de pelar y quemar tomados de la Tabla 2 descrita en la sección 2.3.9 del marco teórico.

Tabla 15. Suplementos por descanso

SUPLEMENTOS POR DESCANSO		
Trabajador:	MUJER	
		%
Suplementos Constantes	Necesidades personales	7
	Básico por fatiga	4
Suplementos variables	Trabajo de pie	4
	Ruido	2
TOTAL		17

4.4.6. Cálculo del tiempo estándar

El cálculo del tiempo estándar se lo realiza de una forma fundamental, es decir, se precisa un tiempo tipo para cada elemento o actividad del proceso; para ello lo haremos a través de la ecuación (10), descrita en la sección 2.3.8 y se muestra los resultados obtenidos en la Tabla 16.

$$T.S.=\text{Tiempo Normal}*(1+\text{Suplementos})$$

$$T.S. = 4,3*(1+17\%) \text{ [min/docena]}$$

$$T.S. = 5,031 \text{ [min/docena]}$$

Tabla 16. Cálculo de tiempo estándar del proceso de pelar y quemar

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR				
OPERACIÓN PELAR Y QUEMAR				
Elemento	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo estándar	Actividades
Cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	4,3	17%	5,031	D
Pulir a velocidad media y Depositarlos en una gaveta plástica.	7,9	17%	9,243	□
Trasporta cortes armados en la horma al proceso siguiente	0,26	17%	0,304	→
Tiempo estándar de proceso (min/docena)			14,6	

El tiempo estándar por docena descrito en la tabla 16, es de 14,6 minutos para realizar el proceso de pelar y quemar en el área de pulido

4.4.7. Diagrama Hombre-Máquina de la proceso de pelar y quemar

En la Tabla 17, se observa el diagrama Hombre-Máquina de la operación pelar y quemar en el cual se trabaja un docena de zapatos.

Tabla 17. Diagrama Hombre-Máquina de la operación de pelar y quemar

DIAGRAMA HOMBRE - MÁQUINA			Estudio # 01	
Producto: Calzado casual para hombre		Fecha: 15/03/2018		
Material: Cortes de cuero		Elaborado por: David Pérez		
Proceso: pelar y quemar		Revisado por: Ing. Jessica López		
Máquinas: Pulidora		Método de cronometraje: Vuelta a cero		
Elementos del proceso	Operario	Escala	Máquina Pulidora	
		Tiempo - min		
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada		4,3		Ocio
Inspecciona para verificar estado y los pule a velocidad media		7,8		Pelar y quemar
Se las transporta cortes armados en la horma al proceso de aplicar pegamento.		0,26		Trasporte
Suplementos		2,24		
Tiempo de ciclo (min)		14,6		

En el Diagrama Hombre-Máquina de la pulidora de la Tabla 17, se indica el tiempo de ciclo, acción, ocio, mediante este diagrama elaborado un resumen en la Tabla 18, se determina un porcentaje de trabajo del 100% del operario, mientras que la máquina presenta un 53% de tiempo útil y un desperdicio de 46 %, dentro del ciclo de producción.

Tabla 18. Resumen del diagrama Hombre-Máquina de la operación de pelar y quemar

Resumen	Tiempo de Ciclo (min)	Acción (min)	Ocio (min)	Utilización	Desperdicio
Operador	14,6	14,6	0,0	100%	0%
Máquina	14,6	7,8	6,74	53%	46%

4.4.8. Indicadores actuales de producción y productividad

Dentro del tiempo total del proceso productivo del área de pulido en la operación de pelar y quemar para una docena de cortes armados en la horma, existen diversas actividades las cuales contribuyen agregando valor al producto final, también existen operaciones improductivas las cuales se debe identificar para disminuirlas o eliminarlas.

$$\% \text{ Actividades productivas} = \frac{9.243 \text{ min}}{14,6 \text{ T.S}} * 100\% = 63,30\%$$

Los tiempos totales del proceso con las actividades productivas de 9,243 min y tiempo estándar para una docena es de 14,6 min la docena como se muestra en la Tabla 16, existe un 63,30% de tiempo productivo, es decir tiempos destinados a la operación eficaz de pelar y quemar.

$$\% \text{ Actividades improductivas} = \frac{(5,031 + 0,304) \text{ min}}{14,6 \text{ T.S}} * 100\% = 36,54\%$$

Sin embargo, también existe un 36,54% del tiempo total de producción referente a tiempos de actividades improductivas como tiempos de transporte del material de un área a otra, y tiempos de demora en la cual el producto espera un tiempo para ser procesado.

Esto se refiere a que en 14,6 minutos se pelará y quemará una docena de cortes armados en la horma así como 5,031 min y 0,304 min. de actividades improductivas en la primera etapa que el calzado pasa por esta área, tomando en cuenta que se trabaja 5 horas en la mañana el tiempo base para esta operación, ya que en la tarde continúan con la segunda etapa (abrillantado y apomazado) completando así las 8 horas de trabajo,

$$\text{Tiempo base(Tb)} = \frac{5 \text{ horas}}{\text{días (matinal)}} = \frac{300 \text{ min}}{\text{día (matinal)}}$$

4.4.9. Producción del proceso de pelar y quemar

La empresa produce en el área de pulido un promedio de 20 docenas diarias en las 5 horas de trabajo en la primera etapa en la mañana de 8:00 a 13:00, y que el tiempo máximo para producir una docena es de 14,6 minutos.

$$\text{Producción} = \frac{\frac{300 \text{ min}}{\text{día (matinal)}}}{\frac{14,6 \text{ min}}{\text{docena}}} = 20,4 \frac{\text{docena}}{\text{día (matinal)}}$$

El dato teórico se aproxima con el dato real de la empresa que llega a producir en promedio de 21 docenas por día según el dueño de la empresa pero su objetivo es ser más productivos, y la capacidad de producción de la empresa también se puede sustentar en datos calculados de capacidad de producción de la empresa GUSMAR [37].

4.4.10. Productividad

- **Maquinaria**

$$\text{productividad} = \frac{20 \text{ docenas}}{1 \text{ máquina}} = 20 \frac{\text{docena}}{\text{máquina}}$$

En la empresa se produce 20 docenas de cortes armados en la horma en la operación de pelar y quemar en 1 máquina en 5 horas

- **Materiales**

$$\text{productividad} = \frac{20 \frac{\text{docenas}}{\text{día}}}{1,14 \text{ dólares}} = 17,54 \frac{\text{docena}}{\text{dólar de material}}$$

Se produce 17,54 docenas de producto terminado por cada 1,14 dólares según literal 4.24 de insumos económicos o material en la Tabla 7, que invierto entrante destinada solo a fabricar una docena.

- **Económico**

$$\text{productividad} = \frac{20 \text{ docenas /día}}{17,30 \text{ dólares} + 1,14 \text{ dólares}} \frac{20 \text{ docenas /día}}{18,44 \text{ dólares}} = 1,08 \frac{\text{docena}}{\text{dólar}}$$

La productividad económica es de 1,08 docenas/ dólar de producto terminado de una docena de calzado en el área de pulido, tomando en cuenta los insumos de esta etapa de pelar y quemar que son 1,14 dólares por docena como se detalla en la Tabla 7, y también el costo de pago de operarios por día ya que gana 450

mensual transformando equivale que diariamente gana 17,30 dólares la suma de estos valores da el costo de este proceso que es de 18.44 dólares.

- **Energía**

$$\text{productividad} = \frac{20 \frac{\text{docenas}}{\text{día}}}{4 \text{ kW. h} * 0,091 \text{ dólares}} = \frac{20 \frac{\text{docenas}}{\text{día}}}{0,36 \text{ dólares}}$$
$$\text{productividad} = 55,5 \frac{\text{docenas}}{\text{dólares de energía}}$$

Se produce 55,5 docenas de producto terminado invertido relativo a suministros de energía. La energía que se utiliza para producir 20 docenas al día se la deduce de la multiplicación de 4 kW. h por el precio unitario de kW (0,091 dólares) quedando como resultado 0,36 dólares/día que paga por el consumo eléctrico de la pulidora como se detalla en la Tabla 6.

Se debe considerar que el consumo en la mañana es de 0,36 dólares

4.5. Segunda etapa

4.5.1. Proceso de abrillantado y apomazado

En esta etapa del proceso productivo la materia prima regresa después de una serie de operaciones, ya casi listo para el empaquetado, sin embargo el proceso de abrillantado y apomazado es de mucha importancia para llegar a los objetivos de calidad, presentación del producto terminado.

En la empresa calzado GUSMAR existen diversos modelos de calzado en distinto tipo de material para este caso del proceso de abrillantado será aplicado a los modelos de código 162 y 160 como se muestra en la Tabla 8.

- **Abrillantado**

La velocidad del giro de los cepillos no debe sobrepasar de los 800 RPM., pues a una mayor velocidad, se corre el riesgo de quemar la suela o de pelar la piel, sobre todo si el operario no es hábil en el movimiento de las manos [38].

En esta parte del proceso de terminado al zapato se lo cepilla la parte del canto (parte lateral de la suela) con movimientos rotativos en sentido contrario al giro de los cepillos, luego se cepille la piel, posteriormente la planta y la boca del tacón, se debe observar que no queden rastros de betún y pastas, las superficies deben quedar lisas y brillantadas como se muestra en la Figura 35 [39].

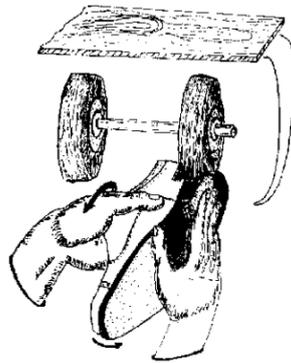


Figura 35. Cepillar el zapato [39].

- **Apomazado**

La siguiente operación es apomazado de las plantas y el tacón; que estén al natural para esto se debe elevar la velocidad a 1200 RPM. [39], con mucho cuidado, evite tocar o raspar con la poma la parte entintada, la presión que haga a la poma tiene que ser muy suave, para no pelar o desflorar la suela, como se muestra en la Figura 36 [39].

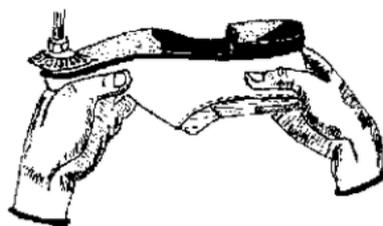


Figura 36. Apomazado de la suela del calzado [39].

A continuación, se detalla el orden transitivo de cada una de las operaciones, inspecciones, transportes y almacenamientos que forman parte del diagrama de proceso que se muestra en la figura 37.

Almacenamiento 1: Recepción del calzado proveniente de del área de terminado.

Espera 1: Seguidamente el material espera que el operario ponga a punto la máquina, seleccione la herramienta para aflojar las polea y haga el cambio de banda para elegir la velocidad adecuada.

Inspección y operación 1: El calzado es inspeccionados para verificar su estado y abrillanta a velocidad media no debe sobrepasar de los 800 RPM, con el cepillo de cerda de caballo y la cera carnauba.

Operación 1: Deposita los cortes limpios en una gaveta plástica.

Espera 2: A continuación el material espera que el operario seleccione la herramienta para aflojar la polea y haga el cambio de banda para elegir la velocidad adecuada para el proceso de apomazado.

Operación 2: Se enciende la máquina y la aspiradora para realizar la operación de terminar la planta en el apomazado en el calzado.

Operación 3: Deposita los zapatos terminados en una gaveta plástica.

Operación 4: Se detiene la máquina y la aspiradora de pelusa.

Trasporte 1: Se las transporta los zapatos a la mesa de terminado para el empaquetado.

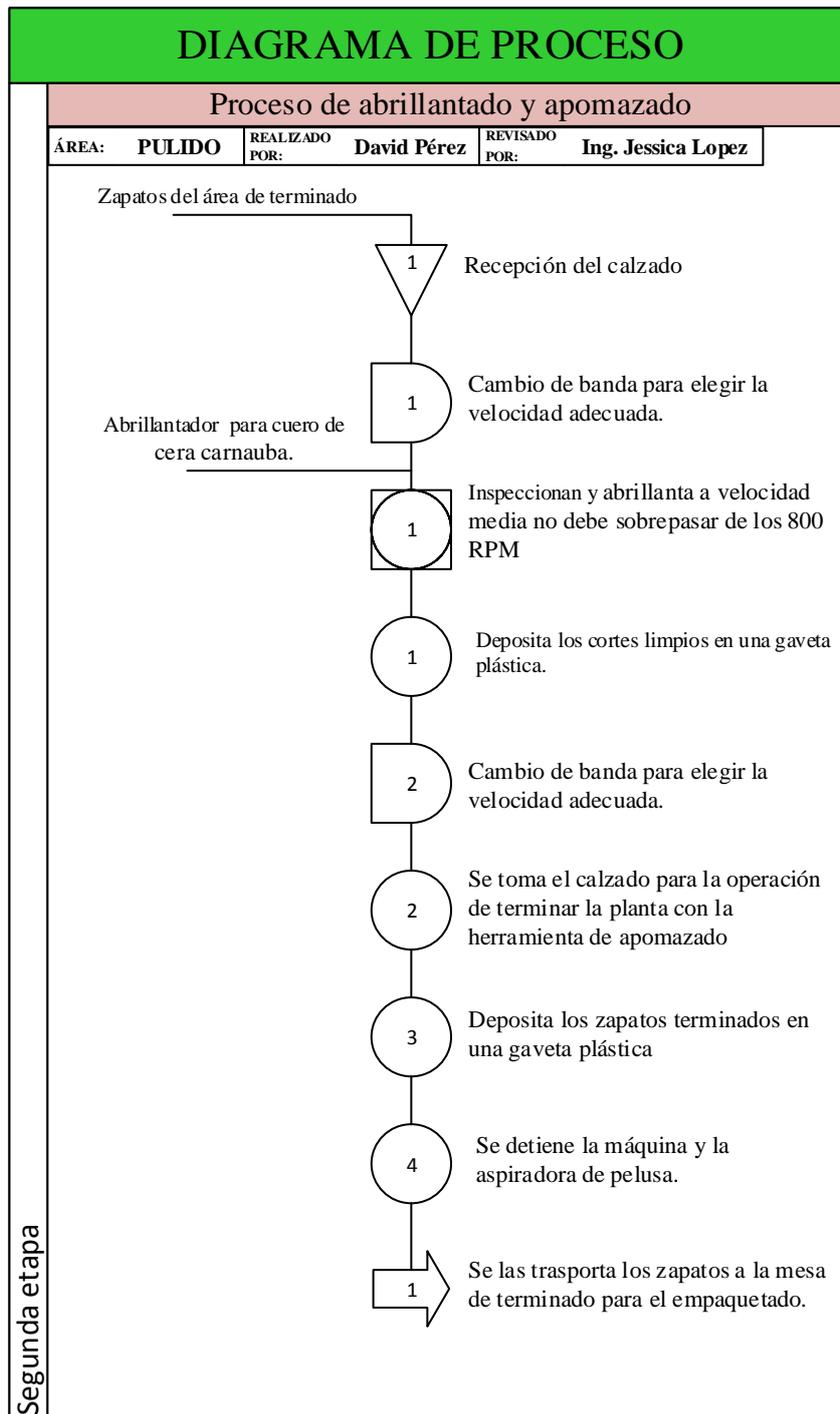


Figura 37. Diagrama de proceso de abrillantado: Área de pulido.

4.5.2. Cursograma analítico actual en la proceso de abrillantado y apomazado

Muestra de forma mucho más detallada la trayectoria del material por el área de pulido, en lo señalado todos los hechos, mediante el símbolo que corresponda a sus actividades. Mediante este cursograma que se muestra en la Tabla 19, es posible identificar todas las operaciones innecesarias o tiempos de demoras.

Tabla 19. Cursograma analítico actual en proceso de abrillantado y apomazado.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO DE ÁREA DE PULIDO GUSMAR				OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO					
Diagrama N° 1		Hoja N° 1 de 1		ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPUESTO		
Producto	Calzado código 160 y 162		Operación	○	4				
			Transporte	⇨	1				
Actividad	Abrillantado y apomazado los cortes armados en la horma		Espera	⊔	2				
			Inspección	⊠	1				
Lugar	Fabrica GUSMAR		Almacenamiento	▽	1				
			Distancia (metros)						
Método	Actual		Tiempo (minutos)		24				
Operarios			Total		9				
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	SÍMBOLO					Observaciones
				○	⇨	⊔	⊠	▽	
Recepción del calzado proveniente de del área de terminado	12	-	-						
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	-	-	4,3						
Inspecciona y abrillantar a velocidad media	-	-	6,8						no debe sobrepasar de los 800 RPM
Deposita los cortes limpios en una gaveta plástica.	-	-	-						Manualmente
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	-	-	4,3						proceso de apomazado
realizar la operación de apomazado de la suela en el calzado	-		8,6						A velocidad de los 1200 RPM
Deposita los zapatos terminados en una gaveta plástica.			-						
Se detiene la máquina y la aspiradora de pelusa.			-						
Se las transporta los zapatos a la mesa de terminado para el empaquetado.		1.30	-						
Total	12		24	4	1	2	1	1	

La segunda etapa en el área de pulido correspondiente al proceso de abrillantado y apomazado del calzado se debe realizar 9 actividades en el área de pulido, en las que existen 4 operaciones, 1 inspección y operación, 2 demora por preparación de máquina y 1 transporte hacia la siguiente área de terminado.

4.5.3. Estudio de tiempos para el proceso de abrillantado y apomazado.

En la segunda etapa del proceso de abrillantado y apomazado, cuenta con 9 elementos y los más significativos se describen en la Tabla 20, con la finalidad de establecer el tiempo tipo o estándar, se realiza un estudio de medición del trabajo.

A continuación se desglosa las tareas u operaciones que componen el proceso de abrillantado y apomazado en elementos, los que serán cronometrados y deben ser mayores a 2 centésimas de minuto (0.02 min), además deben ser fácilmente reconocibles y deben estar definidos para su respectivo cronometraje.

Tabla 20. Descripción de elementos para abrillantar y apomazado

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP
Material: calzado
Proceso: Abrillantado y apomazado (12 par)
Máquinas: Pulidora
Descripción de actividades Pelar y quemar
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada
Inspecciona y pulir a velocidad media
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada
Realizar la operación de apomazado de la suela en el calzado

4.5.4. Muestreo para el estudio de tiempos

Ahora se va a calcular el número de observaciones para las actividades descritas en la Tabla 20, para esto se sigue un método tradicional para determinar el número de observaciones en la cual se tiene un nivel de confianza de 95% y un margen de error de 5%. Para empezar se tomara 10 lecturas por cada actividad, ya que los tiempos son menores a 2 minutos, se los detalla en la siguiente Tabla 21.

Tabla 21. Tiempos de observaciones preliminares en minutos

OBSERVACIONES DE LAS ACTIVIDADES										
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP										
Material: calzado										
Proceso: Abrillantado y apomazado (12 par)										
Máquinas: Pulidora										
Descripción de actividades										
Elementos de Abrillantado y apomazado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	4,3	4,1	3,9	4,3	5,1	4	4,3	4,3	4,1	3,9
Inspecciona y abrillantar a velocidad media	6,4	6,5	6,4	7,1	6,8	6,3	6,4	6,6	6,3	6
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	4,3	4,3	3,9	4,3	4	5,1	4,1	4,3	4,1	3,9
Realizar la operación de apomazado de la suela en el calzado	8,1	8,3	8,7	8,5	8,8	7,8	8,8	7,6	8,4	8,9

A Continuación se calcula el tamaño de la muestra, para ello se reemplaza los valores en la ecuación (8) descrita en la sección 2.3.5 del marco teórico.

Al realizar los cálculos de tamaño de muestra, se determina que cantidad de valores, se tomara para el subproceso u operación descrita en la Tabla 20 y el valor obtenido dará el número de muestra para los elementos, se detallaran en la Tabla 22.

A continuación tomaremos de ejemplo al primer elemento el proceso

$$n = \left(40 * \frac{\sqrt{10 * 180,01 - (42,3)^2}}{42,3} \right)^2$$

$$n = 9,666$$

Los cálculos del tamaño de muestra se los detallara en el Anexo 3.

Tabla 22. Tamaño de muestras para los elementos

Elementos de Abrillantado y apomazado	Número de observaciones
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	10
Inspecciona y abrillantar a velocidad media	3
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	10
Realizar la operación de apomazado de la suela en el calzado	4

Se calcula el tiempo observado por docena en el área de pulido para cada una de las operaciones de abrillantado y apomazado, dando así los tiempos de observación de las actividades según el tamaño de las muestras descritas en la Tabla 22, los tiempos cronometrados se muestra continuación en la Tabla 23.

Tabla 23. Promedio de tiempos observador para abrillantado y apomazado

TIEMPO PROMEDIO DE ACTIVIDADES OBSERVADAS											
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP											
Material: Calzado											
Proceso: Abrillantado y apomazado (12 par)											
Máquinas: Pulidora											
Descripción de actividades (min)											
Elementos de abrillantado y apomazado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom.
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	4,3	4,1	3,9	4,3	5,1	4	4,3	4,3	4,1	3,9	4,23
Inspecciona y abrillantar a velocidad media	7,1	6,8	6,4								6,77
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	4,3	4,1	3,9	4,3	3,9	4	4,3	4,3	4,1	5,1	4,23
Realizar la operación de apomazado de la suela en el calzado	8,1	8,3	8,7	8,5							8,4

4.5.5. Cálculo del tiempo normal

Ahora se realiza el cálculo del tiempo normal (TN) (Tabla 24), donde se describe el tiempo observado de cada uno de los elementos del proceso de abrillantado y apomazado, así como la valoración del trabajador en cada elemento a través de la ecuación (9) descrita en la sección 2.3.7 del marco teórico.

- **Valoración del ritmo de trabajo**

La selección de trabajador calificado el cual presenta una serie de características al momento de realizar el trabajo donde se toma en cuenta su aptitud el conocimiento del trabajo el método para ejecutar su labor entre otros, este factor conlleva una correlación para el tiempo observado, y los criterios a tomar se encuentran en la Tabla 1.

Se toma como ejemplo la primera actividad del proceso de abrillantado y apomazado, la valoración es del 100% ya que el trabajador cumple con las especificaciones requeridas y descritas en la Tabla 1.

