

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



**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DEL PROCESO DE
PAVONADO PARA LA MEJORA DE LA PRODUCCIÓN EN LA
EMPRESA FABRICATION TECHNOLOGY COMPANY S.A.C.**

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

AUTOR

RENAN ALBERTO MURILLO FERNANDEZ

ASESOR

JOSELITO SÁNCHEZ PÉREZ

<https://orcid.org/0000-0002-1525-8149>

Chiclayo, 2020

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DEL PROCESO
DE PAVONADO PARA LA MEJORA DE LA PRODUCCIÓN
EN LA EMPRESA FABRICATION TECHNOLOGY COMPANY
S.A.C.**

PRESENTADA POR:

RENAN ALBERTO MURILLO FERNANDEZ

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Sonia Mirtha Salazar Zegarra

PRESIDENTE

César Ulises Cama Peláez

SECRETARIO

Joselito Sánchez Pérez

VOCAL

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis Padres.

María Celinda Fernández Días y Renán Alberto Murillo Huerta, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, que me han ayudado a salir adelante, pero más que a nada, por su amor.

A mis Hermanos.

Sandra Elisabeth Murillo Fernández y Cristhian Alexander Murillo Fernández, por ser el ejemplo de una hermana mayor y de la cual aprendí aciertos y de momentos difíciles, así mismo por estar conmigo y apoyarme siempre los dos, los amo mucho.

A mi Hija.

Abigail de los Ángeles Murillo González, por ser mi motor y motivo, posiblemente en este momento no entiendas mis palabras, pero cuando seas capaz, quiero que te des cuenta de lo valiosa e importante ha sido en este gran paso en mi vida y lo que significas para mí. Eres la razón de que me levante cada día a esforzarme por el presente y el mañana, eres mi principal motivación.

AGRADECIMIENTOS

A Dios.

Por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A mis Padres.

María Celinda Fernández Días y Renán Alberto Murillo Huerta, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, que me han ayudado a salir adelante, pero más que a nada, por su amor.

A mis Profesores.

En especial a mi asesor de tesis al Ing. Joselito Sánchez Pérez, por su esfuerzo y dedicación, quien que con sus conocimientos, su experiencia, su gran apoyo y motivación ha logrado en mí que puede terminar este proyecto de tesis.

Así mismo a los docentes e ingenieros que a lo largo de mi carrera profesional han aportado con un granito de arena a mi formación, quienes me enseñaron a valorar los estudios, y a superarme cada día.

A la Empresa.

Fabrication technology Company S.A.C. por haber permitido desarrollar mi proyecto de tesis, en la empresa, dándome la confianza en bríndame su información la cual ha permitido poder desarrollar el presente proyecto, así mismo por el tiempo brindado en cada una de mis visitas a la empresa. Muchas gracias.

Así mismos son muchas las personas que han formado parte de mi vida y formación profesional a las que me gustaría agradecer su amistad, apoyo, consejos y animo en los momentos difíciles de mi vida.

Para todos los mencionados, muchas gracias y que dios los bendiga.

RESUMEN

Fabrication Technology Company S.A.C. es una empresa ubicada en la ciudad de Chiclayo dedica a la fabricación y comercialización de piezas metálicas. En la presente investigación se hace mención a la línea de producción de ejes de trapecio, el cual no vamos a centrar en el proceso de pavonado. Para ello se realizará un diagnóstico de la situación actual de la empresa, mediante un diagrama Ishikawa vamos a identificar las principales causas: mediante un estudio de tiempos y movimientos, obtuvimos que la producción actual es de 806 und/día, su eficiencia en relación al producto terminado es de 96%, obteniendo un 6% de productos defectuosos.

Mediante la toma de tiempos en la fabricación de los ejes de trapecio se pudo observar que el cuello de botella es el proceso de pavonado, esto es originado ya que el proceso de pavonado se realiza por un horno hecho de forma artesanal el cual les toma 8 min para realizar el proceso de pavonado.

Una vez realizado el diagnóstico de la actualidad de la empresa, como posible solución al problema se propuso el diseño de un horno automatizado para el proceso de pavonado. Por ello tenemos como objetivo la propuesta de diseño de un sistema automatizado, así mismo la simulación de dicho proceso. La simulación del proceso de pavonado sirve para darle un mejor control (temperatura) a través de un controlador PID.

Así mismo la siguiente propuesta de diseño de un sistema automatizado se puede llegar a reducir el cuello de botella en un 2.5 min, la producción mejora en 1 152 und/día, es decir aumenta la producción al 99%, así mismo la eficiencia económica nos indica 0,20 céntimos de ganancia, el porcentaje de utilización del operario disminuye a un 0,04% y el porcentaje de utilización de la máquina aumenta al 0,96%.

Finalmente se realizó un análisis costo-beneficio donde se podrá saber si la inversión realizada en la propuesta del proyecto es conveniente o no para la empresa; obteniendo como resultado que se debe invertir 10 696,16 soles, obteniendo un TIR de 63% y un costo benéfico de 1,30 soles, esto quiere decir que por cada sol invertido la empresa tendrá un ganancias de 0,30 céntimos.

Palabras claves: Pavonado, sistema, automatizado, Producción, y ejes de trapecio.

ABSTRACT

Fabrication Technology Company S.A.C. is a company located in the city of Chiclayo dedicated to the manufacture and marketing of metal parts. In this research, mention is made of the trapezoidal axle production line, which we are not going to focus on in the blueing process. For this, a diagnosis of the current situation of the company will be made, through an Ishikawa diagram we will identify the main causes: through a study of times and movements, we obtained that the current production is 806 units/ day, its efficiency in relation to the finished product is 96%, obtaining 6% of defective products.

By taking the times in the manufacture of the trapezoidal shafts, it was observed that the bottleneck is the bluing process, this is originated since the bluing process is carried out by a handmade oven which takes 8 min to carry out the bluing process.

Once the diagnosis of the current situation of the company had been carried out, as a possible solution to the problem, the design of an automated oven for the blueing process was proposed. For this reason, we aim to design an automated system proposal, as well as the simulation of said process. The simulation of the bluing process is used to give you better control (temperature) through a PID controller.

Likewise, the following design proposal for an automated system can reduce the bottleneck in 2.5 min, the production improves by 1 152 units / day, that is, it increases production to 99%, as well as economic efficiency. indicates 0.20 cents of profit, the percentage of operator use decreases to 0.04% and the percentage of use of the machine increases to 0.96%.

Finally, a cost-benefit analysis was carried out where it will be possible to know if the investment made in the project proposal is convenient or not for the company; Obtaining as a result that 10 696.16 soles must be invested, obtaining an IRR of 63% and a beneficial cost of 1.30 soles, this means that for each sol invested the company will have a profit of 0.30 cents.

Keywords: Blued, system, automated, Production, and trapezoidal shafts.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	16
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA.....	18
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	18
2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	20
2.2.1. PAVONADO.....	20
2.2.2. PRODUCTIVIDAD.....	20
2.2.2.1. Procedimiento básico para el estudio de trabajo.....	20
2.2.2.2. Diagrama de actividades múltiples.....	21
2.2.3. HORNOS INDUSTRIALES.....	21
A. HORNOS DE LLAMA.....	21
B. HORNOS ELÉCTRICOS.....	21
2.2.4. AUTOMATIZACIÓN.....	22
2.2.4.1. CONCEPTO DE AUTOMATIZACIÓN.....	22
2.2.4.2. PARTES DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO.....	22
a) Parte Operativa.....	22
b) Parte de mando.....	22
2.2.4.3. OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN.....	22
2.2.4.4. PRINCIPIO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO.....	23
2.2.5. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE- PLC's.....	23
A. Campos de aplicación.....	24
B. Funciones de un PLC.....	24
a) PLC: Dispositivo de entrada.....	24
b) PLC: Dispositivo de salida.....	24
C. CLASIFICACIÓN DE LENGUAJE Y PROGRAMACIÓN DE PLC.....	25
a) Lenguaje Ladder.....	25
b) Programación.....	25
2.2.6. SISTEMAS DE CONTROL.....	26
a) Sistema de lazo abierto.....	26
b) Sistema de lazo cerrado.....	26
c) Control analógico y digital.....	27

2.2.7.	TIPOS DE CONTROLADORES PID	27
a)	Acción de control proporcional.....	27
b)	Acción de control integral.....	27
c)	Acción de control proporcional-integral.....	28
d)	Acción de control proporcional-derivativa.....	28
e)	Acción de control proporcional-derivativa-integral.....	28
A.	Métodos clásicos de ajuste de Ziegler and Nichols	29
1)	Método de Oscilación	30
2)	Método Basado en la Curva Reacción	30
2.2.8.	MOTORES ELÉCTRICOS.	31
A.	Motores de corriente alterna	31
A.1.	Motor jaula de ardilla	32
A.2.	Relaciones de la velocidad de rotación con la frecuencia eléctrica:	32
B.	Motores de corriente continua.....	32
2.2.9.	REDUCTORES DE VELOCIDAD	32
A.	Tipos de reductores de velocidad.....	33
a)	Reductores de velocidad de sin fin-corona	33
b)	Reductores de velocidad de engranajes	33
c)	Reductores cicloidales	33
2.2.10.	CONTACTORES.	34
2.2.11.	SENSORES.....	34
A.	Sensores de temperatura	34
B.	La Termocuplas.....	35
a)	Tipos de termocuplas	35
2.2.12.	DIAGRAMA HOMBRE MÁQUINA.....	36
a)	Construcción del diagrama	36
b)	Porcentajes de utilización	36
2.2.13.	INDICADORES DE PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD	37
A.	PROCESO DE PRODUCCIÓN	37
B.	PRODUCTIVIDAD	37
C.	EFICIENCIA FÍSICA (EF)	38
D.	EFICIENCIA ECONÓMICA (EE)	38
III.	RESULTADOS	39
3.1.	DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	39
3.1.1.	LA EMPRESA.....	39

A.	Datos de la empresa	39
3.1.2.	Organigrama de la empresa	40
3.2.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN	41
3.2.1.	Productos.....	41
a)	Descripción del Producto (características)	41
b)	Desechos	41
3.2.2.	Materiales e Insumos.....	43
A.	Barras redondas calibradas.....	43
B.	Propiedades mecánicas	43
C.	Composición química promedio:	44
D.	Dimensiones y pesos nominales	44
3.2.3.	Proceso de producción	45
3.2.4.	Análisis para el Proceso de Producción	46
3.2.5.	Indicadores Actuales de Producción y Productividad.....	48
a)	Producción.....	48
b)	Costos de producción	48
c)	Eficiencia física	49
d)	Eficiencia económica	49
e)	Cuellos de botella.....	50
f)	Tiempo de ciclo:.....	50
3.3.	IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCION Y SUS CAUSAS.....	50
3.3.1.	Problemas, Causas y Propuestas de Solución en el Sistema de Producción.....	50
A.	Diagrama Ishikawa	50
3.3.2.	Diagnóstico por causas	51
A.	Maquinaria y equipos.....	51
B.	Método.....	58
C.	MATERIAL.....	77
3.4.	DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN	84
3.4.1.	DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DEL PROCESO DE PAVOANDO.....	84
3.4.1.1.	DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE	84
a)	Faja transportadora	84
A.	Características de la faja	85
b)	Cálculo de potencia del Motor.....	86