T.N. = Tiempo del desempeño observado por unidad*Índice de desempeño

$$T.N. = 4,23 \text{ min} * \frac{100 \%}{100\%}$$

$$T.N. = 4,23 \text{ min}$$

Tabla 24. Cálculo del tiempo normal

CÁLCULO DEL TIEMPO NORMAL (TN)			
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP			
Material: Calzado			
Proceso: Abrillantado y apomazado(12 pares)			
Máquinas: Pulidora			
Descripción de actividades TN minutos			
Elementos de Abrillantado y apomazado	Prom	V	TN min
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	4,23	100/100	4,23
Inspecciona y abrillantar a velocidad media	6,77	100/100	6,77
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	4,23	100/100	4,23
Realizar la operación de apomazado de la suela en el calzado	8,4	100/100	8,4
TOTAL DE TIEMPO DE OPERACIÓN POR DOCENA			23,63

El tiempo de actividades manuales (T.A.M.), es 23,63 min., para la operación de abrillantado y apomazado en la pulidora, ya que el tiempo de todos los elementos los hace manualmente.

Tiempo de máquina (T. M.), no existe ya que los elementos de estudio que se los ejecuta de forma manual el tiempo de maquina es cero.

La Tabla 15, muestra los suplementos por descanso establecidos para la actividad de abrillantado y apomazado, tomados de la Tabla 2 descrita en la sección 2.3.9 del marco teórico.

Tabla 25. Suplementos por descanso

SUPLEMENTOS POR DESCANSO		
Trabajador:	MUJER	
		%
Suplementos Constantes	Necesidades personales	7
	Básico por fatiga	4
Suplementos variables	Trabajo de pie	4
	Ruido	2
TOTAL		17

4.5.6. Cálculo del tiempo estándar

El cálculo del tiempo estándar se lo realiza de forma precisa, un tiempo tipo para cada elemento o actividad de la operación; para ello se lo hará a través de la ecuación (10) descrita en la sección 2.3.8 y se muestra los resultados obtenidos en la Tabla 26.

$$T.S.=\text{Tiempo Normal}*(1+\text{Suplementos})$$

$$T.S. = 4,23*(1+17\%) \text{ [min/docena]}$$

$$T.S. = 4,95 \text{ [min/docena]}$$

Tabla 26. Cálculo de Tiempo estándar del proceso de abrillantado y apomazado

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR				
OPERACIÓN ABRILLANTADO Y APOMAZADO				
Elemento	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo estándar	Actividades
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	4,23	17%	4,95	D
Inspecciona y abrillantar a velocidad media	6,77	17%	7,92	□
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	4,23	17%	4,95	D
Realizar la operación de apomazado de la suela en el calzado	8,4	17%	9,83	○
Tiempo estándar de operación (min/docena)			27,65	

El tiempo estándar por docena descrito en la Tabla 26, es de 27,65 minutos para realizar el proceso de abrillantado y apomazado en el área de pulido

4.5.7. Diagrama Hombre-Máquina el proceso de abrillantado y apomazado

En la Tabla 27, se observa el diagrama Hombre-Máquina de la operación abrillantado y apomazado en el cual se trabaja una docena de zapatos.

Tabla 27. Diagrama Hombre-Máquina de la operación de abrillantado y apomazado

DIAGRAMA HOMBRE - MÁQUINA			Estudio # 01	
Producto: Calzado casual para hombre	Fecha: 15/03/2018			
Material: Cortes de cuero	Elaborado por: David Pérez			
Proceso: abrillantado y apomazado	Revisado por: Ing. Jessica López			
Máquinas: Pulidora	Método de cronometraje: Vuelta a cero			
Elementos del proceso	Operario	Escala	Máquina Pulidora	
		Tiempo - min		
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada		4,23		Ocio
Inspecciona y abrillantar a velocidad media		6,77		Abrillantado
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada		4,23		Ocio
Realizar la operación de apomazado de la suela en el calzado		8,4		Apomazado
Suplementos		4,02		
Tiempo de ciclo (min)		27,65		

En el Diagrama Hombre-Máquina de la pulidora de la Tabla 27, se indica el tiempo de ciclo, acción, ocio, mediante este diagrama elaborado un resumen en la Tabla 28, se determina un porcentaje de trabajo del 100% del operario, mientras que la máquina presenta un 55 % de tiempo útil y un desperdicio de 45 %, dentro del ciclo de producción.

Tabla 28. Resumen del diagrama Hombre-Máquina de la operación de abrillantado y apomazado

Resumen	Tiempo de Ciclo (min)	Acción (min)	Ocio (min)	Utilización	Desperdicio
Operador	27,65	27,65	0	100%	0%
Máquina	27,65	15,17	12,48	55%	45%

4.5.8. Indicadores actuales de producción y productividad

Dentro del tiempo total del proceso productivo del área de pulido en la operación de abrillantado y apomazado para una docena de zapatos listos para empaquetar, existen diversas actividades las cuales contribuyen agregando valor al producto final, también existen operaciones improductivas las cuales se debe identificar para disminuirlas o eliminarlas.

$$\% \text{ Actividades productivas} = \frac{7,92 \text{ min} + 9,83 \text{ min}}{27,65 \text{ T.S.}} * 100\% = 64,2\%$$

Los tiempos totales del proceso con las actividades productivas de 7,92 min y 9,83 min suman 17,75 min la docena y un tiempo estándar de 27,65 min/docena, como se muestra en la Tabla 26, que representa un 64,2% de tiempo productivo, es decir tiempos destinados a la operación eficaz de abrillantado y apomazado.

$$\% \text{ Actividades improductivas} = \frac{4,95 \text{ min} + 4,95 \text{ min}}{27,65} * 100\% = 35,8\%$$

Sin embargo, también existe un 35,8% del tiempo total de producción referente a tiempos de actividades improductivas, de 4,95 min, concerniente a cambio de velocidad que son tiempos de demora en la cual el producto espera un tiempo para ser procesado.

En el tiempo estándar es de 27,65 minuto en el proceso de abrillantado y apomazado una docena de zapatos, en la segunda etapa del proceso de fabricación que pasa por esta área, tomando en cuenta que se trabaja 3 horas en la tarde.

El tiempo base para la tarde es de 3 horas para cumplir las 8 horas de trabajo sumadas las 5 horas de la mañana.

$$\text{Tiempo base(Tb)} = \frac{3 \text{ horas}}{\text{días (tarde)}} = \frac{180 \text{ min}}{\text{día (tarde)}}$$

4.5.9. Producción de abrillantado y apomazado

$$\text{Producción} = \frac{\frac{180 \text{ min}}{\text{día (tarde)}}}{\frac{27,65 \text{ min}}{\text{docena}}} = 6,5 \frac{\text{docena}}{\text{día (tarde)}}$$

La empresa produce en el área de pulido un promedio de 7 docenas diarias en las 3 horas de trabajo en la segunda etapa del uso del área de pulido en la tarde de 14:00 a 17:00.

La empresa llega a producir en promedio 21 docenas por día según el dueño de la empresa pero su objetivo es ser más productivos, y capacidad de producción de la empresa también es sustentable en estudios basados en datos calculados de capacidad de producción de la empresa GUSMAR [37].

4.5.10. Productividad de abrillantado y apomazado.

- **Maquinaria**

$$\text{productividad} = \frac{7 \text{ docenas}}{1 \text{ máquina}} = 7 \frac{\text{docena}}{\text{máquina}}$$

En la empresa se produce 7 docenas de calzado en la operación de pelar y quemar en 1 máquina en 3 horas

- **Materiales**

$$\text{productividad} = \frac{7 \frac{\text{docenas}}{\text{día}}}{1,28 \text{ dólares de material}} = 5,46 \frac{\text{docena}}{\text{dólar de material}}$$

Se produce 5,46 docenas de producto terminado por cada 1,28 dólares de insumos o material para abrillantado como se muestra en la Tabla 7, que invierto entrante destinada solo a fabricar una docena.

- **Económico**

$$\text{productividad} = \frac{7 \text{ docenas /día}}{17,30 \text{ dólares} + 1,28 \text{ dólares}} \frac{7 \text{ docenas /día}}{18,58 \text{ dólares}} = 0,38 \frac{\text{docena}}{\text{dólar}}$$

La productividad económica es de 0,38 docenas de producto terminado de una docena de calzado en el área de pulido, tomando en cuenta los insumos de esta etapa de abrillantado que es 1,28 dólares por docena como se detalla en la Tabla 7, y también el costo de pago de operarios por día ya que gana 450 mensual y diariamente gana 17,30 dólares la suma de estos valores me da el costo de este proceso que es d. 18.58 dólares.

- **Energía**

$$\text{productividad} = \frac{7 \frac{\text{docenas}}{\text{día}}}{2,4 \text{ kW.h} * 0,091 \text{ dólares}} = \frac{7 \frac{\text{docenas}}{\text{día}}}{0,21 \text{ dólares}}$$

$$\text{productividad} = 33,3 \frac{\text{docenas}}{\text{dólares de energía}}$$

Se produce 33,3 docenas de producto terminado, invertido relativo de suministros de energía. La energía que se utiliza para producir 7 docenas en la tarde se la deduce de la multiplicación de 2,4 kW.h por el precio unitario de kW (0,091 dólares) quedando como resultado 0,36 dólares/día que paga por el consumo eléctrico de la pulidora como se detalla en la Tabla 6.

4.6. Identificación del problema en el área de pulido.

4.6.1. Problemas, causas y propuestas de solución en el sistema de producción del área de pulido.

El problema principal es la pérdida de productividad que se da por la realización de actividades en el proceso de producción que no añaden valor al producto, como el tiempo

de demora de la materia prima por parte del cambio de bandas para la velocidad de trabajo, como se visualiza en la Tabla 9 y Tabla 19, y estos genera paros en el proceso.

Al haber pérdida de productividad, la empresa no produce lo requerido llegando a incumplir ciertos pedidos generando una demanda insatisfecha. Así mismo, se sabe que los tiempos improductivos de las dos operaciones en la mañana y la tarde es 36,54% y 35,8% respectivamente, por lo que algunos pedidos la empresa lo entrega con días de retraso. Esto obliga a tomar medidas no favorables a la empresa como: pago de horas extras a los trabajadores, aplazamiento de los pedidos para obtener más tiempo de fabricación y debido a trabajar de una forma empírica disminuye la calidad del producto terminado.

De manera minuciosa se presenta en la Tabla 29, las causas del problema y las propuestas de solución para cada una de estas.

Tabla 29. Causas del problema y las propuestas de solución para el área de pulido

PROBLEMA	CAUSAS	PROPUESTA DE SOLUCIÓN
<p>PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE PULIDO</p>	<p>Baja productividad por demoras innecesarias en preparación de maquina al cambiar las banda para variar la velocidad.</p>	<p>Implementar un sistema automatizado con un dispositivo programable que permita el control operativo del cambio de velocidad en la estación de pulido, para la disminución o eliminación de tiempos improductivos.</p>

4.7. Desarrollo de mejora.

Se realiza un estudio para la reducción de tiempos en el proceso de producción de calzado, se identifica las formas en las que se pueden controlar la velocidad del motor de la máquina pulidora de modo automático y de esta forma mejorar los tiempos de producción.

4.7.1. Estado inicial de la máquina.

El estado actual de la máquina pulidora es funcional y se sabe que es construida de forma artesanal y necesariamente demanda un sistema de control para lo cual el enfoque será en los elementos que se utiliza para cada proceso, cuales están en desuso, las partes que podrían ser reutilizados y cuales ya cumplieron su vida útil. A partir de la información

recolectada, se pretende idear una solución de automatización acorde a la necesidad presentada en el capítulo anterior, para poder repotenciar la máquina.

- **Descripción de la máquina pulidora**

La pulidora se encuentra como se muestra en la Figura 38, todo el sistema de movimiento se basa como se ve en la ubicación 1, en un único motor eléctrico monofásico a 110 voltios de ½ hp a de 1725 RPM., descrita en la placa del motor mostrada en el Anexo 1, que mediante transmisión de poleas en la ubicación número tres, hace girar un eje donde se encuentran los cepillos pulidores mostrados en la ubicación número cuatro, que mediante el cual la regulación de la tensión de la banda se realiza el control de velocidad de la máquina.

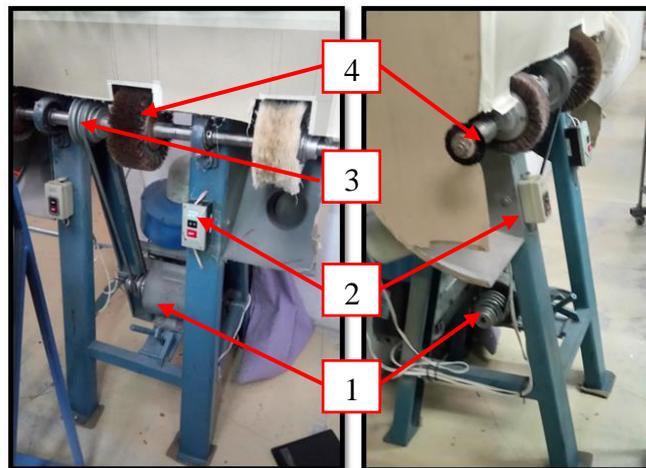


Figura 38. Máquina pulidora estado actual y ubicación

La máquina posee dos botoneras colocadas como se muestra en la Figura 38, en la ubicación 2, que realiza exactamente las mismas funciones que los botones de marcha y paro y la otra pone a funcionar el aspirador para los polvos de desecho.

- **Datos técnicos de elemento funcionales**

Para poder generar una propuesta de automatización es preciso recaudar información de los elementos que aun puedan funcionar para la repotenciación de la máquina, como motores, botoneras y poleas.

Después de una revisión minuciosa, los elementos no funcionales es el motor monofásico ya que el mantenimiento es muy costoso, el consumo de corriente es elevado, el control de velocidad para un motor monofásico es muy reducido e impreciso.

Tabla 30. Elementos no funcionales de la estación de pulido.

MOTOR DE LA MAQUINA	
ESPECIFICACIONES	
Marca	WEG
Voltaje de operación	110 V / 220V
Corriente	9.0A / 4.5 A
Potencia	1/2 Hp
Velocidad	1725
Frecuencia	60
condensador de arranque y de operación	



Mientras tanto los demás elementos funcionales encontrados en la máquina como botoneras de arranque cables, bandas, poleas y demás parte de estructura están en perfecto estado para su uso en el reacondicionamiento de la máquina.

4.8. Propuesta de Automatización

A partir de la información recolectada, se pretende proporcionar una idea inicial que contemple la repotenciación de la máquina, la reutilización de algunos elementos y la renovación de otros para de esta manera cumplir con las necesidades de la empresa y mejorar la producción de calzado. Para una excelente actividad de la máquina y del proceso de pelado y quemado así como el de abrillantado, de esta forma se plantea ciertas mejoras que serán enunciadas a continuación:

- Un control del sistema, tanto en modo manual y automático.
- Un tablero de control donde se visualice la velocidad a la de trabajo y se pueda elegir la velocidad deseada.
- Un encoder para realimentación y del sistema de control.
- Un control de velocidad PID.

Para efectuar la propuesta inicial se debe contemplar soluciones y equipos de no muy alto costo ni sobre dimensionados, tomando en cuenta también la relación costo beneficio para la producción de calzado, ya que la fábrica de calzado GUSMAR, no contempla costear los costos repotenciación de esta máquina.

4.8.1. Selección del motor

Para la pulidora se debe adquirir un motor trifásico a 220v, del mismo voltaje la red eléctrica de la empresa GUSMAR, que tenga un bajo costo, marca confiable y reconocida, su capacidad mayor a ½ HP o 1HP, un consumo de menor a 3.5 Amperios, un factor de potencia q no exceda (Fp) 0.8, y sus revoluciones sea mayor de 1750 RPM, estos datos especificados fueron tomados determinando la corriente de carga realizada por la fórmula (11) para corriente para trifásica:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_{ll} * \cos \vartheta} \quad (11)$$

Donde:

$\sqrt{3}$ = constante para corriente trifásica

V_{ll} = voltaje de línea a línea

ϑ = factor de potencia

P = potencia de consumo en vatios (W)

Datos:

Voltaje línea línea: 220 V trifásica

P=1 HP=0,75 kW (no es para un trabajo que implique demasiado torque, en mercado existe 0,5 y 1 Hp)

Fp= 0,8

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_{ll} * \cos \vartheta}$$

$$I = \frac{750 W}{\sqrt{3} * 220 * \cos 0.8}$$

$$I = 2,46 A$$

Con estos parámetros se podrá determinar el motor adecuado para la pulidora y de igual manera se tendrá en cuenta para los demás elementos de control del sistema propuesto.

- **Método de selección**

Ahora para determinar el mejor opción de los que existen en el mercado, se realiza una matriz de comparación, tomando en cuenta el costo, marca, capacidad hp, corriente y velocidad se le da una calificación de 1 a 5 donde el valor menor es considerado como no aceptable y el valor más alto como apropiado los valores dependerán del criterio del diseñador.

Tabla 31. Matriz de selección de motor trifásico jaula de ardilla

SELECCIÓN DEL MOTOR TRIFÁSICO											
MARCA	COSTO (dólares)		CAPACIDAD (HP)		VOLTAJE (V)		CORRIENTE (A)		VELOCIDAD (RPM)		TOTAL
	100	5	1 Hp	5	220/380	5	3,11 ~2,08	4	1750	5	24
	150	3	0,5 Hp	3	220/340	5	2,8 ~1,75	5	1425	2	18
	100	5	0,5 Hp	3	220/440	5	5,2 ~2,6	2	1180	2	17

De acuerdo a estos datos analizados se estableció que el diseño eléctrico no necesita más de 1HP, una velocidad no mayor a 1750 rpm, cuyo voltaje manejado será de 220 voltios y cuya corriente nominal no superara los 3.5 amperios.

El motor adecuado para la tarea es un de la familia Weg jaula de ardilla que resulto con el menor costo del mercado, como el que consta en la Tabla 31, y la factura de compra se encuentra en el Anexo 4, las siguientes características del motor se las detalla en la placa del motor en la Figura 39 y 40, a continuación:



Figura 39. Placa del Motor trifásico seleccionado



Figura 40. Motor jaula de ardilla 4 polos 1 hp

4.8.2. Selección del variador de frecuencia

A continuación, una vez seleccionado el motor, se elige el control de velocidad para la operación, como detallamos en el marco teórico la mejor opción para controlar la velocidad sin pérdida de torque y poder disminuir o aumentar la velocidad, es un variador de frecuencia la opción más adecuado para realizar el control del motor.

Se conoce que los requisitos mínimos que necesita el variador de acuerdo al motor seleccionado y se decidirá las características del variador de frecuencia tomando en

cuenta el costo del instrumento, una marca confiable, que contenga funciones especiales de PID, entrada de voltaje y salida de voltaje, entradas analógicas de realimentación y de control como se muestra en la Tabla 32.

- **Método de selección**

Se usara la misma forma de selección de elementos, la cual se da una calificación de 1 hasta 5 donde el valor menor es considerado como no aceptable y el valor más alto como apropiado los valores dependerán del criterio del diseñador.

Tabla 32. Selección del variador de frecuencia.

SELECCIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA																
MARCA	COSTO (dólares)		CAPACIDAD (HP)		VOLTAJE LINEA ENTRADA (V)		VOLTAJE LINEA SALIDA (V)		CORRIENTE MAX (A)		FUNCION PID		ENTRADAS ANALOGICAS		TOTAL	
	 WEG CFW 10	4	240 \$	4	1 HP	3	200~240 2f~3f	5	0~ RED LINEA 3f	5	4 A	5	SI	5		SI	5	36
 CHINA VFD MANUFACURERS	2	199 \$	5	2HP	4	220 2f~3f	4	0~ RED LINEA 3f	5	7 A	5	NO	1	SI	5	31
 SIEMENS G110	5	300 \$	3	3 HP	5	230 2f~3f	4	0~ RED LINEA 3f	5	11 A.	5	NO	1	SI	5	33

Conforme a estos datos analizados se estableció que el control de velocidad por medio de un variador de frecuencia, sabiendo que se requiere una capacidad mínima de 1Hp, una corriente de salida no menor a 3.11 Amperios descrita en los cálculos de corriente de la formula (11), el voltaje de línea a línea de entrada es 220 V monofásica (2f) y una salida de voltaje 220 V trifásica (3f) y además que posea funciones especiales como PID que ofrecerá un control de laso cerrado. El variador de frecuencia seleccionado es uno de la familia Weg, con el menor costo del mercado como el que consta en la Tabla 32, y la factura de compra se encuentra en el Anexo 5, las siguientes características del variador de frecuencia se las detalla en la placa del variador, cfw 10 weg en la Figura 41 y 42, a continuación:



Figura 41. Placa del variador de frecuencia cfw 10 weg.



Figura 42. Variador de frecuencia cfw 10 weg.

4.8.3. Selección de la tarjeta de control arduino.

Para la etapa en la que los datos van a hacer procesados es importante tener las entradas y salidas digitales, entradas de lectura de frecuencia o puertos rápidos y salidas de PWM, por lo que se conoce las características de la tarjeta de control arduino, así como se lo enuncio en el marco teórico y de esta forma cumple con las necesidades del sistema de control, pues cuenta con la capacidad de memoria para procesar las lecturas del sensor y ejecutar sentencias de control. La tarjeta de adquisición Arduino Mega 2560, cumple con los requerimientos expuestos anteriormente.

Los proveedores de este tipo de tarjetas son extensos lo cual se prefiere elegir de acuerdo al costo más conveniente y la garantía que ofrece, se las expone en la Tabla 33.

- **Método de selección**

Se usara la misma forma de selección de elementos, la cual se da una calificación de 1 hasta 5 donde el valor menor es considerado como no aceptable y el valor más alto como apropiado los valores dependerán del criterio del diseñado

ROBOTICS ECUADOR: Importación y venta de componentes electrónicos al por mayor y menor [40]

ELECTROSTORE: Distribuidores de Arduinos, rapberries, sensores, módulos, y todo para tu robot como: motores, llantas, sensores, controladores y chasis. [41]

MEGAELECTRONICS: Diseño electrónico, venta de dispositivos electrónicos, tecnología y Soporte técnico. [42]

Tabla 33. Selección de la tarjeta Arduino

SELECCIÓN DE LA TARJETA ARDUINO			
VENDEDOR	COSTO (dólares)	GARANTÍA	TOTAL
MEGAELECTRONICS	14,99 \$	1 MES	8
	5	3	
ELECTROSTORE	18,99 \$	1 MES	6
	3	3	
ROBOTICS ECUADOR	16,40	NO	5
	4	1	

Una vez seleccionado al mejor proveedor para realizar la compra del tipo de arduino como se detalla en el marco teórico, la factura de compra se detalla en el Anexo 6, a continuación se muestra en la Figura 43.