c)	Diseño del sistema del movimiento.....	88
d)	Dispositivos eléctricos a utilizar	89
3.4.1.2.	CÁLCULO Y DISEÑO DEL HORNO	92
3.4.1.3.	SELECCIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA	94
3.4.1.4.	ANÁLISIS DETALLADO DE LOS EQUIPOS A UTILIZAR.....	97
A.	Válvulas proporcionales.....	97
B.	Tablero de control	100
3.4.1.5.	Validar por simulación el diseño propuesto	101
A.	Sistema de control a través del PLC.....	101
B.	Paso de la simulación del sistema automatizado en el programa...104	
3.4.2.	NUEVOS INDICADORES DE PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD	115
A.	Nuevo costo de producción	115
B.	Nueva Producción	116
C.	Nueva Eficiencia física.....	116
D.	Nueva Eficiencia económica.....	116
E.	Nuevo Cuellos de botella	117
F.	Nuevo diagrama hombre maquina	118
G.	Eliminación de exceso de utilización de equipos por reproceso.	119
H.	Eliminación de productos defectuosos.....	119
I.	Eliminación de consumo de gas por reproceso.....	120
3.4.3.	CUADRO COMPARATIVO DE INDICADORES.....	121
3.5.	ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	123
A.	Presupuesto para realizar la mejora	123
B.	Cuantificar estos cambios (Beneficios) en unidades monetarias	124
C.	Determinar el flujo de caja	125
D.	Hallar el costo entre el beneficio.....	126
E.	El beneficio costo del presente proyecto.....	127
IV.	CONCLUSIONES	1289
V.	RECOMENDACIONES... ..	129
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	130
VII.	ANEXOS.....	132
	Anexo 1: Tabla de observación de tiempos de línea de proceso.	132
	Anexo 2: Tabla de observación de tiempos de línea de proceso.	132
	Anexo 3: Tabla de observación de tiempos de línea de proceso.	133
	Anexo 4: Tabla de observación de tiempos de línea de proceso.	133
	Anexo 5: Tabla de observación de tiempos de línea de proceso.	134

Anexo 6: Tabla análisis de tiempos para diagrama hombre-máquina	134
Anexo 7: Tabla análisis de tiempos para diagrama hombre-máquina	135
Anexo 8: Tabla análisis de tiempos para diagrama hombre-máquina	135
Anexo 9: Tabla análisis de tiempos para diagrama hombre-máquina	136
Anexo 10: Tabla análisis de tiempos para diagrama hombre-máquina	136
Anexo 11: Tabla análisis de tiempos para diagrama hombre-máquina	137
Anexo 12: Tabla de calibres THW	138
Anexo 13: Elección de contactores	139
Anexo 14: Milivoltios respecto a la temperatura	140
Anexo 15 : Milivoltios respecto a la temperatura	141
Anexo 14: Tabla del caudal de válvulas	142
Anexo 15: Ficha técnica de válvula proporcional V23	143
Anexo 16: Ficha técnica de válvula proporcional v23	144
Anexo 17: Tabla de sensores de temperatura	144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Elementos Básicos de LADDER	25
Tabla 2: Rangos De Temperatura De Sensores Más Comunes	35
Tabla 3: Propiedades mecánicas	43
Tabla 4: Propiedades mecánicas	44
Tabla 5: Propiedades mecánicas	44
Tabla 6: Cursograma analítico del proceso de pavonado	47
Tabla 7: Costos de producción de eje de trapecio 2016	48
Tabla 8: Análisis de tiempo de pavonado	52
Tabla 9: Pedidos no atendidos de ejes de trapecio 2015.	53
Tabla 10: Pedidos no atendidos de ejes de trapecio 2015.	54
Tabla 11: Pedidos no atendidos de ejes de trapecio 2015.	54
Tabla 12: Pedidos no atendidos de ejes de trapecio 2016	55
Tabla 13: Ficha técnica del motor turbo.	56
Tabla 14: Tiempo en horas tomado para reprocesar productos defectuosos	57
Tabla 15: Tiempo en horas tomado para reprocesar productos defectuosos	58
Tabla 16: Observación de productos defectuosos	60
Tabla 17: Observación de productos defectuosos	61
Tabla 18: Observación de productos defectuosos	62
Tabla 19: Observación de productos defectuosos	63
Tabla 20: Observación de productos defectuosos	64
Tabla 21: Observación de productos defectuosos	65
Tabla 22: Cantidad de productos defectuosos generados en el 2015.	68
Tabla 23: Cantidad de productos defectuosos generados en el 2016	68
Tabla 24: Cantidad de ejes de trapecio a reprocesar año 2015	70
Tabla 25: Cantidad de ejes de trapecio a reprocesar año 2015	71
Tabla 26: Costo de reproceso en el periodo enero-junio del 2015	72
Tabla 27: Costo de reproceso en el periodo julio-diciembre del 2015	73
Tabla 28: Costo de reproceso en el periodo enero-junio del 2016	74
Tabla 29: Costo de reproceso en el periodo julio-diciembre del 2016	75
Tabla 30: Resumen de impacto económico	76
Tabla 31: Promedio de ejes de trapecios procesados por cada balón de gas consumido	78

Tabla 32: Promedio de ejes de trapecios procesados por cada balón de gas consumido	79
Tabla 33: Indicadores de la situación actual de la producción	81
Tabla 34: Indicadores de la situación actual de la producción	82
Tabla 35: Indicadores de la situación actual de la producción	83
TABLA 36: Ficha técnica de faja metálica.....	85
Tabla 37: ficha técnica del motor trifásico	88
Tabla 38: ficha técnica del ladrillo refractario	94
Tabla 39: Ficha técnica de válvula proporcional VP23	97
Tabla 40: Datos del PLC.	101
Tabla 41: Guía de selección de sistema de control	104
Tabla 42: Nuevo costos de producción de eje de trapecio	115
Tabla 43: Nuevo diagrama hombre maquina	118
Tabla 44: Comparación de indicadores	121
Tabla 45: Comparación de indicadores	122
Tabla 46: Presupuesto para el sistema automatizado.	123
Tabla 47: Presupuesto para el control a través del PLC.	123
Tabla 48: Tabla de demanda insatisfecha cubierta por mejora	124
Tabla 49: Tabla beneficio por ventas	125
Tabla 50: Tabla de flujo de caja	125
Tabla 51: Tabla de inversión y beneficio.	126
Tabla 52: Costo beneficio.	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Controlador Lógico Programable- Plc's.	24
Figura 2: Distribución de un programa ladder	26
Figura 3: sistema de lazo abierto	26
Figura 4: sistema de lazo cerrado.	27
Figura 5: Diagrama de bloques	28
Figura 6: Lazo cerrado solo con ganancia proporcional	30
Figura 7: Parámetros de ajuste (método de oscilación)	30
Figura 8: Respuesta al escalón de la planta	31
Figura 9: Parámetros de ajuste (método curva de reacción)	31
Figura 10: Contactor	34
Figura 11: Organigrama	40
Figura 12: Eje de trapecio.	42
Figura 13: Diagrama de operaciones del proceso	46
Figura 14: Diagrama Ishikawa	50
Figura 15: Motor rotor	55
Figura 16: Producto defectuoso.	59
Figura 17: Productos defectuosos	66
Figura 18: Pernos a reprocesar.	70
Figura19: Balón de gas.	77
Figura20: Cinta transportadora metálica	85
Figura 21: Motor Trifásico De 5 Hp	87
Figura 22: Circuito de fuerza	89
Figura:23 Diseño de faja transportadora	91
Figura 24: Termocupla tipo k	95
Figura 25: Diseño del horno	96
Figura 26: Válvula proporcionalas VP23	97
Figura 27: Válvula proporcional	98
Figura 28: Diseño del sistema automatizado.	99
Figura 29: Tablero de control	100
Figura 30: PLC modelo TM221CE16R.	102
Figura 31: Diagrama eléctrico:	103
Figura 32: Modelo zeigler y nichols	105
Figura 33: Programación PID	106

Figura 34: Programacion de salida analógica	106
Figura 35: Lazo cerrado del proceso de pavonado...	107
Figura 36: Diagrama de lazo cerrado del sistema propuesto.....	107
Figura 37: Programación de la termocupla en el sistema somachine	108
Figura 38: Elección del PLC.	109
Figura 39: Elección del módulo de ampliación	110
Figura 40: Elección del cartucho de ampliación	110
Figura 41: Programación de entradas digitales (pulsadores/on-off)	111
Figura 42: Programación de salidas digitales motores y válvulas	111
Figura 43: Programación del módulo de ampliación	112
Figura 44: Programación del cartucho de ampliación	112
Figura 45: Programación del sistema automatizado propuesto	113

I. INTRODUCCIÓN

La historia de la automatización industrial llegó durante la revolución industrial fueron fabricadas para ayudar al ser humano en realizar tareas de esfuerzos superiores y utilizaran energía renovable, las primeras máquinas automatizadas fueron las textiles.

La automatización llegó a las fábricas tras la revolución industrial y empezó a sustituir al hombre en tareas de la producción, esto favorecía en el momento al hombre ya que evitaría grandes esfuerzos pero en la actualidad la automatización en las fábricas ha originado desplazamiento del hombre a otras tareas y a la vez ha favorecido a la producción ya que la maquinaria rinde a un nivel superior y eficaz, tanto que el encargado de producción programa la maquinaria y está sola se encarga de realizar el trabajo.

A raíz de la automatización aparece el estudio de la ingeniería en automatización e innovación industrial que se encarga del estudio de la automatización en las fábricas y gestión de la maquinaria, al igual que se encarga de estudiar las nuevas ideas vanguardistas en el campo de la automatización y el control automático de las máquinas.

El sector de la automatización industrial es el futuro de todas las fábricas ya que no para de innovar en sistemas de producción.

La empresa FABRICATION TECHNOLOGY COMPANY S.A.C. se dedica a la fabricación de piezas y autopartes mecánicas, una de ellas son los ejes de trapecio. Entre las exigencias del mercado actualmente son varias en cuanto al acabado del producto a medida que la empresa se ha ido ganando mercado, lo que conlleva a mejorar y aumentar la producción de los pernos.

Actualmente el acabado de los pernos en este caso es el proceso de pavonado, el cual consiste en llevar los pernos al horno a una temperatura constante, luego de un tiempo pasan a ser sumergidos dentro de un aceite dando el acabado los mismos.

Este proceso genera tiempos muertos por parte del operador, cuellos de botella, el conteo de los productos de forma manual, productos de baja calidad; ante ello, el acabado del producto es malo, por lo que en algunos casos se tiene que reprocesar, conllevando a la devolución de los productos defectuosos por parte de los clientes insatisfechos.

Ante todo, esto, la formulación de problema es ¿Cuál es la propuesta de diseño de un sistema automatizado en el proceso de pavonado para incrementar la producción en la empresa Fabrication Technology Company S.A.C?

Para llegar a identificar los beneficios que se lograrán con el diseño de este nuevo sistema, se toma como objetivo general diseñar un sistema automatizado en el proceso de pavonado de la empresa Fabrication Technology Company S.A.C; para su desarrollo nos basamos en los objetivos específicos: diagnosticar la situación actual del proceso productivo en la línea de pavonado de la empresa; diseñar el sistema automatizado de la línea de pavonado; validar por simulación del diseño propuesto y realizar un análisis costo beneficio para la implementación de la propuesta en la empresa.