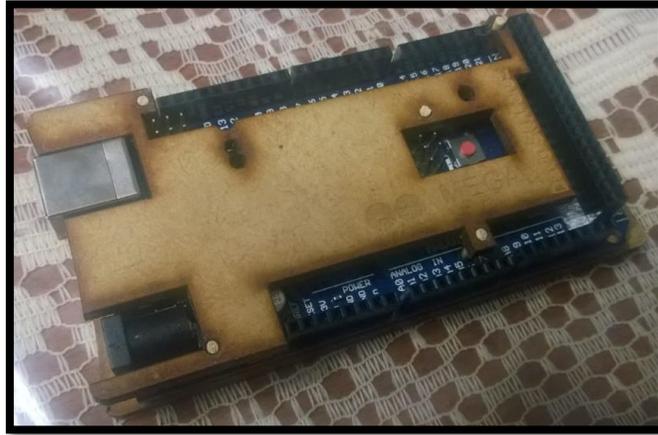


Figura 43. Tarjeta Arduino Mega 2560.

4.8.4. Selección del encoder.

Para adquirir la señal de retroalimentación del motor, se debe conocer qué velocidad a se encuentra girando el motor es decir leer sus revoluciones, en el mercado existen diversos tipos de encoder, para este caso se necesitara que tenga una apreciación de 1000 pulsos /revolución o más, ya que el motor en su placa enuncia los 1750 rpm/min.

- **Método de selección**

Se usara la misma forma de selección de elementos, la cual se da una calificación de 1 hasta 5 donde el valor menor es considerado como no aceptable y el valor más alto como apropiado los valores dependerán del criterio del diseñado.

Los encoder encontrados en el mercado se muestran en la Tabla 34.

Tabla 34. Selección de encoder

SELECCIÓN DE ENCODER				
MARCA	COSTO (dólares)	RESOLUCIÓN	VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN	TOTAL
 OMRON	48 \$	1000 pulsos /rev	5 a 12 Vcd	13
	3	5	5	
 ARDUINO	15 \$	10 pulsos /rev.	5 Vcd	9
	5	1	3	

Conforme a estos datos analizados se estableció que el encoder OMRON como en la Figura 44, fue el adecuado para esta función gracias a que cuenta con una resolución de 1000 pulsos /revolución y es excelente para su desempeño, es de marca reconocida y fiable, su alimentación de voltaje de 5 a 12 voltios, ayuda a la versatilidad de los circuitos eléctricos, como se visualiza en la Figura 45, la factura de costo se encuentra en el Anexo 7.

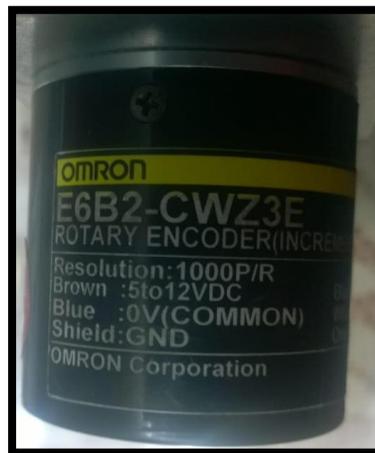


Figura 44. Placa de especificaciones del encoder



Figura 45. Encoder OMRON E6B2

4.8.5. Elementos eléctricos y electrónicos

Se Los cataloga las resistencias, los condensadores, las pantallas lcd, los cables, el estaño, las borneras, entre otras, como se observa en la Figura 46, de esta forma para compararlos según el trascurso del diseño de la parte electrónica según sea necesario en la operación de los circuitos, se enunciará al final con una tabla de costos invertidos.



Figura 46. Elementos eléctricos y electrónicos

4.8.6. Selección de guarda motor

Para dimensionar las protecciones para nuestro circuito de potencia se parte de la potencia de la carga en este caso el motor que adquirimos es de 1 HP, o un consumo de 0,75 kW y un amperaje de 3,11 Amp. Sabiendo que las tablas de selección de los fabricantes ya tienen factor de

seguridad incluido, a partir de esta instancia se puede recurrir a las tablas diseñadas para los elementos de control de potencia.

En la siguiente Figura 47, se muestra la tabla de selección del el relé magneto térmico buscando la potencia del motor hasta la selección deseada.

DATOS PARA ARRANQUE DIRECTO 220 VOLTIOS MONOFÁSICO

Potencia		Consumo	Breaker	Fusibles	Contactor	Contactor	Relé ter.	Relé ter.
HP	KW	(A)	(A)	(A)	G.E. Europa-india	C.S.C.	G.E. Europa-india	C.S.C.
1/4	0,18	2,9	6	6	CL00 (9 A)	C1 - D09	RT1K(2,5 - 4)	R2-D1308 (2,5 - 4)
1/2	0,37	4,8	10	6	CL00 (9 A)	C1 - D09	RT1L(4 - 6,3)	R2-D1310 (6 - 6)
1	0,75	8	16	10	CL01 (12 A)	C1 - D12	RT1M(5,5 - 8,5)	R2-D1314 (7 - 10)
1,5	1,1	10	20	16	CL01 (12 A)	C1 - D18	RT1N(8 - 12)	R2-D1316 (9 - 13)
2	1,5	12	25	20	CL02 (18 A)	C1 - D18	RT1P(10 - 16)	R2-D1316 (9 - 13)
3	2,2	17	40	20	CL25 (25 A)	C1 - D25	RT1S(14,5 - 17,5)	R2-D1321 (12 - 18)
5	3,7	28	50	32	CL04 (32 A)	C1 - D40	RT1V(25 - 32)	R2-D3353 (23 - 32) GDE.
7,5	5,5	40	70	50	CL06 (50 A)	C1 - D65	RT2E(30 - 43)	R2-D3357 (37 - 50)
10	7,5	50	100	63	CL07 (65 A)	C1 - D80	RT2G(42 - 55)	R2-D3359 (48 - 65)

Figura 47. Tabla de selección para relé magneto térmico de protección

El interruptor de protección de sobrecarga del motor seleccionado se rige a la tabla de selección para 220 V., y el relé térmico se encuentra en el rango de 5,5 a 8,5 amperios de sobrecarga. El costo del instrumento de protección es 21,60, y se encuentra en el anexo 8, y se muestra en la figura 48.



Figura 48. Interruptor de protección de sobrecarga del motor.

4.8.7. Selección de diámetro de cable para el circuito de potencia (AWG)

Para esta parte del proyecto la selección de cable es importante para el ahorro de la empresa y para el sobre dimensionamiento de los elementos, se los puede realizar gracias a cálculos matemáticos o en tablas definidas por los fabricantes, y esta segunda opción es más eficiente ya que nos ahorra tiempo y fallas de cálculo.

Partiendo del consumo del motor que es de 3,11 amperios teóricamente se selecciona un factor de seguridad dado en tablas o a criterio del diseñador. En este caso se usa la tabla que se encuentra en la Figura 49, que relaciona el ambiente expuesto para realizar es cálculo de seguridad.

FACTORES DE CORRECCIÓN							
Temp. ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30°C, multiplicar las anteriores corrientes por el correspondiente factor de los siguientes						Temp. ambiente en °C
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	21-25
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	26-30
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	31-35
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	36-40
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	41-45
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	46-50
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	51-55
56-60	....	0,58	0,71	....	0,58	0,71	56-60
61-70	....	0,33	0,58	....	0,33	0,58	61-70
71-80	....	....	0,41	....	....	0,41	71-80

Figura 49. Factor de correlación de seguridad [43].

El ambiente de trabajo no sobrepasa los 25°C, por lo que se ocupara un factor de seguridad de 1.08. De esta forma se multiplicara la corriente de consumo del motor por el factor de seguridad elegido.

De tal manera que nos queda:

$$\text{corriente} = 3,11 * 1,08 = 3,4 \text{ amperios}$$

La corriente multiplicada por el factor de seguridad es de 3,4 Amperios, ahora se buscara el valor de amperios encontrado en la Tabla 35, de valores normalizados cables A.W.G

Tabla 35. Valores normalizados cables A.W.G [43]

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)	Número espiras por cm.	Kg. por Km.	Resistencia (Ohm/Km.)	Capacidad (A)
7	3,665	10,55		94	1,70	30
8	3,264	8,36		74	2,03	24
9	2,906	6,63		58,9	2,56	19
10	2,588	5,26		46,8	3,23	15
11	2,305	4,17		32,1	4,07	12
12	2,053	3,31		29,4	5,13	9,5
13	1,828	2,63		23,3	6,49	7,5
14	1,628	2,08	5,6	18,5	8,17	6,0
15	1,450	1,65	6,4	14,7	10,3	4,8
16	1,291	1,31	7,2	11,6	12,9	3,2
17	1,150	1,04	8,4	9,26	16,34	3,01
18	1,024	0,82	9,2	7,3	20,73	2,5
19	0,9116	0,65	10,2	5,79	26,15	2,0

El cálculo es de 3,4 amperios este valor se buscara en la tabla de AWG, y se hallara su homólogo de 4,8 amperios por lo tanto el cable para nuestro circuito de potencia será de número 15 AWG, en el mercado el más común es 14 AWG.

El costo por metro es de 1,30 dólares la distancia por de 12 metros tomando en cuenta que es 3 líneas de alimentación el costo es de 15,60 dólares ver factura de en Anexo 9.

4.9. Diseño e implementación de la pulidora

Para poder realizar la propuesta del proyecto, se tiene que establecer y analizar el respectivo funcionamiento de la pulidora, condiciones y modos de operación. Se precisa para este caso dos formas de operación del sistema: Un sistema de funcionamiento en manual y un sistema de funcionamiento en automático.

4.9.1. Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema.

En un diagrama de bloques se da una representación gráfica, global del funcionamiento del sistema, donde los elementos implicados dentro del control, los cuales son: la alimentación, la etapa de potencia y el sistema de procesamiento de datos. En la figura 50, se muestra el diagrama

de bloque de los elementos que formaran parte del sistema de control que será instalado en la máquina pulidora.

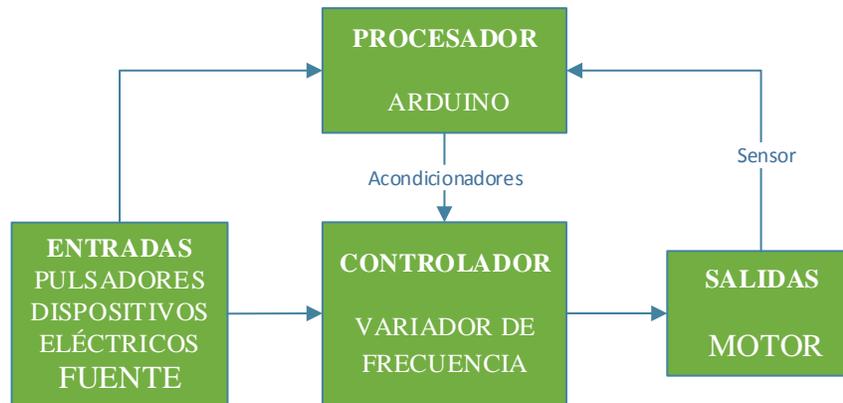


Figura 50. Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema.

Para interpretar el diagrama hay que saber que el procesador recibe información a través de las entradas de datos del arduino, para realizar condiciones de control y luego enviar señales al controlador por medio de circuitos acondicionadores, para posteriormente realizar el control a la salida que en este caso es el motor, el proceso de realimentación se realiza al leer la salida por medio del sensor y esta información la trasmite al procesador para cerrar el ciclo de control.

4.9.2. Funcionamiento del sistema en modo manual.

El modo manual se lo ha destinado para realizar el control de velocidad a través de un potenciómetro, a criterio del operador y realizar las operaciones de trabajo buscando la velocidad adecuada.

4.9.3. Funcionamiento del sistema en modo automático.

De acuerdo a los rangos de velocidad establecidos en los procesos de fabricación de calzado, para las operaciones de pelar y quemar como se indica en la descripción de los procesos en el literal 4.4.1. Así como para abrillantar y apomazado, los cuales están descritos en el literal 4.5.1. que corresponde a la segunda etapa , dichos rangos de velocidad son comprobados por el sensor en este caso un encoder que lleva la información al procesador y este convierte la señal en una de realimentación para el controlador que realiza el control PID que viene integrado en el

variador de frecuencia. Esta selección de velocidad se realiza por medio del teclado en forma secuencial para los procesos que se realizan en el área de pulido.

4.9.4. Etapa de potencia

Para realizar la etapa de potencia se realiza las conexiones pertinentes con los elementos seleccionados, siguiendo el diagrama de conexión eléctrica realizado en el simulador CADE SIMU v3.0, como se muestra en la Figura 52, que consta de un guarda motor como protección del circuito, el variador de frecuencia conectado a la red de 220 voltios monofásica (1~) y a la salida convertirla en corriente trifásica (3~), para alimentar al motor de acuerdo a las especificaciones de la placa en la Figura 51.

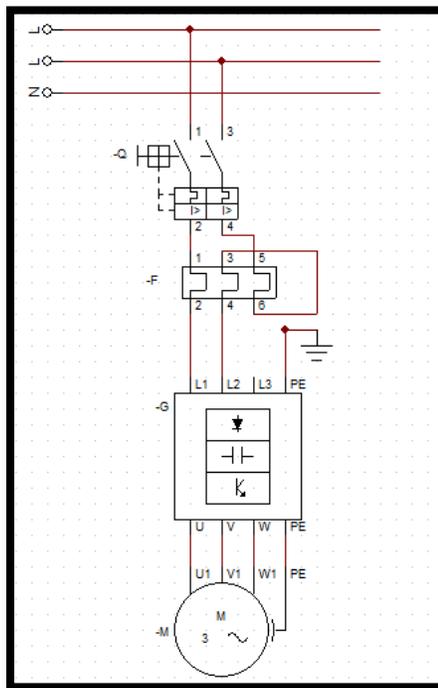


Figura 51. Simulador de potencia CADE SIMU.

En la Figura 52, muestra el esquema de control de potencia del circuito, donde se puede apreciar L1, L2, como la toma de corriente 220 V monofásica, -Q muestra el disyuntor que permite la energización del circuito así como protección, -F señala el guarda motor que funciona como medio de protección de sobrecarga del circuito, -G es el variador de frecuencia de entrada monofásica y salida trifásica y -M se especifica como el motor, el mismo que en el caso del

proyecto está conectado en forma triángulo triangulado $\Delta\Delta$ como se especifica a continuación en la Figura 53.

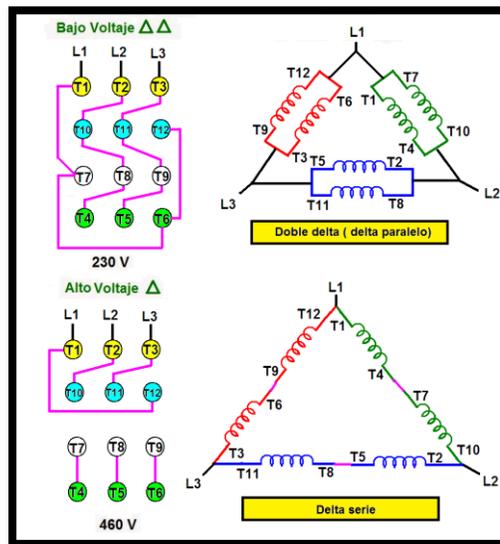


Figura 52. Conexiones en doble delta y delta serie para motor 12 terminales

Ya que el motor que la placa del motor especifica que para una entrada trifásica de 220V, se realice ese tipo de conexión como se muestra en la Figura 53 y 54.



Figura 53. Tipo de conexión para bajo voltaje 220V.



Figura 54. Conexión para bajo voltaje 220V en el motor WEG

Las conexiones del circuito de potencia se visualizan en la Figura 55, se utilizan para las pruebas de control que se las hace desde el variador manualmente, en esta etapa del proyecto, el variador de frecuencia muestra en su pantalla las actividades o los programas para realizar las distintas funciones que tiene el variador y la programación previo al arranque, para lo cual nos ayudamos el manual que se encuentra en el anexo 10, en la parte donde cita el tema de puesta en marcha por HMI. A continuación se muestra en la Figura 56, la conexión de la etapa de potencia real.

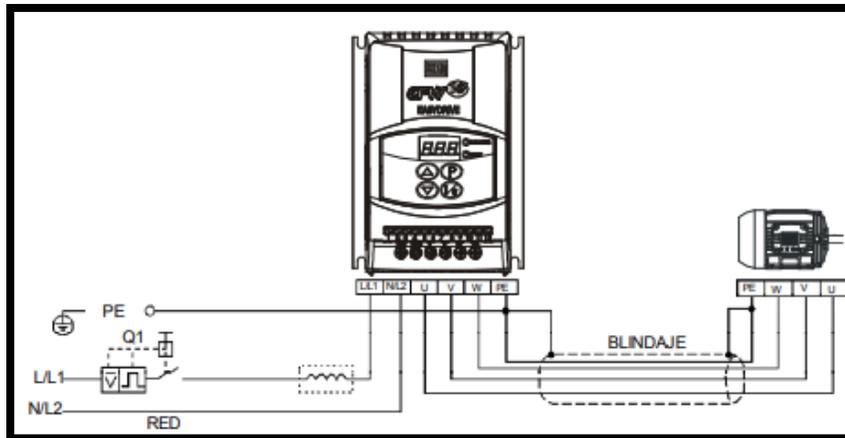


Figura 55. Conexión de etapa de potencia tomada del manual cwf-10 [44]



Figura 56. Conexión de etapa de potencia

4.9.5. Sensor de realimentación (Encoder)

El sensor tipo encoder incremental, se coloca en el eje del rotor del motor de tal manera que gire de forma conjugada en el sistema, para lo cual se acopló en el motor de la manera más óptima, como se muestra en la Figura 57.



Figura 57. Acople del sensor tipo encoder en el motor

En encoder nos da una señal de pulsos, 1000 pulsos por revolución como indica la placa del instrumento, ahora esos pulsos se los a interpretar como frecuencia en el arduino, ya que al leer los pulsos en las entradas digitales del arduino, se hace complejo debido a la resolución que la tarjeta tiene para leer datos, de esta manera se los consideró tomar la frecuencia del número de los pulsos en un segundo.

Más adelante se mostrara la programación y los puertos de uso de la de la tarjeta de adquisición.

4.9.6. Etapa de control

Para realizar cualquier tipo de sistema de automatización se debe seguir una lógica de control, es necesario seguir un procedimiento apropiado para garantizar el correcto funcionamiento de cada uno de los dispositivos a ser controlados.

El proceso que se realiza en el área de pulido, es necesario que los cambios de velocidad sean más flexibles, ya que actualmente los realizan manualmente al cambiar bandas y conlleva tiempos que afectan al proceso productivo.

El control de velocidad los va a realizar el variador de frecuencia debido a robustez en áreas industriales pero para controlar el nivel de velocidad o setpoint, se lo realizara por medio de las salidas analógicas del arduino o PWM, como se detalla en el marco teórico, de la misma forma para que el operario seleccione el valor de velocidad lo realizara por medio de un teclado en forma automática o de forma manual por medio de un potenciómetro.

- **Diagrama de control PID del maquina pulidora**

En el diagrama de control PID como se muestra en la figura 58, se lo realiza por medio del variador de frecuencia ya que cuenta con las funciones propias de PID, y a su robustez en áreas industriales, el cual admite entradas analógica de 4 a 20 mA, y otra de voltaje de 0 a 10 v, de esta forma interactúan en el procesador interno del variador para un tiempo de respuesta más rápido y un control robusto, de esta forma se brinda una solución óptima para el control de nuestro sistema.

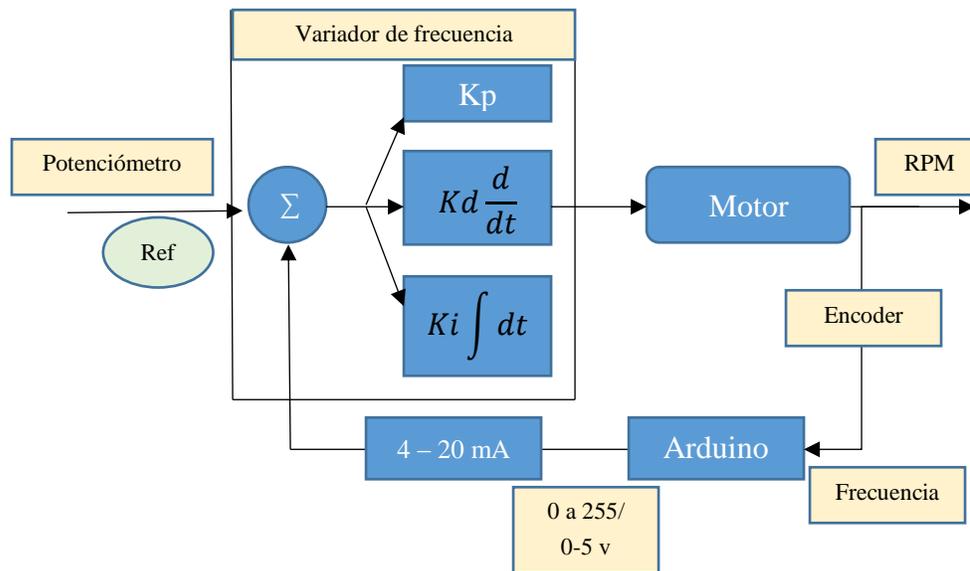


Figura 58. Diagrama de control PID del maquina pulidora

En ensayos anteriores el control PID se las realizó con arduino, calculando el error y de esta forma dando valores a las constantes K_p , K_i , K_d , ya que el tiempo de muestreo y las variables saturaban el controlador, las condiciones de respuesta de estabilización no eran las adecuadas, por lo que no se recomienda el uso de este sistema para este tipo de aplicación.

Es recomendable usar dispositivos que cuenten con funciones propias de PID, como PLC's, o como en el caso de este proyecto el variador WEG.

- **Salida de PWM para setpoint**

Las salidas del arduino que tienen la función para variar ancho de pulso o PWM, y son las van desde salida digital 2 hasta la 13 en la tarjeta Arduino Mega, para realizar la operación se optara por la salida número 3 de los puertos de la tarjeta como se especifica en el marco teórico, el valor analógico de la salida en voltaje varia de 0 a 5 voltios VRMS (valor eficaz al valor cuadrático de ancho de pulso), y la entrada del variador acepta de 0 a 10 voltio como se muestra en la figura 59, por lo que se realizara un circuito acondicionador para convertir de 0 a 5 voltios a 0 a 10 voltios consecutivamente. La simulación del circuito acondicionador se lo realizo en el programa Livewire.

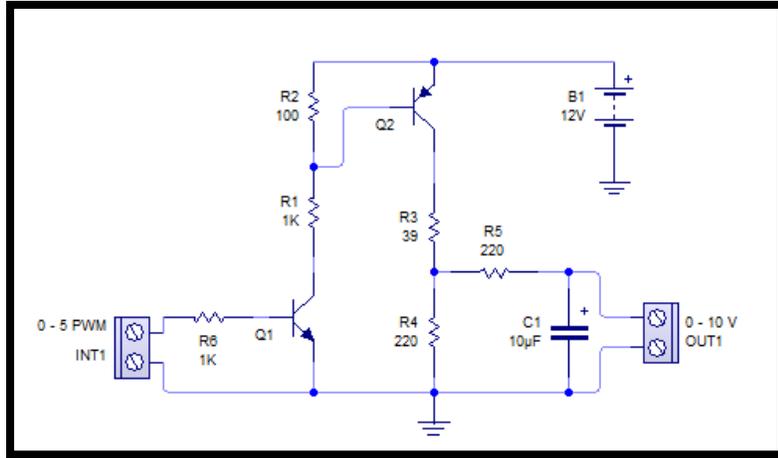


Figura 59. Acondicionador para convertir de 0 a 5 voltios PWM a 0 a 10 voltios
Fuente: Investigador.

De esta forma la entrada analógica de tensión cx 8 del variador como se muestra en la Figura 60, logra leer del mínimo al máximo el valor del setpoint, donde 0 V., el valor mínimo de frecuencia (0 Hz), y 10 V., el máximo valor de frecuencia (60 Hz), para que el circuito de acondicionador funcione correctamente hay que tener en cuenta las referencias de tierra tanto del variador, así como del arduino.

Conector XC1	Descripción		Especificaciones
	Función	Padrón de Fábrica	
1	DI1	Entrada Digital 1	4 entradas digitales aisladas Nivel alto mínimo: 10 Vcc Nivel alto máximo: 30 Vcc Nivel bajo máximo: 3 Vcc Corriente de Entrada: -11 mA @ 0 Vcc Corriente de Entrada Máxima: -20 mA
2	DI2	Habilita General (remoto)	
		Sentido de Giro (remoto)	
3	DI3	Entrada Digital 3	
4	DI4	Entrada Digital 4	
5	GND	Referencia 0 V	No interligado con el PE
6	AI1	Entrada Analógica 1 (corriente)	En corriente (0 a 20) mA o (4 a 20) mA Impedancia: 500 Ω Resolución: 7bits
		Referencia de frecuencia (remoto)	
7	GND	Referencia 0 V	No interligado con el PE
8	AI1	Entrada Analógica 1 (tensión)	En tensión (0 a 10) Vcc. Impedancia: 100 kΩ. Resolución: 7bits Tensión máxima de entrada: 30 Vcc
		Referencia de frecuencia (remoto)	
9	+10 V	Referencia para Potenciómetro	+10 Vcc, ± 5 %, capacidad: 2 mA
10	NF	Contacto NF del Relé 1	Capacidad de los contactos: 0.5 A / 250 Vca 1.0 A / 125 Vca 2.0 A / 30 Vcc
11	Común	Punto Común del Relé 1	
		Contacto NA del Relé 1	
12	NA	Contacto NA del Relé 1	Sin Error

Figura 3.8 - Descripción del conector XC1 de la tarjeta de control

Figura 60. Descripción de las entradas de la tarjeta de control del variador [44].

- **Elaboración del acondicionador de PWM**

Para realizar el circuito en baquelita, una vez probado en el simulador su correcto funcionamiento, se procede a realizar las pistas, para este caso se usa el programa Livewire PBC. El cual es una herramienta para realizar pistas de los circuitos impresos y se usa la técnica del planchado. A continuación se describe el proceso de elaboración de una forma general.

Se parte de las pistas realizadas por los programas Livewire PBC, como se muestra en la Figura 61, después de a ver realizado simulaciones del dicho circuito, se imprime en papel fotográfico.

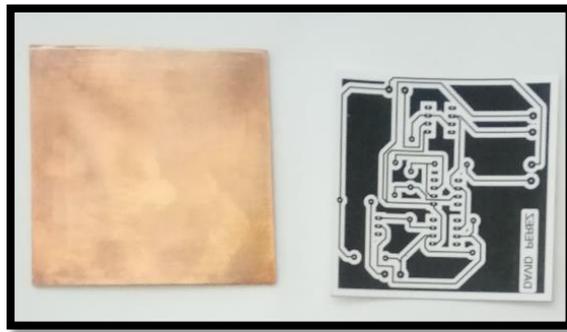


Figura 61. Impreso de las pistas del circuito

A continuación se plancha a alta temperatura y se espera que se impregne en la baquelita las pistas como se muestra en la Figura 62.



Figura 62. Planchado a alta temperatura.

Se retira con mucho cuidado la capa de papel rociándolo con agua, para que no se despeguen las pistas como se muestra en la figura 63, ahora se revisa que este en excelentes condiciones para sumergirlo en el ácido cloruro férrico.



Figura 63. Pistas transferidas a la baquelita.

Al terminar se limpia las pistas con un estropajo de modo que no quede residuos de papel o de tinta, como se puede ver en la figura 64.



Figura 64. Placa del circuito de acondicionamiento de tención.

Para finalizar se perfora la baquelita y soldamos los elementos, identificar correctamente las entradas y salidas del circuito, a continuación se puede ver el circuito terminado en la Figura 65.

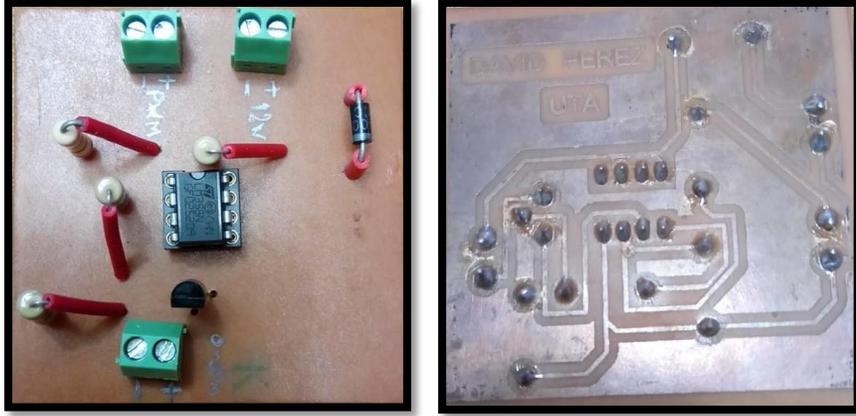


Figura 65. Circuito de acondicionador de tensión.

- **Programación del arduino**

La tarjeta de adquisición arduino, puede leer y escribir señales a través de sus compuertas en este caso va a recibir señales de un teclado para seleccionar la velocidad, del mismo modo va a leer señales de frecuencia del encoder como se especifica anteriormente en la parte de sensor de realimentación, y también enviar señal de PWM al acondicionador y este a su vez a la entrada analógica de tensión del variador de frecuencia obteniendo el nivel de velocidad o setpoint, para lograr esto se realiza una serie de sentencias y cálculos internamente del microprocesador. La tarjeta de adquisición arduino se la utilizo por motivos de bajo costo, ya que en el mercado existe varios equipos para controlar una lógica de programación, esta información de la menciono a la gerencia de empresa de calzado Gusmar, por lo que recomienda da inversión de un controlador más robusto.

En este caso el microprocesador no realiza el control PID de la variable ya que el variador de frecuencia cuenta con la función especificada internamente, y el microprocesador realiza la función de procesar datos.

A Continuación se describirá la parte de la programación del arduino.

//PANTALLA

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
```

//TECLADO

```
#include <Keypad.h>
const byte filas = 4; //Numero de filas del teclado
const byte columnas = 4; //Numero de columnas del teclado

//Defino una matriz 4x4 con la posicion de las filas y columnas
char matriz[filas][columnas] =
{
    { '1', '2', '3', 'A'},
    { '4', '5', '6', 'B'},
    { '7', '8', '9', 'C'},
    { '*', '0', '#', 'D'},
};

byte pinesFilas[filas] = {29, 27, 25, 23}; //Pines donde van conectadas las filas del teclado
byte pinesColumnas[columnas] = {37, 35, 33, 31}; //Pines donde van conectadas las columnas
del teclado
//Inicializo el teclado con el numero de filas, columnas, los pines del Arduino utilizados y la
matriz
Keypad teclado = Keypad( makeKeymap(matriz), pinesFilas, pinesColumnas, filas, columnas);
```

//LECTOR DE FRECUENCIA

```
#include <FreqCount.h>
```

//VARIABLES

```
int digPin = 3;
int digout = 2;
int adc_key_in = 0;
int rpm=0;
int pwmsensor=0;
int setpoint=0;
```

```
void setup()
```

```
{
```

```

//PANTALLA
lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.clear();
lcd.setCursor(3,0);
lcd.print(" UTA-GUSMAR-FISEI"); // Mensaje a despegar
for(int c=0;c<10;c++){
lcd.scrollDisplayLeft();
delay(300);
}
for(int c=0;c<10;c++){
lcd.scrollDisplayRight();
delay(300);
}
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Pro");
lcd.setCursor(9,1);
lcd.print("Rpm");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Pwm");

```

//SALIDAS ENTRADAS

```

pinMode(3,OUTPUT);
pinMode(2,OUTPUT);

```

//LECTOR DE FRECUENCIA

```

Serial.begin(57600);
FreqCount.begin(1000);

```

```

}

```

```

void loop()

```

```

{

```

```

char tecla_presionada = teclado.getKey();

```

```

if (tecla_presionada == 'A')

```

```

{

```

```

lcd.setCursor(4,0);

```

```

lcd.print(tecla_presionada);

```

```

setpoint=0;

```

```

}

```

```

if (tecla_presionada == 'B')

```

```

{

```

```

lcd.setCursor(4,0);

```

```

lcd.print(tecla_presionada);

```

```

setpoint=127;

```

```

}
if (tecla_presionada == 'C')
{
  lcd.setCursor(4,0);
  lcd.print(tecla_presionada);
  setpoint=255;
}

//LEE LA VELOCIDAD DE CAMBIO DE ESTADOS FRECUENCIA
if (FreqCount.available()) {
  unsigned long count = FreqCount.read();
  Serial.println(count);

//IMPRIME LA SEÑAL DEL SENSOR EN LA DIGITAL
  pwmsensor = count*255/29416;
  if (pwmsensor>=255){
    pwmsensor = 255;
  }

//SEGUN LA VELOCIDAD MAXIMA DEL MOTOR
  rpm = count*1720/30073;

//IMPRIME EL PWM DIGITAL 3

  analogWrite(digPin,setpoint);

//IMPRIME EL PWMsensor DIGITAL 2

  analogWrite(digout,pwmsensor);

//IMPRIME EN LCD
  lcd.setCursor(3,1);
  lcd.print(pwmsensor);
  lcd.print(" ");
  lcd.setCursor(12,1);
  lcd.print(rpm);
  lcd.print(" ");
}
}

```

- **Visualización del velocidad e información**

La interfaz de la máquina hacia el operador se lo realizará por medio de un DISPLAY LCD de 2 líneas x 16 caracteres como se muestra en la figura 66, lo necesario para realizar la visualización de las velocidades en RPM de la operación, el nombre de la empresa, GUSMAR, también la institución que la realizo, UTA-FISEI-I.



Figura 66. Display lcd de 2 líneas x 16 caracteres

La fuente de alimentación de la etapa de control, se la realizará por medio de una fuente de corriente directa (DC) conmutada de computadora de esta forma que eliminara el ruido electrostático producido por las otras máquinas y por la pulidora, en la figura 67, se muestra la etapa de control.

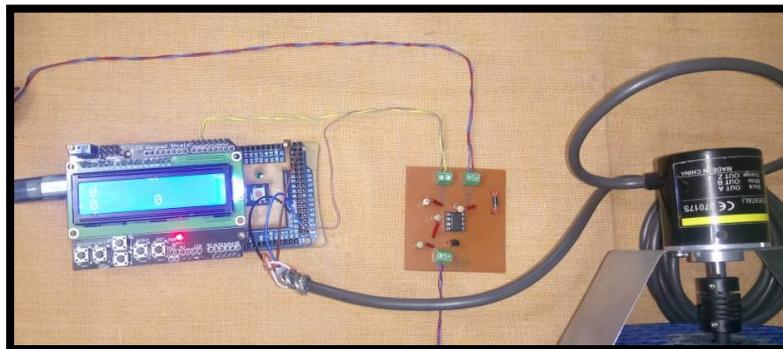


Figura 67. Etapa de control.

- **Realimentación de para la etapa de control**

En esta parte de la implementación se va a recibir datos del encoder, este nos entrega pulsos de flacos de 5 voltios pero para que el arduino pueda leer la cantidad de pulsos en un segundo tiene que hacer un promedio o a su vez leerlos en forma de frecuencia por medio de una librería llamada FreqCount.h, esta herramienta toma los datos en lapso de tiempo y los promedia los filtra y los entrega para poder ser leídos, en la tarjeta de adquisición arduino mega, utiliza los puertos destinados de entrada rápida que en nuestro caso es la entrada digital 47.

A continuación se tiene que transformar estos valores a una señal física para la entrada del variador de frecuencia la cual es de tipo protocolo Hart el cual funciona de 4 a 20 mA, el valor 4 mA como valor mínimo y 20 mA como valor máximo, para lograr nos apoyamos en la programación:

```
//LEE LA VELOCIDAD DE CAMBIO DE ESTADOS FRECUENCIA
if (FreqCount.available()) {
  unsigned long count = FreqCount.read();
  Serial.println(count);

//IMPRIE LA SEÑAL DEL SENSOR EN LA DIGITAL
  pwmsensor = count*255/30073;
  if (pwmsensor>=255){
    pwmsensor = 255;
  }
}
```

De esta forma leemos la frecuencia y la guardamos en la variable *count*, que da valores de la frecuencia de los pulsos del encoder y el motor a 60 Hz o en sus revoluciones máximas de 1720 rpm el valor de *count*, es de 30073 valor adimensional ya que es una transformación número de pulsos en un lapso de tiempo, ahora se transforma ese valor máximo *count*, a 255 bit máximo y lo guardamos en la variable *pwmsensor* que arduino logra imprimir para que en la salida digital entregue un ancho de pulso pwm completo de amplitud de 5 voltios.

Entonces cuando *count* tenga valor 0, *pwmsensor* tendrá 0 bits y cuando *count* tenga su valor máximo 29416 el *pwmsensor* ser igual a 255 bits, de esta forma se tiene una variación física que entrega arduino variando ancho de pulso.

Ese valor lo vamos a transformar a voltaje de 0 a 10 voltios por medio del circuito de la figura 59, y el voltaje que se obtiene se lo va a transformar a corriente de 4 a 20 mA. Como se muestra en la figura 68.

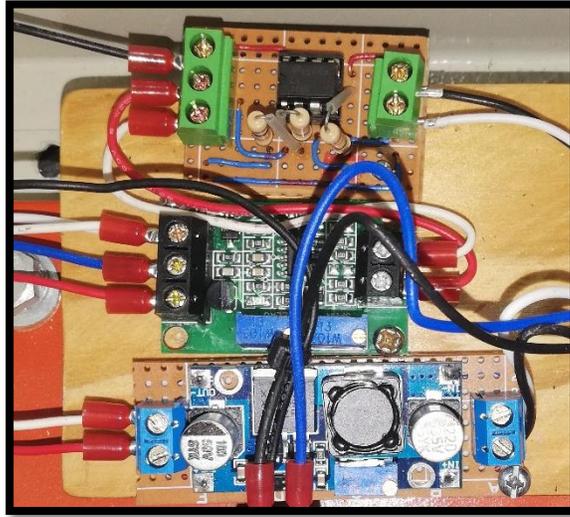


Figura 68. Realimentación de para la etapa de control

4.9.7. Ensamble de la etapa de control con la de potencia

En esta etapa del proyecto se realizará las pruebas de control por medio del arduino con variador de frecuencia, se ingresa las velocidades de trabajo y las conexiones necesarias para el correcto funcionamiento del lazo de control.

Para lo cual la guía será por medio de los manuales del variador, para conocer sus entradas y sus puertos de control on / off como se visualiza en la figura 59, en la parte de descripción de las entradas de la tarjeta de control del variador.

Conectamos la salida de PWM al acondicionador de tensión y a las alimentaciones de voltaje (12V) de la fuente de corriente directa (DC), y este a la entrada de tensión del variador; y luego el encoder a las entrada rápida del arduino, completando así el ensamble del controlador con la etapa de potencia, a continuación se muestra en la figura 69, la propuesta de control para la pulidora terminada.



Figura 69. Ensamble de la etapa de control con la de potencia.

4.9.8. Montaje de control y mandos de activación del sistema

Para esto se debe montar todos los elementos en tablero de control y realiza las conexiones de alimentación al variador como al enclavamiento del contactor que utiliza para energizar el sistema, el sistema funciona con entrada de 220 VCA monofásica, para lo cual la fuente para energizar el control es de corriente directa para lo cual se utiliza una fuente reguladora de 220 VCA a 12 DC

- **Montaje de elementos de control**

Los pulsadores y selectores se los coloca de forma que sea de fácil comprensión y manipulación para el operario este consta de un selector de encendido y apagado el cual energiza la parte de control digital, así también pulsadores para la puesta en marcha del motor o desactivación del mismo, consta con una luz piloto que indica el estado del arranque, el selector de manual y automático el cual la manipulación puede ser por el potenciómetro en forma manual y automático las velocidades del proceso y definidas y se ejecutaran en forma q se las necesite, como se puede ver en la figura 70.



Figura 70. Montaje de elementos de control

A continuación se coloca los elementos que vamos a controlar en este caso el variador de frecuencia, el contactor de puesta en marcha, y elementos de protección como guarda motor, breaker, y fusibles, así como los circuitos de acondicionamiento para el funcionamiento del sistema, como se observa en la figura 71.



Figura 71. Montaje de los elementos de protección y circuitos de acondicionamiento

El montaje en la maquina pulidora se cambia el motor, se monta el tablero de control y la conexiones respectivas para la acometida de alimentación el al empresa de fabricación de calzado Gusmar.

4.9.9. Elaboración de prototipo de control industrial

En el presente estudio además de la implementación se toma en cuenta la funcionalidad de otro tipo procesador lógico programable, con el cual podrá compararse de un método a bajo costo de otro que se usa en la mayoría de industrias que tienen un nivel de automatización superior.

Para lo cual se usará un PLC S7 1200 para realizar el control de velocidad del motor mediante la aplicación de sistema PID, y mediante una interfaz gráfica por parte de una pantalla HMI, la cual constará con elementos que interactúen de forma amigable para el operador.

Un Sistema SCADA se basa en la aplicación de un software que controla los procesos de una forma visual, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo, en este caso se empleará una plataforma la cual es Tia portal para llegar a un control Scada.

En el sistema de control que se planteara, será en base a las variables que se va a controlar, en este caso la velocidad del motor, esta señal digital que se obtendrá será por medio del encoder, el ingreso de las otras variables como setpoint o selección de velocidad y la salida de voltaje que estarán controladas por el PLC y la pantalla HMI, dentro del control por medio de la programación se usará el bloque PID compacto, el cual realizará los cálculos que establecerá los controles proporcional, integral y derivativo

- PID compacto

El objeto tecnológico PID_Compacto ofrece un regulador PID continuo con optimización integral. Asimismo también es posible configurar un regulador de impulsos, y elegir modo manual y automático. El objeto registra de manera continua el valor real medido dentro de un lazo de regulación y compara con la consigna deseada. A partir del error de regulación resultante, la instrucción PID_Compact calcula un valor de salida. Con el que el valor real se iguala con la consigna con la máxima rapidez y estabilidad. En los reguladores PID, el valor de salida se compone de tres acciones.

- PLC'S S7 1200 SIEMENS y módulo de salidas análogas acoplado.

El controlador lógico programable en un CPU el cual podemos realizar programaciones para cumplir un proceso de automatización en la industria. Por otro lado el módulo de salidas análogas cumple la función de enviar energía, en este caso para el control se aplicará de 0 a 10 voltios dispuesto para el variador.

- Elemento control para realimentación encoder

Un Encoder es un transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de impulsos digitales. Estos impulsos generados pueden ser utilizados para controlar los desplazamientos de tipo angular o de tipo lineal, si se asocian a cremalleras o a husillos, estas señales eléctricas de rotación pueden ser elaboradas mediante controles numéricos, contadores lógicos programables (PLC), sistemas de control etc.

La lectura de estos pulsos se los realiza por medio de las entradas de alta velocidad de lectura de la tarjeta de adquisición, la cual podemos visualizar e imprimir en hojas de cálculo y almacenarlas en este caso usamos Excel para observar la dispersión de los datos, con esta herramienta lograremos tener una ecuación lineal de tendencia para que los datos no estén tan dispersos, como se muestra la figura 72.

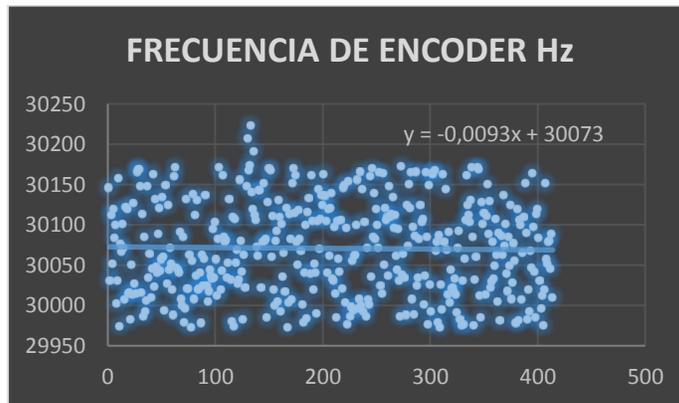


Figura 72. Cuadro de dispersión de frecuencia de encoder

La ecuación 11, servirá para realizar la lectura del encoder se la ingresa en la programación del arduino y de esta forma los datos adquiridos son filtrados y linealizados para que se pueda usar en la salida del voltaje y esta a su vez en la entrada analógica del Plc.

$$y = -0,0093x + 30073 \quad (11)$$

Ahora se ingresa la ecuación en la programación del arduino como se muestra a continuación:

```

//LEE LA VELOCIDAD DE CAMBIO DE ESTADOS FRECUENCIA

if (FreqCount.available()) {

    unsigned long count = FreqCount.read();

    Serial.println(count);

countfiltrado = -0,0093*count + 30073 ;

//IMPRIME LA SEÑAL DEL SENSOR EN LA DIGITAL

    pwmsensor = countfiltrado*255/30073;

    if (pwmsensor>=255){

        pwmsensor = 255;

    }

```

De esta manera tenemos datos con los cuales podemos digitalizar la salida de pwm del arduino, con lo cual el ingreso de señal a la entrada analógica del Plc para la realimentación esta solucionada.

4.9.10. Diseño de programación e interfaz gráfica

Programación Tia Portal:

Pasos para general el control PID en el programa Tia Portal de siemens.

- a. Se crea un bloque Main en donde se da inicio al programa el cual constara de un enclavando en la salida Q0.0 para dar Run al variador por medio de un contactor.
- b. Al activar el variador se genera un valor a la salida que mueve que interactúa con la acción de encendido para activarlo, de esta forma empieza el control PID del programa, como se muestra en la figura 73.

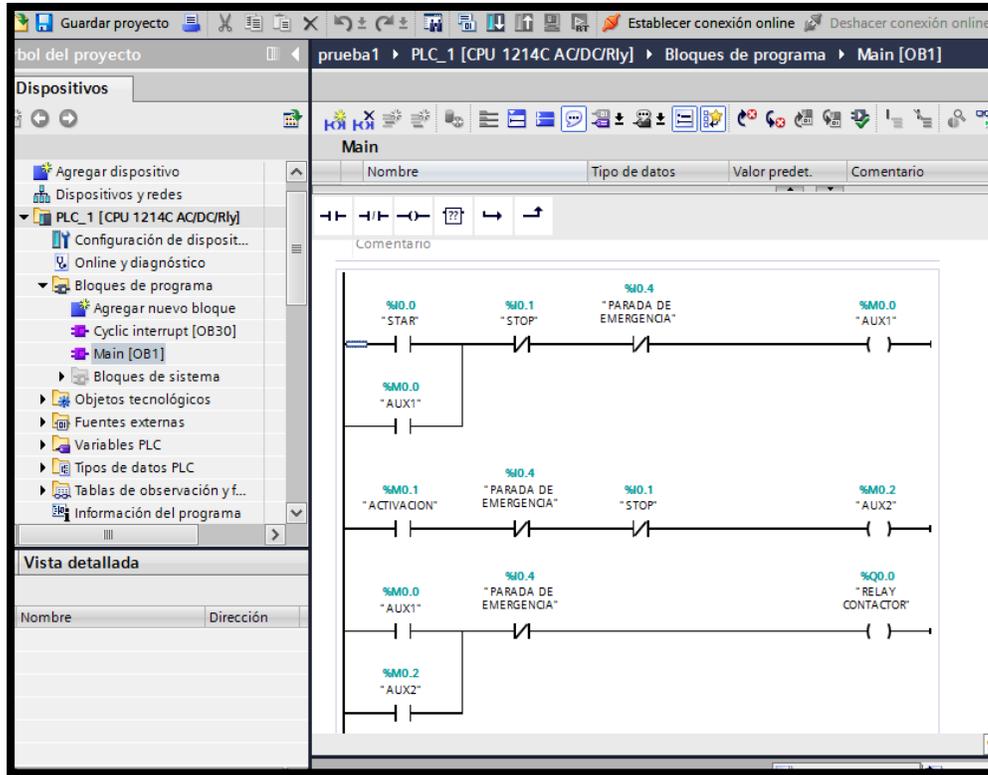


Figura 73. Enclavando a Q0.0 puesta en marcha al variador

El programa cuenta con sistema de protección de Pare de Emergencia desde la pantalla HMI y también remoto la cual usa las entradas digitales del Plc. Y se la podrá observas en las siguientes etapas descritas en el documento.

c. A continuación los valores de entrada de velocidad será por la compuerta analógica del Plc la cual admite de 0–10 voltios, o 0 a 27648 bits, la misma que se enviara por el encoder en frecuencia y trasformada a voltaje por arduino.

La compuerta está definida por %IW66 la cual receipta la velocidad en voltaje de 0 a 10 voltios, en este caso el valor máximo de voltaje dado por el arduino es de 0 a 5 voltios, por lo que se procede a normalizar de 0 a 13824 bits ósea al 50% de la entrada, con lo cual está entrada ahora tiene como máximo 5 voltios la cual también está relacionada a la máxima revolución del motor , después se la trasformada con un bloque y se la escala a rpm, tomando en cuenta la velocidad máxima del motor en placa 1720 rpm, como se muestra en la figura 74

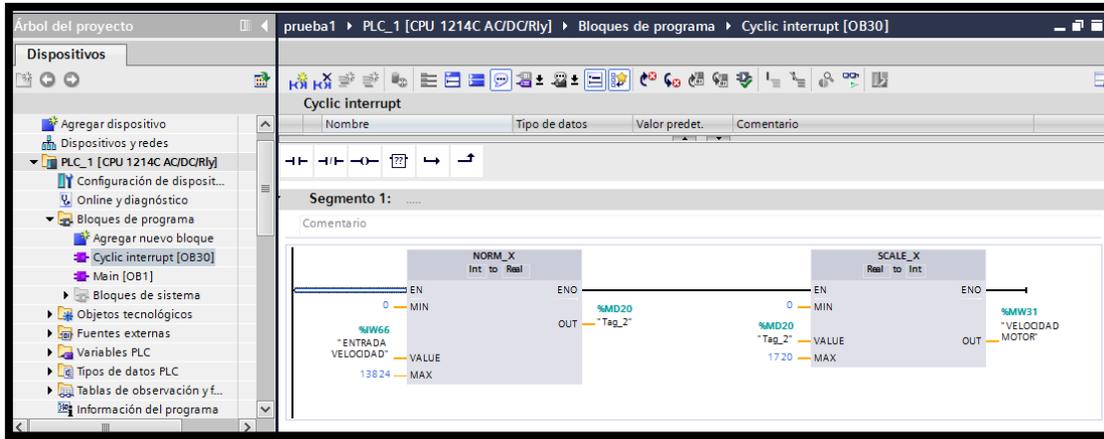


Figura 74. Acondicionamiento de entrada para lectura de realimentación

d. Control PID

Los datos usados para el control PID son:

Setpoint: Son los parámetro de entrada o consigna del control PID en modo automático, se la atribuye por medio del ingreso por HMI y este valor es la representación de la velocidad del motor deseada.

Input: Es un parámetro de entrada referida es de tipo doble Word y representa la entrada análoga al controlador PID en nuestro caso es la entrada del sensor en Rpm.

Output: Es la salida predefinida en el programa y es de tipo doble Word la cual se la manifiesta en porcentaje 0 a 100%, que equivale al valor aplicado en la salida, como se muestra a continuación en la figura 75.

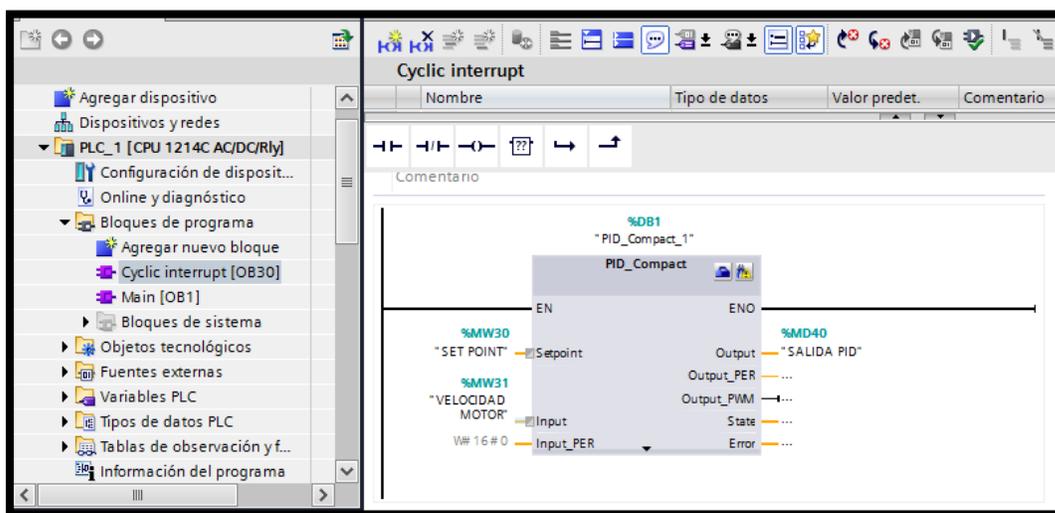


Figura 75. Bloque Cyclic de control PID

De la misma manera se puede observar en el visualizador de Tia portal las variables de control, para lo cual damos clic en la pestaña de configuración en el bloque cíclico del PID, se desplegara una pantalla en la que contiene las variables de forma gráfica como se observa en la figura 76, de esta forma se verá la evolución de las variables en tiempo real, para lo cual se procede en dar star en visualizador.

En este caso la señal de salida (output) trata de acoplarse a la señal de entrada (set point), la respuesta de acoplamiento es rápida ya que el controlador cuenta con sistema de auto ajuste a la mejor condición de variables como se muestra en la figura 76.

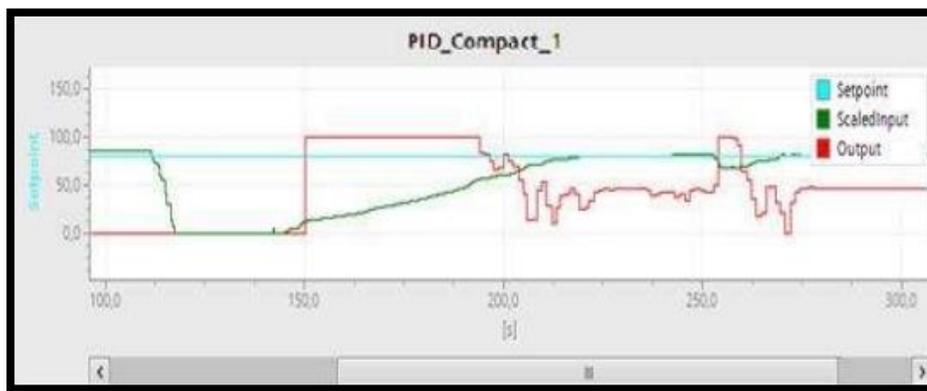


Figura 76. Visualización de variables de entrada y salida de PID_compac

Para el ingreso de valores y visualización del control de la máquina pulidora de calzado, está basada en visualizar las condiciones más importantes para el operador, para lograr que la operación no sea complicada.

La cual cuenta con un ingreso de velocidad de tipo entrada/salida, así como la de salida de velocidad cuenta con un visualizador gráfico y numérico para los valores en rpm, de la misma manera cuenta con un diagrama de visualización del control, así como el estado del motor y descripción del proceso, como se muestra en la figura 77 y 78.

De esta forma se garantiza la velocidad aplicada en el motor para el proceso de pulido, apomazado, pelar y quemar, garantizando la apariencia del producto ya que es de mucha importancia para el cliente.

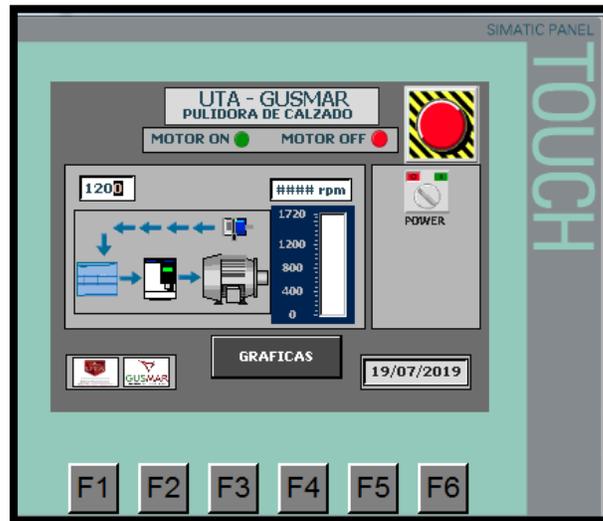


Figura 77. Pantalla de control HMI simulador Tia Portal



Figura 78. Pantalla HMI en TOUCH PANEL KTP 600

En este diseño construido con elementos delineados para un control de variables de industrias grandes que su nivel de automatización obliga a adquirir controladores robustos y esto conlleva que los costos sean altos y a empresas medianas se les dificulta la adquisición de estos elementos por lo que se busca opciones de igual confiabilidad y menos costos

4.9.11. Costo de la implementación

El detalle de los gastos empleados para el proyecto se detalla en la siguiente tabla 36.

Tabla 36. Gastos del proyecto

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO DOLARES	VALOR TOTAL
MOTOR DE INDUCCION	1	100	100
VARIADOR DE FRECUENCIA	1	240	240
TARJETA ARDUINO	1	15	15
ENCODER INCREMENTAL	1	48	48
ELEMENTOS ELECTRONICOS	1	50	50
GUARDA MOTOR	1	21	21
BAQUELITA	1	1,2	1,2
CABLE	1	15,6	15,6
FUSIBLES	3	0,3	0,9
CONECTORES	20	0,1	2
TORNILLOS	5	0,2	1
CAJA DE CONECCIONES	1	25	25
MOVILIZACION	1	20	20
		TOTAL	\$ 539,7

El costo de la implementación es de \$ 539,7 dólares, en los cuales se ha optimizado en la búsqueda de los mejores precios para la implementación, articulando calidad y funcionalidad en cada uno de los elementos.

Se realizara un cuadro de comparación de costos y fiabilidad con los diseños enunciados en este estudio como se muestra en la tabla 37.

Se usara la misma forma de selección de elementos, la cual se da una calificación de 1 hasta 5 donde el valor menor es considerado como no aceptable y el valor más alto como apropiado los valores dependerán del criterio del diseñado.

Tabla 37. Cuadro comparativo de diseño de control de pulidora

CUADRO COMPARATIVO DE DISEÑO DE CONTROL DE PULIDORA				
DISEÑO	COSTO	CONFIABILIDAD	DESEMPEÑO	RESULTADO
Implementado	5	4	4	13
Diseño Plc	1	5	1	7

De acuerdo a estos datos analizados se estableció que el diseño implementado por su bajo costo, la confiabilidad es buena ya que para el control se utilizó un variador de uso industrial y el desempeño es óptimo ya que para el control de un motor es suficiente, en cambio un Plc es para un tipo de control extenso.

4.10. Estudio del área de pulido una vez implementado el sistema automatizado.

A continuación, se detalla el orden transitivo de cada una de las operaciones, inspecciones, transportes y almacenamientos que forman parte de la nueva forma de trabajo una vez implementado el sistema automático de cambio de velocidad.

De la misma forma que anteriormente especificamos en la sección 4.2.7, sobre las distintas operaciones de trabajo que se realiza en el área de pulido se detalla y analiza las mejoras obtenidas con la implementación en la producción de calzado.

Así como el uso adecuado de las velocidades para los procesos como se los detalla en Tabla 38, tomados de las referencias bibliográficas en el literales 4,4 y 4,5.

Tabla 38. Velocidades de trabajo

VELOCIDADES DE TRABAJO PARA LOS PROCESOS DEL ÁREA DE PULIDO		
Proceso	Velocidad	Unidades
Pelado y quemado	1500	RPM
Abrillantado	800	RPM
Apomazado	1200	RPM

Para lo cual se ayuda de los diagramas de proceso como la que se muestra en la figura 79.

4.10.1. Proceso mejorado de pelar y quemar

Almacenamiento 1: Recepción y almacenamiento de los cortes armados en la horma provenientes del proceso de cardado.

Inspección y operación 1: Los cortes armados en la horma son inspeccionados para verificar que tenga el número de la talla y el sello de la empresa y los pule a velocidad alta pasado las 1500 RPM., con el cepillo de tela y el abrasivo.

Operación 1: Deposita los cortes limpios en una gaveta plástica.

Operación 2: Se detiene la máquina y la aspiradora de pelusa.

Trasporte 1: Se las trasporta cortes armados en la horma al proceso de aplicar pegamento.

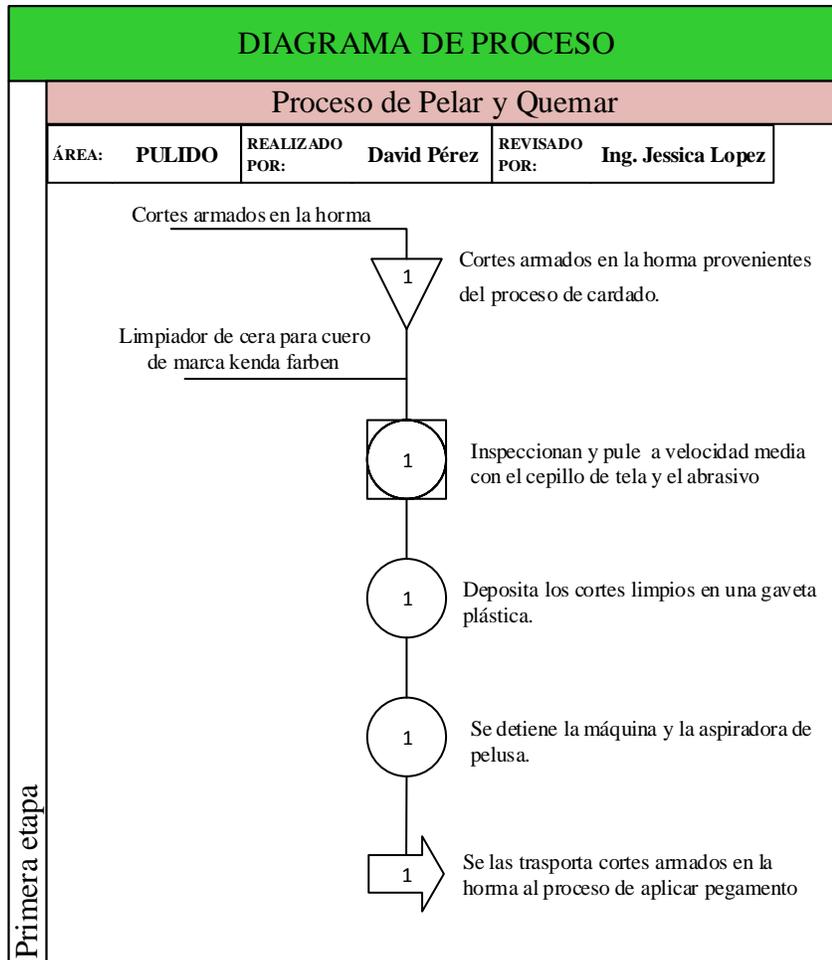


Figura 79 . Diagrama de proceso mejorado de pelado y quemado: Área de pulido.

4.10.2. Cursograma analítico de la mejora en el proceso de pelado y quemado

Se detallada la trayectoria del material y los tiempos de las actividades que se realizan en el proceso mejorado de pelar y quemar, señalando todos los hechos mediante el símbolo que corresponda a sus actividades, mediante un cursograma que se muestra en la Tabla 39, es posible identificar todas las actividades innecesarias o tiempos de demoras.

Tabla 39. Cursograma analítico de la mejora en el proceso de pelado y quemado

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO DE ÁREA DE PULIDO GUSMAR				OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO					
Diagrama N° 2		Hoja N° 1 de 1		ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPUESTO		
Producto	Calzado código 160 y 162			Operación	○	2			
				Transporte	⇒	1			
Actividad	Pelar y quemar los cortes armados en la horma			Espera	D	0			
				Inspección	◻	1			
Lugar	Fabrica GUSMAR			Almacenamiento	▽	1			
				Distancia (metros)					
Método	Mejorado			Tiempo (minutos)					
Operarios				Total		5			
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	SÍMBOLO					Observaciones
				○	⇒	D	◻	▽	
Recepción de los cortes armados en la horma provenientes del proceso de cardado.	12	-	-						12 pares mínimo de pedido
Accionar la máquina, Inspecciona para verificar estado y los pule a velocidad media	-	-	7,8						cepillo de tela y el abrasivo
Deposita los cortes limpios en una gaveta plástica.	-	-	-						Manualmente
Se detiene la máquina y la aspiradora de pelusa.	-	-	-						Manualmente.
Se las transporta cortes armados en la horma al proceso de aplicar pegamento.	-	4,6	0,2						
Total	12	4,6	8	2	1	0	1	1	

La primera etapa en el área de pulido en el proceso de pelar y quemar se debe realizar 5 actividades: 2 operaciones, 1 inspección y operación, 1 transporte hacia la siguiente área de manufactura y 1 almacenamiento.

4.10.3. Estudio de tiempos

4.10.4. Estudio de tiempos para el proceso mejorado de pelar y quemar

En la primera etapa del proceso de pelar y quemar cuenta con 5 actividades, con la finalidad de establecer el tiempo tipo o estándar, se realizara un estudio de medición del trabajo.

A continuación en la Tabla 40, se desglosa las tareas que componen el proceso de pelar y quemar en elementos, los que serán cronometrados deben ser mayores a 2 centésimas de minuto (0.02 min), además deben ser fácilmente reconocibles y deben estar definidos para su respectivo cronometraje.

Tabla 40. Descripción de elementos para el proceso mejorado de pelar y quemar

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES										
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP										
Material: Cortes de cuero armado en horma										
Proceso: Pelar y quemar (12 par)										
Máquinas: Pulidora										
Descripción de actividades Pelar y quemar										
Encender la máquina, pulir e a alta velocidad y deposita los cortes en horma en una gaveta plástica.										
Trasporta cortes armados en la horma al proceso siguiente										

4.10.5. Muestreo para el estudio de tiempos

Ahora se calcula el número de observaciones para las actividades descritas en la tabla 39, para esto se sigue el método tradicional para determinar el número de observaciones en la cual se tiene un nivel de confianza de 95% y un margen de error de 5%. Para empezar se toma 10 lecturas por cada actividad detallada ya, que los tiempos son menores a 2 minutos se los describe en la Tabla 41.

Tabla 41. Tiempos de observaciones preliminares en minutos

OBSERVACIONES DE LAS ACTIVIDADES										
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP										
Material: Cortes de cuero armado en horma										
Proceso: Pelar y quemar (12 par)										
Máquinas: Pulidora										
Descripción de actividades										
Elementos de pelar y quemar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Encender la máquina, pulir e a velocidad media y Deposita los cortes en horma en una gaveta plástica.	7,5	7,6	8,3	7,5	7,5	7,9	7,7	8,3	8,1	7,1
Trasporta cortes armados en la horma al proceso siguiente	0,26	0,23	0,22	0,28	0,27	0,28	0,26	0,28	0,27	0,25

Al realizar los cálculos de tamaño de muestra, determinaremos que cantidad de valores tomaremos para el subproceso o actividades descrita en la Tabla 40 y el valor obtenido de número de muestra para los elementos, las detallaremos en la Tabla 42.

Los cálculos para el tamaño de muestras se los detalla en el anexo 11.

Tabla 42. Tamaño de muestras para los elementos

Elementos de pelar y quemar	Número de observaciones
Encender la máquina, pulir e a velocidad media y deposita los cortes en horma en una gaveta plástica.	3
Trasporta cortes armados en la horma al proceso siguiente	9

Se calcula el tiempo observado por docena para cada una de las actividades en el proceso de pelar y quemar, dando el número de observación de las actividades según el tamaño de las muestras, estos tiempos cronometrados se muestra continuación en la Tabla 43.

Tabla 43. Tiempos de observación de las actividades por docena

TIEMPO PROMEDIO DE ACTIVIDADES OBSERVADAS											
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP											
Material: Cortes de cuero armado en horma											
Proceso: Pelar y quemar (12 par)											
Máquinas: Pulidora											
Descripción de actividades (min)											
Elementos de pelar y quemar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom
Pulir a velocidad media y Depositarlos en una gaveta plástica.	7,5	7,6	8,3								7,9
Trasporta cortes armados en la horma al proceso siguiente	0,26	0,23	0,22	0,28	0,27	0,28	0,26	0,28	0,27		0,26

4.10.6. Cálculo del tiempo normal

Ahora se realiza el cálculo del tiempo normal (TN), en la Tabla 44, donde se describe el tiempo observado de cada uno de los elementos y los suplementos para el proceso de pelar y quemar.

- **Valoración del ritmo de trabajo**

La selección de trabajador calificado el cual presenta una serie de características para realizar el trabajo y estos criterios se toma de la Tabla 1. La valoración es del 100% ya que el trabajador cumple con las especificaciones requeridas.

Tabla 44. Cálculo del tiempo normal

CÁLCULO DEL TIEMPO NORMAL (TN)			
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP			
Material: Cortes de cuero armado en horma			
Proceso: Pelar y quemar (12 pares)			
Máquinas: Pulidora			
Descripción de actividades TN minutos			
Elementos de pelar y quemar	Prom	V	TN min
Encender la máquina, pulir a velocidad media y Depositarlos en una gaveta plástica.	7,9	100/100	7,9
Trasporta cortes armados en la horma al proceso siguiente	0,26	100/100	0,26
TOTAL DE TIEMPO DE OPERACION POR DOCENA			8,16

En la tabla 44, el cálculo del tiempo normal (TN), es de 8,16 min tomando en cuenta los suplementos de descanso y la cantidad de materia prima de una docena.

El tiempo de actividades manuales (T.A.M.), es 8,16 min para el proceso de pelar y quemar en la pulidora.

Tiempo de máquina (T. M.) ya que los elementos de estudio que se los ejecuta de forma manual colectivamente con la maquina por esto el tiempo de máquina es cero.

La Tabla 45, muestra los suplementos por descanso establecidos para el proceso de pelar y quemar tomados de la Tabla 2 descrita en el marco teórico.

Tabla 45. Suplementos por descanso

SUPLEMENTOS POR DESCANSO		
Trabajador:	MUJER	
		%
Suplementos Constantes	Necesidades personales	7
	Básico por fatiga	4
Suplementos variables	Trabajo de pie	4
	Ruido	2
TOTAL		17

4.10.7. Cálculo del tiempo estándar

El cálculo del tiempo estándar se lo realiza de una forma principal, es decir, se precisa un tiempo tipo para cada elemento o actividad del proceso de pelar y quemar y se muestra los resultados obtenidos en la Tabla 46.

Tabla 46. Cálculo de tiempo estándar del proceso mejorado de pelar y quemar

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR				
OPERACIÓN PELAR Y QUEMAR				
Elemento	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo estándar	Actividades
Encender la máquina, pulir a velocidad media y Depositarlos en una gaveta plástica.	7,9	17%	9,243	
Trasporta cortes armados en la horma al proceso siguiente	0,26	17%	0,304	
Tiempo estándar de proceso (min/docena)			9,547	

El tiempo estándar por docena descrito en la Tabla 46, es de 9,6 minutos para realizar el proceso de pelar y quemar en el área de pulido.

4.10.8. Diagrama Hombre-Máquina de la operación de pelar y quemar

En la Tabla 47, se observa el diagrama Hombre-Máquina del proceso de pelar y quemar en el cual se trabaja una docena de zapatos.

Tabla 47. Diagrama Hombre-Máquina de la operación de pelar y quemar

DIAGRAMA HOMBRE - MÁQUINA			Estudio # 01	
Producto: Calzado casual para hombre		Fecha: 15/03/2018		
Material: Cortes de cuero		Elaborado por: David Pérez		
Proceso: pelar y quemar		Revisado por: Ing. Jessica López		