El diseñar un sistema de automatización para la empresa Fabrication Technology Company S.A.C. en el proceso de pavonado de los ejes de trapecio representa una oportunidad de aumentar la producción aumentando la eficiencia en el proceso productivo en esta área, de esta manera se contribuye al desarrollo y crecimiento de la misma. Para ello se diseñará un sistema automatizado del proceso de pavonado, mejorando la producción, aumentando la flexibilidad en la fabricación de los productos, permitiendo adecuarse a la demanda del mercado, integrando así nuevas tecnologías de producción y aumentando la calidad del producto.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Según Daniel C. Martínez, Jesús E. Ortiz, Oscar G Guerrero (2018) en su artículo científico **“Sintonización de un controlador de temperatura a través de un autómatas programable”** nos dice que la implementación de controladores PID en la industria tiene como principal dificultad la programación de los autómatas encargados de los procesos, lo que usualmente se traduce en controladores on-off sin ningún tipo de sintonización. El objetivo de la investigación fue el establecer el rendimiento de algunas técnicas de sintonización de constantes, en un controlador lógico programable comercial, evaluándolas de forma práctica en un sistema temperado. El sistema está compuesto por un recipiente con agua, un controlador PID en el PLC s7-300, haciendo uso del módulo de control de temperatura Siemens FM 355-2C, una resistencia calefactora AC como actuador (controlada por voltaje DC), y termocupla tipo E como sensor de temperatura. El modelo matemático del sistema, así como las constantes del controlador PID, se obtuvieron a través del módulo PID Tuner de Matlab. Las técnicas de identificación estudiadas fueron: la red neuronal MLP, la red auto-regresiva no lineal con entradas exógenas (NARX) y la red neuro-difusa (ANFIS). Los resultados indican que las técnicas anteriores son adecuadas para sintonizar un controlador PID, siendo aplicables en procesos industriales.

Arnaldo Verdeza, Leonardo Di Mare, Marco Sanjuán y Antonio Bula (2016) en su investigación **“Diseño de ecuaciones de sintonía para controladores PID (proporcional-integral-derivativo) implementados en fotobiorreactores”** nos dice Se desarrolló un conjunto de ecuaciones de sintonía para un fotobiorreactor usado para el cultivo de microalgas. El nivel de iluminación impacta significativamente en la tasa producción de biomasa y en los costos energéticos de este proceso, por lo que resulta deseable aprovechar la iluminación solar disponible. Sin embargo, la iluminación solar genera fluctuaciones en la energía incidente en el sistema que pueden conducir a oscilaciones en su temperatura, y afectar el comportamiento del sistema. Por lo tanto, se requiere emplear control automático para compensar estas perturbaciones y mantener las condiciones de operación. A partir de un modelo paramétrico de un fotobiorreactor, se desarrollaron las ecuaciones de sintonía para un controlador PID. Éste mantiene la temperatura del reactor mediante la manipulación del flujo de líquido de enfriamiento que pasa por el intercambiador de calor. Las ecuaciones de sintonía obtenidas mostraron un desempeño superior respecto a las ecuaciones y mínimo error integral del valor absoluto (IAE) cuando se implementaron en un lazo de control por retroalimentación.

Según Arturo Duque, Marín (junio 2016) en su artículo científico **“Sintonización de un controlador PID implementado en un PLC haciendo uso de inteligencia de enjambres”** Este trabajo muestra la implementación en un PLC Allen Bradley de una técnica de inteligencia de enjambres cuya función es determinar el modelo matemático de un sistema o proceso. Con el modelo del sistema encontrado, se calculan los parámetros de un controlador PID que garantizan un comportamiento deseado del sistema. La técnica de inteligencia de enjambres usada para la obtención del modelo del proceso es conocida como optimización por enjambre de partículas.

Para probar el funcionamiento del algoritmo implementado en el PLC, se realizaron simulaciones de sistemas dinámicos en un computador de escritorio con el software Matlab, desde este software se estableció conexión con el PLC usando como estándar de comunicación el OPC (OLE for Process Control). De esta manera, Matlab envía información sobre el estado del proceso, y el PLC estima el modelo matemático del sistema, sintoniza el controlador PID para luego enviar al PC una acción de control adecuada. Los resultados mostraron que al comparar el funcionamiento de un PID fijo con el PID auto-sintonizado sus desempeños son similares lo cual es un buen punto de partida para futuras mejoras al esquema presentado. Una de las principales conclusiones de este trabajo es la posibilidad de utilizar algoritmos de control adaptivo usando inteligencia de enjambres en un ambiente industrial.

Juliana de S. G. Barros, Luiz A. Rossi¹, Karina Sartor, (20015) en su investigación **“Uso de un controlador PID con tecnología eficiente de calefacción de la cría de cerdos”** nos dice que el uso racional de la energía eléctrica en las guarderías porcinas puede ser posible sin afectar el desempeño productivo de los animales con el objetivo de la sostenibilidad del sector, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de dos tecnologías de control de temperatura en los sistemas de calefacción resistiva en las guarderías porcinas. , en el uso de energía eléctrica y en la ganancia de peso de los lechones. Los sistemas evaluados fueron: resistencias eléctricas suspendidas con control PID (proporcional, integral y derivativo) y resistencias eléctricas suspendidas con termostato. El experimento se llevó a cabo durante el período invernal, entre mayo y septiembre de 2013. Los criterios de comparación fueron: consumo eléctrico (kWh), consumo específico (kWh kg⁻¹), costo específico (R \$ kg⁻¹), indicador de eficiencia eléctrica en calefacción, ganancia de peso (kg) y ganancia de peso diaria (kg d⁻¹). El sistema de calefacción con controlador PID, a pesar de presentar un mayor consumo promedio, fue más eficiente en cuanto al uso de energía eléctrica para producir 1 kg de peso vivo (2,88 kWh kg⁻¹), en cuanto al costo específico (0,75 R \$ kg⁻¹) y aumento de peso de los lechones (7,3 kg) en comparación con el sistema de termostato (3,98 kWh kg⁻¹ , 1,03 R \$ kg⁻¹ y 5,2 kg, respectivamente).

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1. PAVONADO

Según la definición de (Aguilera 2001), el pavonado es un proceso de acabado negro o azulado, brillante o mate, para piezas de acero, de gran duración, efecto decorativo y resistencia a la corrosión. El pavonado atrae y retiene los aceites lubricantes, el revestimiento no aumenta ni disminuye las dimensiones de los metales tratados, por lo que las tolerancias para el ajuste de piezas no se ven afectadas; a todo ello las superficies tratadas pueden ser soldadas, enceradas, barnizadas o pintadas.

2.2.2. PRODUCTIVIDAD

Según (kanawaty 2006) la productividad es la relación entre producción e insumo. (Aplicado a una empresa). Productividad, puede utilizarse para valorar o medir el grado en que puede extraerse cierto producto de un insumo dado.

2.2.2.1. Procedimiento básico para el estudio de trabajo.

Es preciso recorrer ocho etapas fundamentales para realizar un estudio de trabajo completo, a saber:

- **Seleccionar:** el trabajo o proceso que se ha de estudiar.
- **Registrar:** o recolectar todos los datos relevantes a cerca de la tarea o proceso, utilizando las técnicas más apropiadas y disponiendo de datos en forma más cómoda para analizarlos.
- **Examinar:** los hechos registrados con espíritu crítico, preguntándose si se justifica lo que hace, según el propósito de la actividad; el lugar donde se lleva a cabo; el orden en que se ejecuta, quien la ejecuta, y los medios empleados.
- **Establecer:** el método más económico, teniendo en cuenta las circunstancias y utilizando las diversas técnicas de gestión, así como los aportes de dirigentes, supervisores, trabajadores y otros especialistas.
- **Evaluar:** los resultados obtenidos con el nuevo método en comparación con cantidad de trabajo necesario y establecer un tiempo tipo.
- **Definir:** el nuevo método y el tiempo correspondiente, y presentar dicho método, ya sea verbalmente o por escrito, o a todas la persona a quienes concierne, utilizando demostraciones.
- **Implementar:** el nuevo método, formando a las personas interesadas, como practica general aceptada con el tiempo fijado.
- **Controlar:** la aplicación de la nueva norma siguiendo los resultados obtenidos y comparándolo con los objetivos

2.2.2.2. Diagrama de actividades múltiples.

Según (kanawaty 2006) el diagrama de actividades múltiples es un diagrama que se registra las respectivas actividades de varios objetos de estudio (operario, maquina o equipo) según una escala de tiempos común para mostrar la correlación entre ellas.

El diagrama de actividades múltiples es sumamente útil para organizar equipos de trabajadores cuando la producción es en serie, o bien trabajos de mantenimiento cuando no se puede dejar detenida una maquina costosa más de lo estrictamente necesario. Se puede utilizar así mismo para determinar cuántas maquinas podría a tender un operario o un grupo de operarios

2.2.3. HORNOS INDUSTRIALES.

Según (Aprais 2000), Los hornos industriales son los equipos o dispositivos utilizados en la industria, en los que se calientan los materiales y las piezas o elementos colocados en su interior por encima de la temperatura ambiente. El objeto de este calentamiento puede ser muy variado, por ejemplo:

- Alcanzar la temperatura necesaria para que se produzcan las reacciones químicas necesarias para la obtención de un determinado producto.
- Cambios de estado (Fusión de los metales y vaporización).
- Ablandar para una operación de conformado posterior.
- Tratar térmicamente para impartir determinadas propiedades.
- Recubrir las piezas con otros elementos, operación que se facilita frecuentemente operando a temperatura superior a la del ambiente (Vitrificado de los productos cerámicos).

La forma de calentamiento da lugar a la clasificación de los hornos en dos grandes grupos, con diversos tipos:

A. HORNOS DE LLAMA

- Hornos verticales o de cuba
- Hornos de balsa
- Hornos rotatorios
- Hornos túnel

B. HORNOS ELÉCTRICOS

- Hornos de resistencias.
- Hornos de arco
- Hornos de inducción

2.2.4. AUTOMATIZACIÓN

2.2.4.1. CONCEPTO DE AUTOMATIZACIÓN

Para (Gómez 2011), la automatización es un sistema donde se trasfiere tareas de producción, realizadas habitualmente por operarios humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. El término automatización también se ha utilizado para describir sistemas no destinados a la fabricación en que los dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semiindependiente del control humano.

2.2.4.2. PARTES DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO

Gómez (2011), menciona que un sistema automatizado consta de dos partes principales.

- Parte Operativa.
- Parte de Mando.

a) Parte Operativa.

La parte operativa actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como los motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

b) Parte de mando.

La parte de mando suele ser un autómatas programable (tecnología programada), aunque hasta hace poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado, el autómatas programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

2.2.4.3. OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN

Según (Gómez 2011), los objetivos de la automatización son:

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.

- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.

2.2.4.4. PRINCIPIO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO

Para (Porras, Montanero 1991), un elemento esencial de todos los mecanismos de control automático es el principio de realimentación, que permite al diseñador dotar a una máquina de capacidad de auto corrección. Un ciclo o bucle de realimentación es un dispositivo mecánico, neumático o electrónico que detecta una magnitud física como una temperatura, tamaño o velocidad, la compara con una norma preestablecida, y realiza aquella acción pre programada necesaria para mantener la cantidad medida dentro de los límites de la norma aceptable.

2.2.5. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE- PLC's

Programable Logic Controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. Un PLC (ver figura) trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación, Porras- Montanero (1991).

También llamada toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales. Su manejo y programación puede ser realizada por personal eléctrico o electrónico sin conocimientos informáticos. Realiza funciones lógicas: series, paralelos, temporizaciones, contajes y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc. También se le puede definir como una caja negra en la que existen unos terminales de entrada a los que se conectarán pulsadores, finales de carrera, fotocélulas, detectores; unos terminales de salida a los que se conectarán bobinas de contactores, electroválvulas, lámparas, de tal forma que la actuación de estos últimos está en función de las señales de entrada que estén activadas en cada momento, según el programa almacenado.



Figura 1: Controlador Lógico Programable- Plc's.
Fuente: Schneider Catálogo Zelio.