Máquinas: Pulidora		Método de cronometraje: Vuelta a cero		
Elementos del proceso	Operario	Escala	Máquina Pulidora	
		Tiempo - min		
Encender la máquina, inspecciona los zapatos para verificar estado y los pule a velocidad media		7,8		Pelar y quemar
Se las transporta cortes armados en la horma al proceso de aplicar pegamento.		0,2		Trasporte
Suplementos		1,36		
Tiempo de ciclo (min)		9,36		

En el Diagrama Hombre-Máquina de la pulidora de la Tabla 47, se indica el tiempo de ciclo, acción, ocio, mediante este diagrama elaborado un resumen en la Tabla 48, se determina un porcentaje de trabajo del 100% del operario, mientras que la máquina presenta un 83.3 % de tiempo útil y un desperdicio de 16,6 %, dentro del ciclo de producción.

Tabla 48. Resumen del diagrama Hombre-Máquina de la operación de pelar y quemar

Resumen	Tiempo de Ciclo (min)	Acción (min)	Ocio (min)	Utilización	Desperdicio
Operador	9,36	9,36	0,0	100%	0%
Máquina	9,36	7,8	0,2	83,3%	16,6%

4.10.9. Nuevos indicadores de producción y productividad

Dentro del tiempo total del proceso productivo del área de pulido en la proceso de pelar y quemar para una docena de cortes armados en la horma, existen diversas actividades las cuales contribuyen al transcurso de la materia prima, también existen operaciones improductivas las cuales se debe identificar para disminuirlas o eliminarlas.

- **Actividades productivas**

Los tiempos estándar del proceso productivo para una docena es de 9,6 min la docena de tiempo actividades productivas como se muestra en la Tabla 45, de los cuales una parte son actividades que dan valor al producto.

$$\% \text{ Actividades productivas} = \frac{9.243 \text{ min}}{9,6 \text{ min/docena}} * 100\% = 96,28\%$$

Existe un 96,28 % de actividades productivas del tiempo total después de la implementación del sistema de control de velocidad, es decir tiempos destinados a la operación eficaz de pelar y quemar.

- **actividades improductivas**

Sin embargo, existen tiempos de actividades inútiles, como tiempos de transporte del material de un área a otra, y tiempos de demora.

$$\% \text{ Actividades improductivas} = \frac{0,304 \text{ min}}{9,6 \text{ min/docena}} * 100\% = 3,16\%$$

Asimismo existe un 3,16 % de actividades improductiva del total del tiempo de producción, referente al proceso de pelar y quemar en el área de pulido.

Esto se refiere a que en 9,6 minutos se pela y quema una docena de cortes armados en la horma, en la primera etapa que el calzado pasa por esta área, tomando en cuenta que se trabaja 5 horas en la mañana el tiempo base para esta operación, ya que en la tarde continúan con la segunda etapa (abrillantado y apomazado) completando así las 8 horas de trabajo,

$$\text{Tiempo base(Tb)} = \frac{5\text{horas}}{\text{dias (matinal)}} = \frac{300 \text{ min}}{\text{dia (matinal)}}$$

4.10.10. Producción del proceso mejorado de pulir y quemar

Tomando en cuenta el tiempo base para este proceso, podemos deducir la producción para la etapa de pelar y quemar, si 300 min son destinados para concluir el proceso y 9,6 min se realiza una docena:

$$\text{Producción} = \frac{\frac{300 \text{ min}}{\text{dia (matinal)}}}{\frac{9,6 \text{ min}}{\text{docena}}} = 31,25 \frac{\text{docena}}{\text{dia (matinal)}}$$

La empresa produce en el área de pulido un promedio de 31,25 docenas diarias en las 5 horas de trabajo en la primera etapa de pelar y quemar en la mañana de 8:00 a 13:00, y que el tiempo máximo para producir una docena es de 9,6 minutos.

La empresa llega a producir en promedio 21 docenas por día según el dueño de la empresa pero su objetivo es ser más productivos, y capacidad de producción de la empresa también podemos sustentarnos en datos calculados de capacidad de producción de la empresa GUSMAR [37].

Ahora con el sistema de cambio de velocidad implementado, aumentamos la producción a 31, 25 docenas por día, pero la capacidad de producción de las otras áreas es de 21 docenas por día, en este momento lo que se va determinar es el tiempo se demora en hacer las 21 docenas con el nuevo sistema de cambio de velocidad, para el tiempo restante usarlo en la segunda etapa de abrillantado y apomazado y de esta forma optimizar el tiempo de fabricación de calzado.

Partimos de la ecuación número (1), para el cálculo de producción para poder determinar el tiempo base (Tb) para las 21 docenas por día, que la capacidad de producción de la empresa por el tiempo estándar para fabricar una docena con el nuevo sistema de cambio de velocidad.

$$\text{Tb pelar y quemar} = \text{capacidad de produccion} * \text{tiempo estandar (Ts)}$$

$$\text{Tb pelar y quemar} = 21 \frac{\text{docenas}}{\text{dia}} * 9,6 \frac{\text{minutos}}{\text{docena}}$$

$$Tb \text{ pelar y quemar} = 201,6 \frac{\text{minutos}}{\text{día}} = 3,36 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

Para realizar los 21 docenas se necesita el tiempo base(Tb) de 3,36 horas al día, y con esto tenemos una sobra de 98,4 minutos o 1,64 horas de las 5 horas estaban destinadas en la mañana para pelar y quemar, y se la puede utilizar en la segunda etapa de abrillantado y apomazado.

4.10.11. Productividad mejorada del proceso de pulir y quemar

- **Maquinaria**

En la producción después de la implementación del sistema de cambio de velocidad es de 31,25 docenas.

$$\text{productividad} = \frac{31,25 \text{ docenas}}{1 \text{ máquina}} = 31,25 \frac{\text{docena}}{\text{maquina}}$$

En la empresa se produce 31,25 docenas de cortes armados en la horma en la operación de pelar y quemar en 1 máquina en 5 horas.

- **Materiales**

En la producción después de la implementación del sistema de cambio de velocidad es de 31,25 docenas/día entre los insumos gastados en una docena de productos.

$$\text{productividad} = \frac{31,25 \frac{\text{docenas}}{\text{día}}}{1,14 \text{ dolares}} = 27,41 \frac{\text{docena}}{\text{dolar de material}}$$

Se produce 27,41 docenas de producto terminado por cada 1,14 dólares de insumos o material como se muestra Tabla 7, que invierto entrante destinada solo a fabricar una docena.

- **Económico**

En la producción después de la implementación del sistema de cambio de velocidad es de 31,25 docenas/día entre los insumos gastados de material y la paga del operador por día en una docena de productos.

$$\text{productividad} = \frac{31,25 \text{ docenas /día}}{17,30 \text{ dolares} + 1,14 \text{ dolares}} = \frac{31,25 \text{ docenas /día}}{18,44 \text{ dolares}} = 1,69 \frac{\text{docena}}{\text{dolar}}$$

La productividad económica es de 1,69 docenas de producto terminado de una docena de calzado en el área de pulido, tomando en cuenta los insumos de esta etapa de pelar y quemar que son 1,14 dólares por docena como se detalla en la Tabla 7, y también el costo de pago de operarios por día ya que gana 450 mensual y diariamente gana 17,30 dólares la suma de estos valores me da el costo de este proceso que es d. 18.44 dólares.

- **Energía**

En la producción después de la implementación del sistema de cambio de velocidad es de 31,25 docenas/día entre el costo del consumo eléctrico producido en esta etapa de pulir y quemar por día en una docena de productos

$$\text{productividad} = \frac{31,25 \frac{\text{docenas}}{\text{día}}}{4 \text{ kW.h} * 0,091 \text{ dolares}} = \frac{31,25 \frac{\text{docenas}}{\text{día}}}{0,36 \text{ dolares}}$$

$$\text{productividad} = 86,80 \frac{\text{docenas}}{\text{dolares de energia}}$$

Se produce 86,80 docenas de producto terminado invertido relativo a suministros de energía. La energía que se utiliza para producir 31,25 docenas al día se la deduce de la multiplicación de 4 kW.h por el precio unitario de kW (0,091 dólares) quedando como resultado 0,36 dólares/día que paga por el consumo eléctrico de la pulidora como se detalla en la Tabla 6.

Tenemos que tener en cuenta consumo en la mañana es de 0,36 dólares.

4.11. Segunda etapa

4.11.1. Proceso mejorado de abrillantado y apomazado.

En la empresa calzado GUSMAR existen diversos modelos de calzado en distinto tipo de material para este caso del proceso de abrillantado será aplicado a los modelos de código 162 y 160 como se muestra en la Tabla 8.

- **Abrillantado**

La velocidad del giro de los cepillos no debe sobrepasar de los 800 RPM., pues a una mayor velocidad, se corre el riesgo de quemar la suela o de pelar la piel, sobre todo si el operario no es hábil en el movimiento de las manos [38].

En esta parte del proceso de terminado al zapato se lo cepilla la parte del canto (parte lateral de la suela) con movimientos rotativos en sentido contrario al giro de los cepillos, luego cepille la piel, posteriormente la planta y la boca del tacón, observe que no queden rastros de betún y pastas, las superficies deben quedar lisas y abrillantadas como se muestra en la Figura 80 [39].

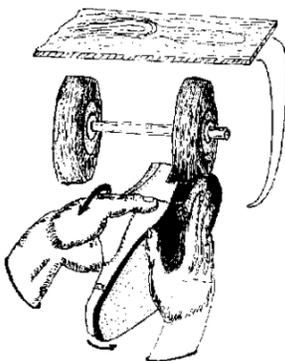


Figura 80. Cepillar el zapato [39].

- **Apomazado**

La siguiente operación es apomazado de las plantas y el tacón; que estén al natural para esto se debe elevar la velocidad pasado las 1200 RPM. [39], con mucho cuidado, evite tocar o raspar con la poma la parte entintada, la presión que haga a la poma tiene que ser muy suave, para no pelar o desflorar la suela, como se muestra en la Figura 81 [39].

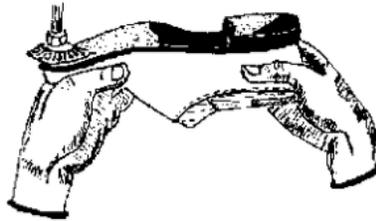


Figura 81. Apomazado de la suela del calzado [39].

A continuación, detallamos el orden transitivo de cada una de las operaciones, inspecciones, transportes y almacenamientos que forman parte del diagrama de proceso que se muestra en la figura 82.

Almacenamiento 1: Recepción del calzado proveniente de del área de terminado.

Inspección y operación 1: Se enciende la máquina, se elige la velocidad, el calzado es inspeccionados para verificar su estado y abrillanta a velocidad media no debe sobrepasar de los 800 RPM, con el cepillo de cerda de caballo y la cera carnauba.

Operación 1: Deposita los cortes limpios en una gaveta plástica.

Operación 2: Se elige la velocidad y la aspiradora para realizar la operación de terminar la planta en el apomazado una velocidad mayor a 1200 RPM en el calzado.

Operación 3: Deposita los zapatos terminados en una gaveta plástica.

Operación 4: Se detiene la máquina y la aspiradora de pelusa.

Trasporte 1: Se trasporta los zapatos a la mesa de terminado para el empaquetado.

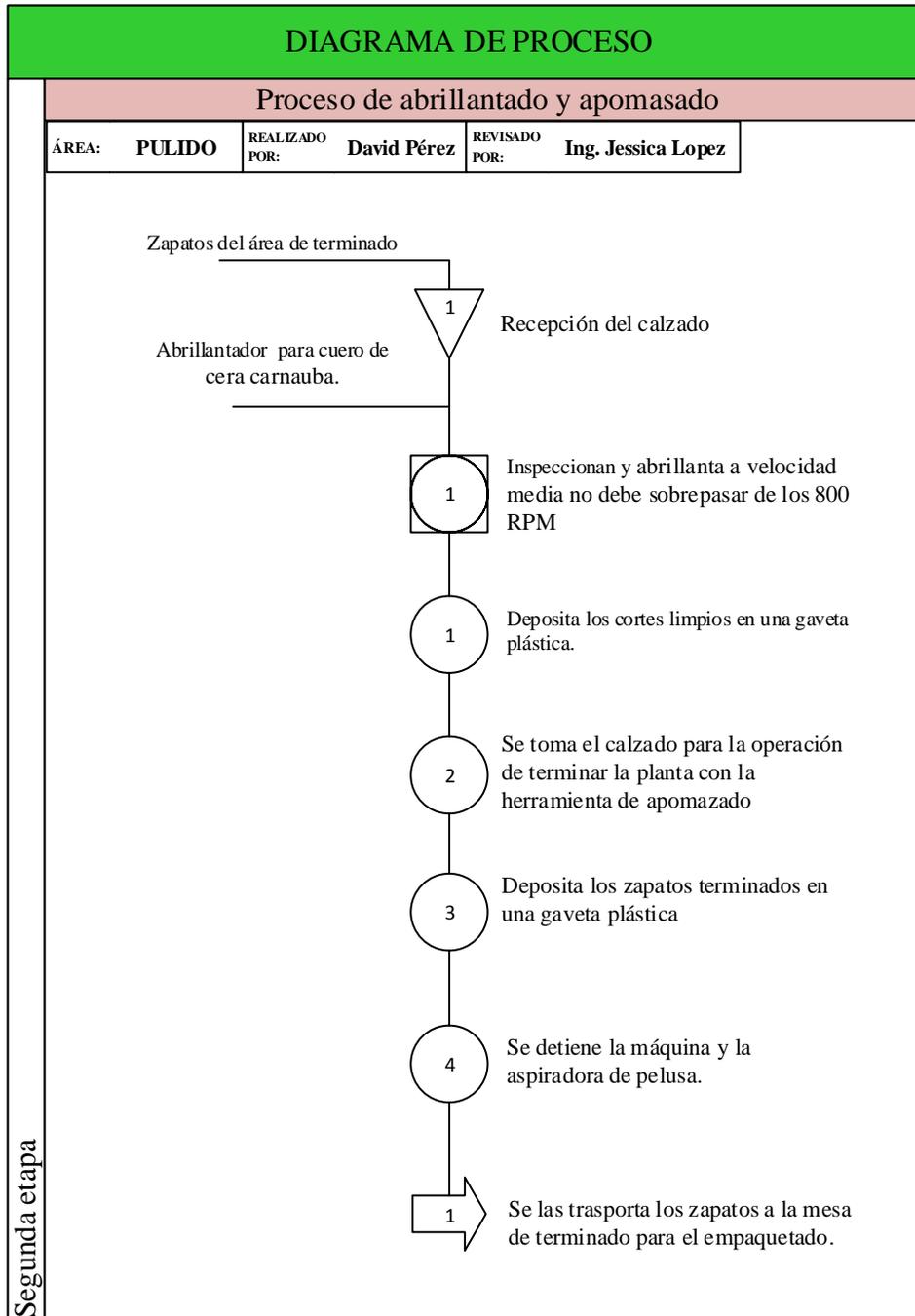


Figura 82. Diagrama de proceso mejorado de abrillantado: Área de pulido.

4.11.2. Cursograma analítico del proceso mejorado de abrillantado y apomazado.

Muestra de forma mucho más detallada la trayectoria del material por el área de pulido, señalando todos los hechos, mediante el símbolo que corresponda a sus actividades. Mediante

este cursograma que se muestra en la Tabla 49, es posible identificar todas las actividades innecesarias o tiempos de demoras.

Tabla 49. Cursograma analítico del proceso mejorado de abrillantado y apomazado.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO DE ÁREA DE PULIDO GUSMAR				OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO					
Diagrama N° 1		Hoja N° 1 del		ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPUESTO		
Producto	Calzado código 160 y 162			Operación	○	4			
				Transporte	⇒	1			
Actividad	Abrillantado y apomazado los cortes armados en la horma			Espera	□	0			
				Inspección	◻	1			
Lugar	Fabrica GUSMAR			Almacenamiento	▽	1			
				Distancia (metros)					
Método	Mejorado			Tiempo (minutos)		24			
Operarios				Total		7			
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)	SÍMBOLO					Observaciones
				○	⇒	□	◻	▽	
Recepción del calzado proveniente de del área de terminado	12	-	-						
Se enciende la máquina, se elige la velocidad, inspecciona y abrillantar a velocidad media	-	-	6,8						no debe sobrepasar de los 800 RPM
Deposita los cortes limpios en una gaveta plástica.	-	-	-						Manualmente
Se elige la velocidad, realizar la operación de apomazado de la suela en el calzado	-		8,6						no debe sobrepasar de los 1200 RPM
Deposita los zapatos terminados en una gaveta plástica.			-						
Se detiene la máquina y la aspiradora de pelusa.			-						
Se las trasporta los zapatos a la mesa de terminado para el empaquetado.		1,30	-						
Total	12		15,4	4	1	0	1	1	

En la segunda etapa en el área de pulido en el proceso de abrillantado y apomazado existen 4 operaciones, 1 inspección y operación y 1 transporte hacia la siguiente área de terminado.

4.11.3. Estudio de tiempos

4.11.4. Estudio de tiempos para el proceso mejorado de abrillantado y apomazado

En la segunda etapa del proceso de abrillantado y apomazado, cuenta con 7 elementos y los más significativos se describen en la Tabla 50, con la finalidad de establecer el tiempo tipo o estándar, se realiza un estudio de medición del trabajo.

A continuación se desglosa las tareas u operaciones que componen el proceso de abrillantado y apomazado en elementos, los que serán cronometrados deben ser mayores a 2 centésimas de minuto (0.02 min), además deben ser fácilmente reconocibles y deben estar definidos para su respectivo cronometraje.

Tabla 50. Descripción de elementos para abrillantar y apomazado

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP
Material: calzado
Proceso: Abrillantado y apomazado (12 par)
Máquinas: Pulidora
Descripción de actividades Pelar y quemar
Se enciende la máquina, se elige la velocidad, inspecciona y pulir a velocidad media
Se elige la velocidad, realizar la operación de apomazado de la suela en el calzado

4.11.5. Muestreo para el estudio de tiempos

Ahora se va a calcular el número de observaciones para las actividades descritas en la Tabla 50, para esto se sigue un método tradicional para determinar el número de observaciones en la cual se tiene un nivel de confianza de 95% y un margen de error de 5%. Para empezar se tomara 10 lecturas por cada actividad, ya que los tiempos son menores a 2 minutos, y se los detalla en la siguiente Tabla 51.

Tabla 51. Tiempos de observaciones preliminares en minutos

OBSERVACIONES DE LAS ACTIVIDADES										
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP										
Material: calzado										
Proceso: Abrillantado y apomazado (12 par)										
Máquinas: Pulidora										
Descripción de actividades										
Elementos de Abrillantado y apomazado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Se enciende la máquina, se elige la velocidad, inspecciona y pulir a velocidad media	6,8	6,3	6,4	6,6	6,4	6,5	6,4	7,1	6,4	6
Se elige la velocidad, realizar la operación de apomazado de la suela en el calzado.	7,8	8,8	7,6	8,4	8,9	8,1	8,3	8,7	8,5	8,8

Al realizar los cálculos de tamaño de muestra, se determina que cantidad de valores que se tomara para el proceso descrita en la Tabla 50 y el valor obtenido dará el número de muestra para los elementos, se detallaran en la Tabla 52.

Los cálculos del tamaño de muestra se los detallara en el Anexo 12.

Tabla 52. Tamaño de muestras para los elementos

Elementos de Abrillantado y apomazado	Número de observaciones
Se enciende la máquina, se elige la velocidad, inspecciona y pulir a velocidad media	3
Se elige la velocidad, realizar la operación de apomazado de la suela en el calzado.	4

Calculamos el tiempo observado por docena en el área de pulido para cada una de las operaciones de abrillantado y apomazado, dando así los tiempos de observación de las actividades, los tiempos cronometrados se muestra continuación en la Tabla 53.

Tabla 53. Promedio de tiempos observados

TIEMPO PROMEDIO DE ACTIVIDADES OBSERVADAS											
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP											
Material: Calzado											
Proceso: Abrillantado y apomazado (12 par)											
Máquinas: Pulidora											
Descripción de actividades (min)											
Elementos de abrillantado y apomazado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom.
Se enciende la máquina, se elige la velocidad, inspecciona y pulir a velocidad media	6,8	6,3	6,4								6,50
Se elige la velocidad, realizar la operación de apomazado de la suela en el calzado.	7,8	8,8	7,6	8,4							8,15

4.11.6. Cálculo del tiempo normal

Ahora se realiza el cálculo del tiempo normal (TN), donde se describe el tiempo observado de cada uno de los elementos del proceso de abrillantado y apomazado, así como la valoración del trabajador en cada elemento a través de la ecuación (9) descrita en el marco teórico.

- **Valoración del ritmo de trabajo**

La selección de trabajador calificado el cual presenta una serie de características al momento de realizar el trabajo donde se toma en cuenta su aptitud el conocimiento del trabajo el método para ejecutar su labor entre otros, este factor conlleva una correlación para el tiempo observado, y los criterios a tomar se encuentran en la Tabla 1.

Posteriormente se visualiza en la Tabla 54, el tiempo normal del proceso de abrillantado y apomazado.

Tabla 54. Cálculo del tiempo normal

CÁLCULO DEL TIEMPO NORMAL (TN)			
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP			
Material: Calzado			
Proceso: Abrillantado y apomazado(12 pares)			
Máquinas: Pulidora			
Descripción de actividades TN minutos			
Elementos de abrillantado y apomazado	Prom	V	TN min
Se enciende la máquina, se elige la velocidad, inspecciona y pulir a velocidad media	6,50	100/100	6,50
Se elige la velocidad, realizar la operación de apomazado de la suela en el calzado.	8,15	100/100	8,15