A. Campos de aplicación:

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplia continuamente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales. Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario realizar procesos de maniobra, control, señalización, etc., por tanto su aplicación abarca desde procesos de fabricación industrial de cualquier tipo al de transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Máquinas de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

B. Funciones de un PLC:

Según (Balcells – Romeral 1991), las funciones básicas de un PLC se clasifican en:

a) PLC: Dispositivo de entrada:

Botones switch hess de selección, switches de límites, switches de nivel, sensores photoeléctricos y sensores de proximidad.

b) PLC: Dispositivo de salida:

Válvulas, motor, startes, solenoides, control, relay, luces, ventilador, hornos.

C. CLASIFICACIÓN DE LENGUAJE Y PROGRAMACIÓN DE PLC:

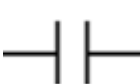
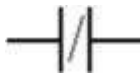
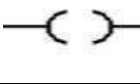
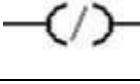
Existen varios programas uno de ellos y más utilizado es el LADDER, y también hay otro lenguaje llamado GRAFCET (Gráfica de Control de Etapas de Transición).

a) Lenguaje Ladder:

También denominado lenguaje de contactos o en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje.

Para programar un autómata con LADDER, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer cada uno de los elementos de que consta este lenguaje. A continuación, se describen de modo general los más comunes.

Tabla 1: Elementos Básicos de LADDER

SIMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	Contacto NA	Se activa cuando hay un lógico en el elemento que lo representa, esto es una entrada (para captar información del proceso a controlar) una variable.
	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá tenerse en cuenta a la hora de utilizar.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada da un uno lógico. Suele representar elementos de salida.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada da un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.

Fuente: Porras, Alejandro y Montañero (1991). Autómatas programables

b) Programación:

En este apartado se tratarán de modo general los conceptos básicos de programación en LADDER. Una vez conocidos los elementos que LADDER proporciona para su programación, resulta importante resaltar cómo se estructura un programa y cuál es el orden de ejecución.

En la siguiente figura representa la estructura general de la distribución de todo programa LADDER, contactos a la izquierda y bobinas y otros elementos a la derecha.

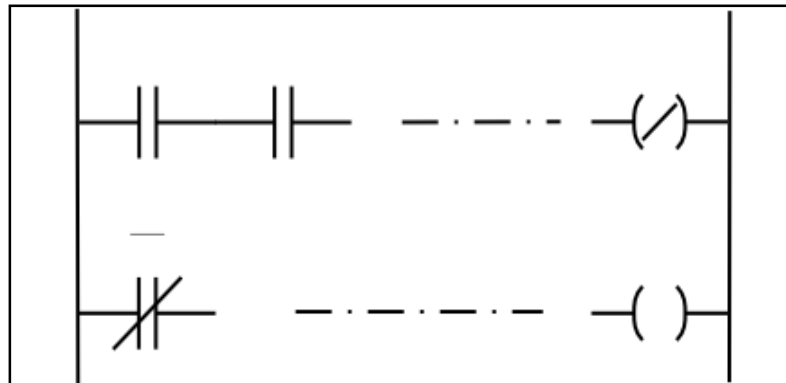


Figura 2: Distribución de un programa ladder.

Fuente: Porras, Alejandro y Montañero (1991). Autómatas programables

2.2.6. SISTEMAS DE CONTROL.

Según (Gomáriz, Biel, Matas y reyes 2000, 17-18) Dependiendo del tratamiento que el sistema de control realiza con la señal de salida, pueden distinguirse dos topologías de control generales: sistemas en lazo abierto y sistemas en lazo cerrado.

a) Sistema de lazo abierto.

En este tipo de sistemas, la salida no tiene efecto alguno sobre la acción de control.

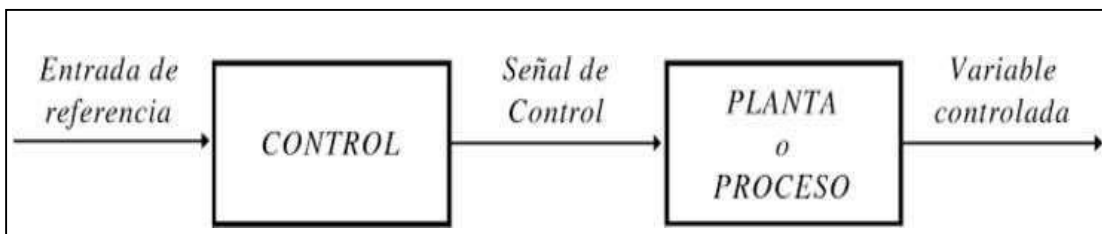


Figura 3: sistema de lazo abierto.

En un sistema de lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia, por ello cada entrada corresponderá a una operación prefijada sobre la señal de salida. Se puede asegurar entonces que la exactitud del sistema depende de gran manera de la calibración del mismo y, por tanto, la presencia de perturbaciones en la cadena (señales indeseadas) provocará que este no cumpla la función asignada.

b) Sistema de lazo cerrado.

En los sistemas de control de lazo cerrado, la señal de salida tiene efecto sobre la acción de control, a este efecto se le denomina realimentación.

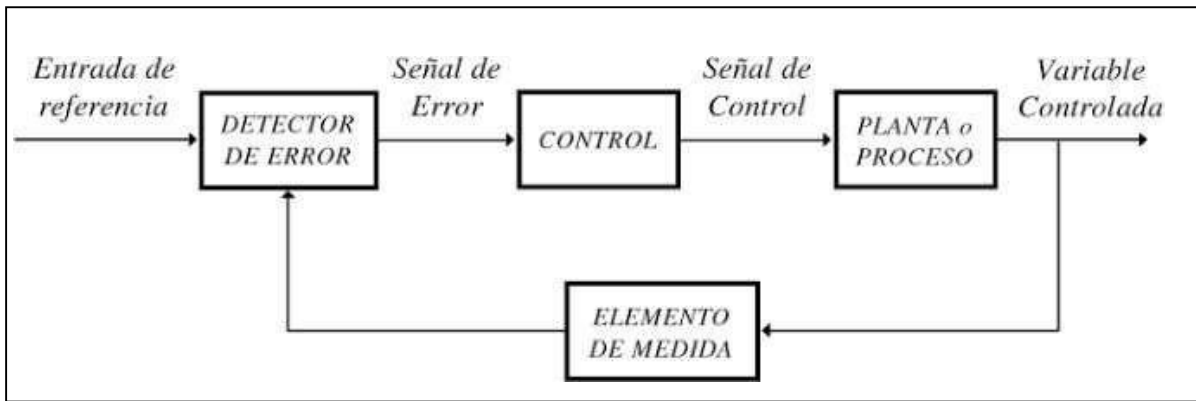


Figura 4: sistema de lazo cerrado.