TOTAL DE TIEMPO DE OPERACION POR DOCENA			14,65

En la tabla 54, el cálculo del tiempo normal (TN), es de 14,65 min., tomando en cuenta los suplementos de descanso y la cantidad de materia prima de una docena.

El tiempo de actividades manuales (T.A.M.), es 14,65 min para el proceso de abrillantado y apomazado en la pulidora.

Tiempo de máquina (T. M.) no existe ya que los elementos de estudio que se los ejecuta de forma manual y conjuntamente con la maquina es la razón que el tiempo de máquina es cero.

La Tabla 55, se muestra los suplementos por descanso establecidos para el proceso de abrillantado y apomazado tomados de la Tabla 2.

Tabla 55. Suplementos por descanso

SUPLEMENTOS POR DESCANSO		
Trabajador:	MUJER	
		%
Suplementos Constantes	Necesidades personales	7
	Básico por fatiga	4
Suplementos variables	Trabajo de pie	4
	Ruido	2
TOTAL		17

4.11.7. Cálculo del tiempo estándar

El cálculo del tiempo estándar se lo realiza describiendo un tiempo tipo para cada elemento o actividad del proceso abrillantado y apomazado; para ello se lo hará a través de la ecuación (10) y se muestra los resultados obtenidos en la Tabla 56.

Tabla 56. Cálculo de Tiempo estándar del proceso mejorado de abrillantado y apomazado

CÁLCULO DE TIEMPO ESTÁNDAR				
OPERACIÓN ABRILLANTADO Y APOMAZADO				
Elemento	Tiempo Normal	Suplementos	Tiempo estándar	Actividades
Se enciende la máquina, se elige la velocidad, inspecciona y pulir a velocidad media	6,50	17%	7,61	
Se elige la velocidad, realizar la operación de apomazado de la suela en el calzado.	8,15	17%	9,54	
Tiempo estándar de operación (min/docena)			17,14	

4.11.8. Diagrama Hombre-Máquina del proceso mejorado de abrillantado y apomazado

En la Tabla 57, se observa el diagrama Hombre-Máquina del proceso mejorado de abrillantado y apomazado, en el cual se muestra la fabricación por docena de zapatos.

Tabla 57. Diagrama Hombre-Máquina del proceso mejorado de abrillantado y apomazado

DIAGRAMA HOMBRE - MÁQUINA			Estudio # 01	
Producto: Calzado casual para hombre		Fecha: 31/03/2018		
Material: Cortes de cuero		Elaborado por: David Pérez		
Proceso: abrillantado y apomazado		Revisado por: Ing. Jessica López		
Máquinas: Pulidora		Método de cronometraje: Vuelta a cero		
Elementos del proceso	Operario	Escala	Máquina Pulidora	
		Tiempo - min		
Se enciende la máquina, se elige la velocidad, inspecciona y pulir a velocidad media		6,50	abrillantado y apomazado	
Se elige la velocidad, realizar la operación de apomazado de la suela en el calzado.		8,15	Trasporte	
Suplementos		2,49		
Tiempo de ciclo (min)		17,14		

En el Diagrama Hombre-Máquina de la pulidora de la Tabla 57, se indica el tiempo de ciclo, acción, ocio, mediante este diagrama elaborado un resumen en la Tabla 58, se determina un porcentaje de trabajo del 100% del operario, mientras que la máquina presenta un 85.5 % y un desperdicio de 14,52 %, dentro del ciclo de producción.

Tabla 58. Resumen del diagrama Hombre-Máquina del proceso mejorado de abrillantado y apomazado

Resumen	Tiempo de Ciclo (min)	Acción (min)	Ocio (min)	Utilización	Desperdicio
Operador	17,14	17,14	0,0	100%	0%
Máquina	17,14	14,65	2,49	85,5%	14,52%

4.11.9. Nuevos indicadores actuales de producción y productividad

Dentro del tiempo total del proceso productivo del área de pulido en la operación de abrillantado y apomazado para una docena de zapatos listos para empaquetar, existen diversas actividades las cuales contribuyen al transcurso de la materia prima, también existen operaciones improductivas las cuales se debe identificar para disminuirlas o eliminarlas.

- **Actividades productivas**

Los tiempos estándar del proceso productivo para una docena es de 17,14 min la docena como se muestra en la Tabla 56, de los cuales una parte son actividades que dan valor al producto.

$$\% \text{ Actividades productivas} = \frac{(7,61 + 9,54)\text{min}}{17,14 \text{ min/docena}} * 100\% = 100\%$$

Existe un 100 % de actividades productivas del tiempo total después de la implementación del sistema de control de velocidad, es decir tiempos destinados a la operación eficaz de abrillantado y apomazado.

- **actividades improductivas**

Sin embargo, existen tiempos de actividades inútiles, como tiempos de transporte del material de un área a otra, y tiempos de demora.

$$\% \text{ Actividades improductivas} = \frac{0}{17,14\text{min/docena}} * 100\% = 0\%$$

Asimismo existe un 0 % de actividades improductiva del total del tiempo de producción, referente al proceso de abrillantado y apomazado en el área de pulido.

En el tiempo estándar de 17,14 minuto se abrillanta y en apomazar una docena de zapatos, tomando en cuenta que se trabaja 3 horas en la tarde y con el horario de la mañana se completa así las 8 horas de trabajo dejando así el calzado en espera y pagando horas extras al operario para cumplir con los objetivos de producción de la empresa.

El tiempo base para la tarde es de 3 horas para cumplir las 8 horas de trabajo

$$\text{Tiempo base(Tb)} = \frac{3\text{horas}}{\text{dias (tarde)}} = \frac{180 \text{ min}}{\text{dia (tarde)}}$$

4.11.10. Producción del proceso mejorado de abrillantado y apomazado

Tomando en cuenta el tiempo base para este proceso, podemos deducir la producción para la etapa de abrillantado y apomazado, si 180 min son destinados para concluir el proceso y 17,14 minutos para realiza una docena:

$$\text{Producción} = \frac{\frac{180 \text{ min}}{\text{dia (tarde)}}}{\frac{17,14 \text{ min}}{\text{docena}}} = 10,50 \frac{\text{docena}}{\text{dia (tarde)}}$$

La empresa produce en el área de pulido un promedio de 10,50 docenas diarias en las 3 horas de trabajo en la segunda etapa de abrillantado y apomazado. La empresa llega a producir en promedio 21 docenas por día según el dueño de la empresa pero su objetivo es ser más productivos, en el estudio anterior de la primera etapa de pelar y quemar en la sección 4.10.10. De cálculo de producción, la tarea para 21 docenas se realiza más rápido después de la implementación y dejando un tiempo de 98,4 minutos para la etapa de abrillantado y apomazado, teniendo un tiempo de 180 minutos más 98,4 minutos de la etapa de pelado y quemado.

$$\text{tiempo total} = \text{tiempo sobrante} + \text{tiempo base}$$

$$\text{tiempo total} = 98,4 \text{ min} + 180 \text{ min}$$

$$\text{tiempo total} = 278,4 \text{ min}$$

Se tiene un total de 278,4 minutos para realizar el proceso de abrillantado y apomazado, ahora se calcula el nuevo nivel de producción para este proceso, si el tiempo estándar para este proceso es de 17,14 minutos.

$$\text{Producción} = \frac{\frac{278,4 \text{ min}}{\text{dia}}}{\frac{17,14 \text{ min}}{\text{docena}}} = 16,24 \frac{\text{docena}}{\text{dia (tarde)}}$$

La empresa produce en el área de pulido un promedio de 16,24 docenas diarias en la segunda etapa de abrillantado y apomazado después de la mejora.

4.11.11. Productividad de abrillantado y apomazado.

- **Maquinaria**

En la producción posteriormente de la implementación del sistema de cambio de velocidad es de 10,50 docenas en 3 horas de trabajo en el horario de trabajo anterior.

$$\text{productividad} = \frac{10,50 \text{ docenas}}{1 \text{ máquina}} = 10,50 \frac{\text{docena}}{\text{maquina}}$$

En la empresa se produce 10,50 docenas de calzado terminado en la operación de abrillantado y apomazado en 1 máquina en 3 horas.

- **Materiales**

En la producción después de la implementación del sistema de cambio de velocidad es de 10,50 docenas/día entre los insumos gastados en una docena de productos.

$$\text{productividad} = \frac{10,50 \frac{\text{docenas}}{\text{día}}}{1,28 \text{ dolares de material}} = 8,20 \frac{\text{docena}}{\text{dolar de material}}$$

Se produce 8,20 docenas de producto terminado por cada 1,28 dólares de insumos o material que invierto entrante destinada solo a fabricar una docena.

- **Económico**

En la producción después de la implementación del sistema de cambio de velocidad es de 10,50 docenas/día entre los insumos gastados de material y la paga del operador por día en una docena de productos.

$$\text{productividad} = \frac{10,50 \text{ docenas /día}}{17,30 \text{ dolares} + 1,28 \text{ dolares}} \frac{10,50 \text{ docenas /día}}{18,58 \text{ dolares}} = 0,56 \frac{\text{docena}}{\text{dolar}}$$

La productividad económica es de 0,56 docenas de producto terminado de una docena de calzado en el área de pulido, tomando en cuenta los insumos de este proceso de

abrillantado y apomazado que son 1,28 dólares por docena como se detalla en la Tabla 7, y también el costo de pago de operarios por día ya que gana 450 mensual y diariamente gana 17,30 dólares la suma de estos valores me da el costo de este proceso que es de 18.58 dólares.

Energía

En la producción después de la implementación del sistema de cambio de velocidad es de 10,50 docenas/día entre el costo del consumo eléctrico producido en este proceso de abrillantado y apomazado, por día en una docena de productos.

$$\text{productividad} = \frac{10,50 \frac{\text{docenas}}{\text{día}}}{2,4 \text{ kW.h} * 0,091 \text{ dolares}} = \frac{10,50 \frac{\text{docenas}}{\text{día}}}{0,21 \text{ dolares}}$$

$$\text{productividad} = 50 \frac{\text{docenas}}{\text{dolares de energia}}$$

Se produce 50 docenas de producto terminado invertido relativo a suministros de energía. La energía que se utiliza para producir 10,50 docenas al día se la deduce de la multiplicación de 2,4 kW.h por el precio unitario de kW (0,091 dólares) quedando como resultado 0,21 dólares/día que paga por el consumo eléctrico de la pulidora como se detalla en la Tabla 6.

4.12. Cuadro Comparativo de Indicadores

Gracias a las propuestas de mejora se pudo incrementar los valores de indicadores como el de actividades productivas, la eficiencia económica, la producción, productividad de maquinaria, productividad de mano de obra, productividad de energía. Así también se logró reducir las actividades improductivas el proceso de pelado y quemado, tanto como en abrillantado y apomazado.

Para el cálculo de incremento de la productividad se determina mediante la fórmula (4) descrita en la sección 2.2.2, para exponer los resultados se toma de ejemplo el primer indicador de actividades productivas (%):

$$\Delta p = \frac{\text{Productividad propuesta} - \text{Productividad anterior}}{\text{Productividad actual}}$$

$$\Delta p = \frac{96,28 - 63,3}{63,3} * 100\%$$

$$\Delta p = 52\%$$

El índice de actividades productivas es de 63,3 y con el sistema implementado aumenta en un valor de 96,28 lo que representa un incremento del 52%

De manera detallada la información del proceso de pelado y quemado se muestra en la Tabla 59.

Tabla 59. Cuadro Comparativo de Indicadores de pelar y quemar

ACTIVIDADES	ANTERIOR	PROPUESTA	MEJORA	MEJORA %	
Actividades Productivas (%)	63,3	96,28	32,98	Incremento	52%
Actividades Improductivas (%)	36,54	3,16	33,38	Reducción	91%
Producción (docena/día)	20,4	31,25	10,85	Incremento	53%
Productividad Máquina (docena/máquina)	20,4	31,25	10,85	Incremento	53%
Productividad Materiales (docena/dólares de material)	17,54	27,41	9,87	Incremento	56%
Productividad Económica (docena/dólares)	1,08	1,69	0,61	Incremento	56%
Productividad Energía (docena/energía)	55,5	86,8	31,3	Incremento	56%

En la segunda etapa del proceso de abrillantado y apomazado de forma detallada se muestra la información en la Tabla 60.

Tabla 60. Cuadro Comparativo de Indicadores de abrillantado y apomazado

ACTIVIDADES	ANTERIOR	PROPUESTA	MEJORA	MEJORA %	
Actividades Productivas (%)	64,2	100	35,8	Incremento	56%
Actividades Improductivas (%)	35,8	0	35,8	Reducción	100%
Producción (docena/día)	6,5	10,5	4	Incremento	62%
Productividad Máquina (docena/máquina)	7	10,5	3,5	Incremento	50%
Productividad Materiales (docena/material)	5,46	8,2	2,74	Incremento	50%
Productividad Económica (docena/dólares)	0,38	0,56	0,18	Incremento	47%
Productividad Energía (docena/energía)	33,3	50	16,7	Incremento	50%

Por medio de los indicadores se puede determinar el incremento o reducción de los factores que intervienen en el proceso de fabricación de calzado, como se puede observar en las Tablas 59 y 60, la mejora es considerable ya que se redujo los tiempos improductivos y se incrementó la productividad de máquina, materiales, económica y energética.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Mediante el registro y análisis de la información contenida en los diferentes diagramas y gráficos representativos, se determina que en el área de pulido existen varias actividades que no agregan valor al producto, como las de preparación de máquina en cada proceso y este tienen un total de 4,3 min de tiempo muerto, además de la presencia de operaciones eliminables, demoras e inspecciones innecesarias que impiden que el trabajo se desarrolle de manera eficaz.
- La implementación de un variador de frecuencia para el arranque y control del motor de la pulidora, es la mejor solución para eliminar los tiempos muertos en la preparación de máquina, en lo referente a cambio de velocidad. Ya que este dispositivo ofrece múltiples opciones de control y características de arranque, y es ajustable a la necesidad de la operación, por tener dos modos de uso, en modo manual se puede acceder a todo el rango velocidades es decir de 0 a 1700 rpm, y de forma automática se tiene dos velocidades programadas 800 rpm, para el proceso de abrillantar y apomazado y 1500 rpm, para el proceso de pelar y quemar, las cuales se pueden visualizar en el tablero de control de la pulidora.
- El tiempo estándar de producción en el proceso de pelar y quemar del área de pulido corresponde a 14,6 minutos para una docena y según el cálculo de las capacidades de producción se establece que la producción sin la implementación es de 20,4 docenas de

zapato en 5 horas de trabajo correspondientes a la primera etapa en esta área. Mediante la implementación del sistema automático de cambio de velocidad con un tiempo estándar de 9,5 minutos por docena, la producción que se obtiene es de 31,25 docenas de zapatos, lo que representa un incremento del 53% de producción, utilizando el mismo recurso humano y en el mismo tiempo de trabajo.

- El tiempo estándar de producción en el proceso de abrillantado y apomazado del área de pulido corresponde a 27,65 minutos para una docena y según el cálculo de las capacidades de producción se establece que la producción de 6,5 docenas de zapato en 3 horas de trabajo en la segunda etapa del uso de esta área. Mediante la implementación del sistema automático de cambio de velocidad con un tiempo estándar de 17,14 minutos por docena, la producción que se obtiene es de 10,5 docenas de zapatos lo que representa un incremento del 62% de producción, utilizando el mismo recurso humano y en el mismo tiempo de trabajo.

5.2. Recomendaciones

- La empresa de calzado GUSMAR debe realizar una inspección de maquinaria que con la ayuda de nuevas formas de control, podría mejorar en los tiempos de manufactura en la línea de producción, a fin de optimizar los recursos y el manejo de materiales, sobretodo se incremente la seguridad para el operario.
- Realizar el mantenimiento preventivo respectivo de la pulidora, especialmente en las poleas y bandas de transmisión y en los rodamientos del eje, ya que el desgaste a largo plazo es perjudicial para el funcionamiento del motor, provocando que no exista en movimiento adecuado y se fatiguen los elementos.
- Se recomienda no quitar los protectores o guardas de las bandas de transmisión ya que puede causar atrapamientos a los operarios.
- Se recomienda la inversión de un controlador de lógica programable de mayor robustez para el área en la q se va a desempeñar
- Es recomendable usar dispositivos que cuenten con funciones propias de PID, como PLC's, o como en el caso de este proyecto el variador WEG.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. cortéz ramírez, «metodología de la aplicación "smed" (single minuted exchange of die) en la industria metalmecánica,» méxico d.f, 2011.
- [2] M. e. romo pesantes, «ecuador: protección arancelaria y la producción de zapatos,» guayaquil, 2015.
- [3] K. . l. romero sigüenza, «análisis de la competitividad del sector del calzado en el ecuador en el período,» guayaquil, 2015.
- [4] J. reyes vasquez, d. aldas salaza, l. morales perrazo y m. garcía carrillo, «evaluación de la capacidad para montaje en la industria manufacturera de calzado,» *ingeniería industrial*, vol. 37, nº 1, pp. 14-23, 2016.
- [5] E. a. cubillo villegas, «proyecto de inversión para la instalación,» guayaquil, 2014.
- [6] Ministerio de industrias y productividad, «bp. 131- “ficce 2015”, oportunidad para conocer a la industria del calzado ecuatoriano con calidad,» 2015. [en línea]. available: <http://www.industrias.gob.ec/bp131-ficce-2015-oportunidad-para-conocer-a-la-industria-del-calzado-ecuatoriano-con-calidad/>.
- [7] P. . m. espejo velasco y k. e. heredia villacís, «diseño e implementación de un sistema automatizado de extracción de miel de abejas de bajo costo para mejorar la eficiencia en la recolección del producto, destinado a apicultores de la zona central del país,» latacunga , 2013.

- [8] D. j. chipantiza ganan, «gestión de la producción para reducir desperdicios de tiempo del proceso de armado utilizando la metodología de cambio rápido de herramientas (smed) en industrias de manufactura de calzado de cuero,» ambato, 2017.
- [9] L. f. arias andrade y a. f. taipicaña guano, «diseño y construcción de un prototipo automatizado de telar plano de inserción de trama continua para tejido artesana,» universidad de las fuerzas armadas espe. carrera de ingeniería en mecatrónica., sangolqui, 2016.
- [10] A. j. chang torres, «propuesta de mejora del proceso productivo para incrementar la productividad en una empresa dedicada a la fabricacion de sandalias de baño”,» universidad católica santo toribio de mogrovejo, chiclayo, 2016.
- [11] V. g. soler, «lean manufacturing,» vol. 4, pp. 1-11, 2015.
- [12] J. c. h. matías, «lean manufacturing conceptos, técnicas e implementación,» universidad politécnica de madrid, madrid, 2013.
- [13] R. garcía criollo, estudio del trabajo: ingeniería de métodos y medición del trabajo, vol. 2, méxico d.f.: mcgraw-hill interamericana, 2000.
- [14] A. j. s. c. q. j. perez e, autómatas programables y sistemas de automatización, méxico df: marcombo, s. a., 2009, p. 650.
- [15] R. b. chase, administración de operaciones producción y cadena de suministros, méxico, d.f: punta santa fe, 2014.
- [16] Organización internacional del trabajo: enfoque del estudio del trabajo, zuiza: ginebra: copyright, 1996.
- [17] P. reyes vásquez, estudio del trabajo, aplicaciones en la industria ecuatoriana, ambato, 2014.
- [18] L. yucra, «auditoria administrativa,» 21 07 2013. [en línea]. available: <http://auditoriaadministrativadued.blogspot.com/2013/07/diagrama-de-procedimientos.html>. [último acceso: 02 03 2018].

- [19] B. w. niebel y a. freivalds, ingeniería industrial. métodos, estándares y diseño del trabajo, 11 ed., buenos aires: alfaomega, 2004, p. 745.
- [20] K. zandin, manual del ingeniero industrial, vol. i, mexico: 2008, 2008.
- [21] . P. a. zamora salinas, «estudio de métodos, tiempos, movimientos y cálculo de la capacidad de producción en el área de bobinado de la empresa ecuatran s.a.» facultad de ingeniería en sistemas, electrónica e, ambato, 2014.
- [22] F. c. m. y. l. g. r. c. a. rosas miranda, «cursograma analítico polilibro,» upiicsa, 28 01 2013. [en línea]. available:
http://www.sites.upiicsa.ipn.mx/polilibros/ingmet1/polilibro/2%20portal/p4%20cursograma%20analitico/generalidades_4.htm. [último acceso: 02 03 2018].
- [23] J. márquez colochio, «ingeniería del trabajo,» universidad fidélicas, [en línea]. available:
<https://www.ingenieriademetodos.com/app/download/9061006469/teor%c3%ada+diagrama+hombre+maquina.pdf?t=1514748308..> [último acceso: 03 03 2018].
- [24] . V. zúmbame, «diseño e implementación de un sistema automatizado para el proceso de medición posicionamiento de la cuchilla de una cizalla seybold, para la imprenta cadal,» universidad técnica de ambato, ambato, 2010.
- [25] I. las sabinas , «sistemas electrónicos,» [en línea]. available:
<http://blog.educastur.es/tecnoaller/files/2011/02/apuntes-e-analogica.pdf>. [último acceso: 03 03 2018].
- [26] K. benjamin c., sistemas de control automático, méxico df: prentice – hall hispanoamericana, 2011, pp. 9,10.
- [27] J. a. sánchez, instrumentación y control básico de procesos, madrid: diaz de santos, 2006, p. 345.
- [28] A. v. paredes castro, «“sistema electrónico de corte de piezas en cuero nubuck para la confección de calzado,» facultad de ingeniería en sistemas, electrónica e industrial, ambato, 2015.

- [29] D. c. i. g. m. y. d. m. massimo banzi, «arduino,» 2017. [en línea]. available: <https://www.arduino.cc/>. [último acceso: 03 03 2018].
- [30] J. nasimba quinatoa, «diseño e implementación de un arrancador electrónico para el motor dc, baldor cdp3440, para realizar prácticas, en el laboratorio de máquinas eléctricas, fie,» escuela superior politécnica de chimborazo, riobamba, 2011.
- [31] . J. c. lópez arenales, «motores eléctricos,» 2013. [en línea]. available: <http://biblio3.url.edu.gt/libros/2013/ing/pim/12.pdf>. [último acceso: 05 03 2018].
- [32] L. v. jácome lópez , «“automatización del bombeo de agua a través del control de nivel de la cisterna de la estación miraflores ep-emapa,» facultad de ingeniería en sistemas electrónica e industrial, ambato, 2015.
- [33] F. sevellano calvo , «variadores de frecuencia,» zaragoza, 2010-2011.
- [34] V. a. palacios mera, «sistema electrónico para el control de posición angular del eje de un motor trifásico asíncrono,» facultad de ingeniería en sistemas electrónica e industrial, ambato, 2016.
- [35] «La tarifa de energía eléctrica para industrias se revisa,» *el comercio*, 24 10 2017.
- [36] F. galvis, «almacenes jmt,» distribución de alambres, cables y productos eléctricos y de refrigeración, 10 03 2015. [en línea]. available: <http://www.alambreesmaltadobogota.com/index.php/articulos/25-mejor-un-motor-trifasico-que-uno-monofasico-por-el-ahorro-y-la-potencia>. [último acceso: 11 03 2018].
- [37] C. e. tigre masaquiza, «estudio de métodos de trabajo en el área de montaje de,» ingeniería industrial en procesos de automatización, ambato, 2015.
- [38] B. sena, «maquinaterminadora,» [en línea]. available: http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/35337/modulo3/5/8.html. [último acceso: 19 03 2018].
- [39] B. sena, «proceso pararematar el zapato,» [en línea]. available: http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/35337/modulo3/5/11.html. [último acceso: 19 03 2018].

- [40] Robotics, «mercado libre,» [en línea]. available:
https://articulo.mercadolibre.com.ec/mec-414820034-arduino-mega-2560-r3-alta-calidad-garantizado-de-oferta-_jm.
- [41] Electrostore, «mercado libre,» [en línea]. available:
https://articulo.mercadolibre.com.ec/mec-414659216-arduino-mega-2560-r3-cable-usb-_jm.
- [42] Megaelectronics, «mercado libre,» [en línea]. available:
https://articulo.mercadolibre.com.ec/mec-414731152-arduino-mega-2560-r3-ch340g-con-cable-usb-y-cd-_jm.
- [43] Electromecánica, «valores normalizados cables a.w.g,» [en línea]. available:
<http://www.profesormolina.com.ar/electromec/tabla.htm>. [último acceso: 23 03 2018].
- [44] Weg, «convertidor de frecuencia cfw 10,» transmission & distribution, brasil, 2016.

ANEXOS

Anexo 1. Placa de información técnica del motor de la maquina pulidora



Anexo 2. Cálculos del tamaño de muestra para el proceso de pelar y quemar

OBSERVACIONES DE LAS ACTIVIDADES												
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP												
Área: Pulido												
Material: calzado semiterminado												
Proceso: Pelar y quemar (12 par)												
Máquinas: Pulidora												
CÁLCULOS DEL TAMAÑO DE MUESTRA												
Elementos	1	3	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ	N
Cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	18,5	16,81	15,2	18,5	26	16	18,49	18,5	16,8	15,21	180,01	
	4,3	4,1	3,9	4,3	5,1	4	4,3	4,3	4,1	3,9	42,3	10
Pulir e a velocidad media y Deposita los cortes en horma en una gaveta plástica.	68,9	60,84	57,8	59,3	56,3	62,4	59,29	56,3	65,6	50,41	597	
	8,3	7,8	7,6	7,7	7,5	7,9	7,7	7,5	8,1	7,1	77,2	3
Trasporta cortes armados en la horma al proceso siguiente	0,05	0,073	0,06	0,08	0,05	0,08	0,068	0,08	0,07	0,068	0,68	
	0,22	0,27	0,25	0,28	0,23	0,28	0,26	0,28	0,27	0,26	2,6	9

Anexo 3. Cálculos del tamaño de muestra para el proceso de abrillantado y apomazado

OBSERVACIONES DE LAS ACTIVIDADES												
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP												
Área: Pulido												
Material: calzado semiterminado												
Proceso: Abrillantado y apomazado (12 par)												
Máquinas: Pulidora												
CÁLCULOS DEL TAMAÑO DE MUESTRA												
Elementos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ	N
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	18,49	16,81	15,21	18,49	26,01	16	18,49	18,49	16,81	15,21	180,01	
	4,3	4,1	3,9	4,3	5,1	4	4,3	4,3	4,1	3,9	42,3	10
Inspecciona y abrillantar a velocidad media	40,96	42,25	40,96	50,41	46,24	39,69	40,96	43,56	39,69	36	420,72	
	6,4	6,5	6,4	7,1	6,8	6,3	6,4	6,6	6,3	6	64,8	3
El material espera cambio de banda para elegir la velocidad adecuada	18,49	16,81	15,21	18,49	26,01	16	18,49	18,49	16,81	15,21	180,01	
	4,3	4,1	3,9	4,3	5,1	4	4,3	4,3	4,1	3,9	42,3	10
Realizar la operación de apomazado de la suela en el calzado	65,61	68,89	75,69	72,25	77,44	60,84	77,44	57,76	70,56	79,21	705,69	
	8,1	8,3	8,7	8,5	8,8	7,8	8,8	7,6	8,4	8,9	83,9	4

Anexo 4. Factura de compra variador de frecuencia

001-001-000001006

DIS-TEC

SOLUCIONES INDUSTRIALES

DISTRIBUIDOR TÉCNICO INDUSTRIAL

MOTORES - VARIADORES DE FRECUENCIA
ARRANCADORES SUAVES - CONTACTORES, ETC
REPUESTOS PARA MOTORES - ESCOBILLAS
POLEAS - ALAMBRE MAGNÉTICO - HERRAMIENTAS



DISTRIBUIDOR DE EQUIPOS DE AUTOMATIZACIÓN Y REPUESTOS



Dirección: Km 15 ½ Panamericana Norte Oe7-145 y Pedro de la Gasca
Teléfono: 282-5059 • Celular: 0984 681-632
WhatsApp: 0984 189-145
E-mail: yahvex@hotmail.com

BETHY NARCIZA SÁNCHEZ DÁVILA
RUC.: 1001360435001
AUT. SRI: 1121118472
Documento Categorizado: NO

Quito: QUITO 15 / 12 / 2017 del 2.01

Cliente: PEREZ DAVID

R.U.C / CI: 1804182788 Ciudad:

Dirección: Ambato

FACTURA S001-001- 000004038

CANT.	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO	VALOR TOTAL														
	OBS.:																
1	CONVERTIDOR DE FRECUENCIA CFW10 4A/1HP/11 10194088	215.03	215.03														
Tipo de venta: Contado.																	
<table border="1"> <tr> <td>FORMA DE PAGO:</td> <td>EFFECTIVO</td> <td>DINERO ELECTRÓNICO</td> <td>TARJ. DE CRÉDITO / DÉBITO</td> <td>OTROS</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="4">Forma de pago: Transferencia bancaria / depósito</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="4" style="text-align: center;">ACEPTAN</td> </tr> </table>		FORMA DE PAGO:	EFFECTIVO	DINERO ELECTRÓNICO	TARJ. DE CRÉDITO / DÉBITO	OTROS		Forma de pago: Transferencia bancaria / depósito					ACEPTAN				<p>SUBTOTAL 0 % \$ 0.00</p> <p>SUBTOTAL 12 % \$ 215.03</p> <p>DESCUENTO \$ 0.00</p> <p>SUBTOTAL \$ 215.03</p> <p>I.V.A. 12 % \$ 25.80</p> <p>TOTAL \$ 240.83</p>
FORMA DE PAGO:	EFFECTIVO	DINERO ELECTRÓNICO	TARJ. DE CRÉDITO / DÉBITO	OTROS													
	Forma de pago: Transferencia bancaria / depósito																
	ACEPTAN																
<p>Entregado Por _____</p>		<p>Nombre / Firma _____</p>															

ORIGINAL: CLIENTE / COPIA : EMISOR

NEPTALI GERARDO HERNÁNDEZ ZÚÑIGA R.U.C. 1710441732001 • AUTORIZACIÓN N° 2253 • TELF.: 6034667 • FECHA DE AUTORIZACIÓN: 19/JULIO/2017
FECHA DE CADUCIDAD: 19/JULIO/2018 • Del 03.101 al 04.100 • Qor.Qa.(AzRef)(EA)

Anexo 5. Factura de compra encoder OMROM



Corporación WOLF AMBATO

CORPORACIÓN WOLF S.A.
RUC 1792725984001
Av. Los Chasquis y Río Cutuchi frente a UTA Huachi
AMBATO, Tungurahua
0996779364
info@corpwolf.com
www.corpwolf.com
Obligado a llevar contabilidad

PAGADA

Factura 002-002-000000218
Enero 22, 2018

Autorización
N.º 2201201801179272598400120020020000002183794747915

Fecha: Ene. 22, 2018, 9:43 a.m.
Ambiente: PRODUCCIÓN
Clave de acceso:



2201201801179272598400120020020000002183794747915

Jorge David Perez
CEDULA 1804182788
davoskt87p@hotmail.es
Totoras
Tel. 032748165

Forma de pago	Plazo	Monto
Sin utilización del sistema financiero		\$45.00

Cantidad	Código	Descripción	Precio unitario	Descuento	Total
1	WE02050	E6B2-CWZ3E ENCODER ROTATORIO	\$40.185	\$0.00	\$40.18
Subtotal sin impuestos					\$40.18
Subtotal IVA 12%					\$40.18
Valor IVA 12%					\$4.82
Valor total					\$45.00

Pagos

Fecha de pago	Forma de pago	Notas	Monto
Ene. 22, 2018, 9:43 a.m.	Efectivo		\$45.00
Total pagado			\$45.00

+

+

-

Información adicional

No se para que sirve: Que tambien sera esto

Anexo 6. Manual de puesta en marcha por HMI.

CAPÍTULO 5 - ENERGIZACIÓN / PUESTA EN MARCHA



Esto significa que el convertidor está listo (rdy = ready) para ser operado.

5.3 PUESTA EN MARCHA



¡PELIGRO!

Altas tensiones pueden estar presentes, mismo después de la desconexión de la alimentación. Aguarde por lo menos 10 minutos para la descarga completa.

5.3.1 Puesta en Marcha - Operación vía HMI

La secuencia a seguir es válida para el caso Accionamiento 1 (ver ítem 3.2.6). El convertidor ya debe tener sido instalado y energizado de acuerdo con el capítulo 3 y el ítem 5.2.

Conexiones de acuerdo con la figura 3.6.

ACCIÓN	DISPLAY HMI	DESCRIPCIÓN
Energizar Convertidor		Convertidor listo para operar
Presionar		Motor acelera de 0 Hz a 3 Hz* (frecuencia mínima), en el sentido horario ⁽¹⁾ * 90 rpm para motor 4 pólos
Presionar y mantener hasta atngir 60 Hz. En la versión Plus, variar el potenciómetro de la HMI		Motor acelera hasta 60 Hz* ⁽²⁾ * 1800 rpm para motor 4 pólos
Presionar		Motor desacelera hasta parar ⁽³⁾



¡NOTA!

El último valor de referencia de frecuencia (velocidad) ajustado por las teclas y es memorizado.

Caso se desee alterar su valor antes de habilitar el convertidor, alterelo a través del parámetro P121 - Referencia Tecla.

OBSERVACIONES:

(1) Caso el sentido de rotación del motor estea invertido, desenergizar el convertidor, esperar 10 minutos para la descarga completa de dos capacitores y cambiar la conexión de dos cables cualquier de la salida para el motor entre si.

CAPÍTULO 5 - ENERGIZACIÓN / PUESTA EN MARCHA

- (2) Caso la corriente en la aceleración quede mucho elevada, principalmente en bajas frecuencias es necesario el ajuste del boost del par manual (Compensación IxR) en **P136**. Aumentar/disminuir el contenido de **P136** de forma gradual hasta obtener una operación con corriente aproximadamente constante en toda la faja de velocidad. En caso arriba, ver descripción del parámetro en capítulo 6.
- (3) Caso ocurra E01 en la desaceleración es necesario aumentar el tiempo de esta a través de **P101 / P103**.

5.3.2 Puesta en Marcha - Operación vía Terminales
 La secuencia la seguir es válida para el caso Accionamiento 2 (ver ítem 3.2.6).
 El convertidor ya debe tener sido instalado y energizado de acuerdo con el capítulos 3 y el ítem 5.2.

Conexiones de acuerdo con las figuras 3.6 y 3.10.

ACCIÓN	DISPLAY HMI	DESCRIPCIÓN
Ver figura 3.10 Llave S1 (Antihorario/Horario)=Abierta Llave S2 (Local/Remoto)=Abierta Llave S3 (Girar/Parar)=Abierta Potenciómetro R1 (Ref.)=Totalmente antihorario Energizar Convertidor		Convertidor listo para operar.
Cerrar S2 – Local/Remoto		El comando y la referencia son conmutados para la situación REMOTO (vía terminales).
Cerrar S3 – Girar / Parar		Motor acelera de 0 Hz a 3 Hz* (frecuencia mínima), en el sentido horario ⁽¹⁾ * 90 rpm para motor 4 pólos La referencia de frecuencia pasa a ser dada pelo potenciómetro R1.
Girar potenciómetro en el sentido horario hasta el fin.		Motor acelera hasta la frecuencia máxima (P134 = 66 Hz) ⁽²⁾
Cerrar S1 – Antihorario / Horario		Motor desacelera ⁽³⁾ hasta lleegar a 0Hz, invierte el sentido de rotación (horario => antihorario) y reacelera hasta la frecuencia máxima (P134 = 66 Hz).
Abrir S3 – Girar / Parar		El motor desacelera ⁽³⁾ hasta parar.

CAPÍTULO 5 - ENERGIZACIÓN / PUESTA EN MARCHA



NOTAS!

- (1) Caso el sentido de rotación del motor estea invertido, desenergizar el convertidor, esperar 10 minutos para la descarga completa de los capacitores y cambiar la conexión de dos cables cualquier de la salida para el motor entre si.
- (2) Caso la corriente en la aceleración quede mucho elevada, principalmente en bajas frecuencias es necesario el ajuste del boost de par manual (Compensación IxR) en **P136**. Aumentar/disminuir el contenido de **P136** de forma gradual hasta obtener una operación con corriente aproximadamente constante en toda la faja de velocidad. En caso arriba, ver descripción del parámetro en el capítulo 6.
- (3) Caso ocurra E01 en la desaceleración es necesario aumentar el tiempo de esta - en los parámetros **P101/P103**.
- (4) El accionamiento 2 no es posible configurar en el CFW-10 Versión Clean.

Anexo 7. Los cálculos para el tamaño de muestras pelar y quemar mejorado

OBSERVACIONES DE LAS ACTIVIDADES												
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP												
Material: Cortes de cuero armado en horma												
Proceso: Pelar y quemar (12 par)												
Máquinas: Pulidora												
CÁLCULOS DEL TAMAÑO DE MUESTRA												
Elementos de pelar y quemar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ	n
Pulir e a velocidad media y Deposita los cortes en horma en una gaveta plástica.	7,5	7,6	7,8	7,7	7,5	7,9	7,7	8,3	8,1	7,1	77,2	
x ²	56,25	57,76	60,84	59,29	56,3	62,41	59,29	68,89	65,61	50,41	597	3
Trasporta cortes armados en la horma al proceso siguiente	0,26	0,23	0,22	0,28	0,27	0,28	0,26	0,28	0,27	0,25	2,6	
x ²	0,068	0,053	0,048	0,078	0,07	0,078	0,068	0,0784	0,0729	0,063	0,68	9

Anexo 8. Los cálculos para el tamaño de muestras abrillantado y apomazado mejorado

OBSERVACIONES DE LAS ACTIVIDADES												
Producto: Calzado 162 EW y 160 NP												
Material: calzado semiterminado												
proceso: Abrillantado y apomazado (12 par)												
Máquinas: Pulidora												
CÁLCULOS DEL TAMAÑO DE MUESTRA												
Elementos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ	N
x²	46,24	39,69	40,96	43,56	40,96	42,25	40,96	50,41	40,96	36	422	3
Inspecciona y abrillantar a velocidad media	6,8	6,3	6,4	6,6	6,4	6,5	6,4	7,1	6,4	6	64,9	
x²	60,84	77,44	57,76	70,56	79,21	65,61	68,89	75,69	72,25	77,44	706	4
Realizar la operación de apomazado de la suela en el calzado	7,8	8,8	7,6	8,4	8,9	8,1	8,3	8,7	8,5	8,8	83,9	