La señal controlada debe realimentarse y compararse con la entrada de referencia, tras lo cual se envía a través del sistema una señal de control, que será proporcional a la diferencia encontrada entre la señal de entrada y la señal de medida a la salida, con el objetivo de corregir el error o desviación que pueda existir.

La principal ventaja de los sistemas de control en lazo cerrado es que el uso de la realimentación hace al conjunto menos sensibles a las perturbaciones externas y a las variaciones de los parámetros internos que los sistemas de lazo abierto.

c) Control analógico y digital.

En función de la naturaleza del tipo de señal utilizado, se puede distinguir entre.

- **Control secuencial o lógico:** son los autómatas programables o PLC, los accionadores y los captadores son dispositivos con dos estados.
- **Control analógico:** el controlador suele ser del tipo PID analógico. Clásicamente se ha utilizado en tecnología neumática, hidráulica y electromecánica. Actualmente se utiliza en sistemas electrónicos.

2.2.7. TIPOS DE CONTROLADORES PID

- Acción de control proporcional:** da una salida del controlador que es proporcional al error. Un controlador proporcional puede controlar cualquier planta estable, pero posee desempeño limitado y error en régimen permanente (off-set). (Gomáriz, Biel, Matas y reyes 2000, 17-18)
- Acción de control integral:** da una salida del controlador que es proporcional al error acumulado, lo que implica que es un modo de controlar lento. Por lo que se concluye que dada una referencia constante, o perturbaciones, el error en régimen permanente es cero. (Gomáriz, Biel, Matas y reyes 2000, 17-18)

- c) **Acción de control proporcional-integral:** con un control proporcional, es necesario que exista error para tener una acción de control distinta de cero. Con acción integral, un error pequeño positivo siempre nos dará una acción de control creciente, y si fuera negativo la señal de control será decreciente. Este razonamiento sencillo nos muestra que el error en régimen permanente será siempre cero. (Gomáriz, Biel, Matas y reyes 2000, 17-18)
- d) **Acción de control proporcional-derivativa:** esta acción tiene carácter de previsión, lo que hace más rápida la acción de control, aunque tiene la desventaja importante que amplifica las señales de ruido y puede provocar saturación en el actuador. La acción de control derivativa nunca se utiliza por sí sola, debido a que solo es eficaz durante periodos transitorios. (Gomáriz, Biel, Matas y reyes 2000, 17-18)
- e) **Acción de control proporcional-derivativa-integral:** esta acción combinada reúne las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales. (Gomáriz, Biel, Matas y reyes 2000, 17-18)

Para este proyecto utilizaremos el control proporcional-derivativa-integral la cual se adecua mejor al sistema que vamos a proponer ya que nos permite tener menos errores a la hora de querer controlar la temperatura.

Consideremos un lazo de control de una entrada y una salida (SISO) de un grado de libertad:

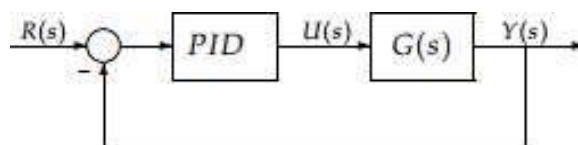


Figura 5: Diagrama de bloques.

Los miembros de la familia de controladores PID, incluyen tres acciones: proporcional (P), integral (I) y derivativa (D). Estos controladores son los denominados P, I, PI, PD y PID.

- **P:** acción de control proporcional, da una salida del controlador que es proporcional al error, es decir: $u(t) = K_P \cdot e(t)$, que descripta desde su función transferencia queda:

$$C_p(s) = K_p$$

Donde K_p es una ganancia proporcional ajustable. Un controlador proporcional puede controlar cualquier planta estable, pero posee desempeño limitado y error en régimen permanente (off-set).

- **I:** acción de control integral: da una salida del controlador que es proporcional al error acumulado, lo que implica que es un modo de controlar lento.

$$u(t) = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad C_i(s) = \frac{K_i}{s}$$

La señal de control $u(t)$ tiene un valor diferente de cero cuando la señal de error $e(t)$ es cero. Por lo que se concluye que dada una referencia constante, o perturbaciones, el error en régimen permanente es cero.

- **PID:** acción de control proporcional-integral-derivativa, esta acción combinada reúne las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales. La ecuación de un controlador con esta acción combinada se obtiene mediante:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Y su función transferencia resulta:

$$C_{PID}(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

A. Métodos clásicos de ajuste de Ziegler and Nichols.

Se verán dos métodos de ajuste de las ganancias de un controlador PID, el Método de Oscilación o Método de Respuesta en Frecuencia y el Método Basado en la Curva Reacción o Método de Respuesta al Escalón. El primero se basa en un lazo de control solo con ganancia proporcional y de acuerdo a la ganancia utilizada para que el sistema empiece a oscilar y al período de esas oscilaciones, podemos establecer las ganancias del controlador PID. El otro método se resume en ensayar al sistema a lazo abierto con un escalón unitario, se calculan algunos parámetros, como la máxima pendiente de la curva y el retardo, y con ellos establecemos las ganancias del controlador PID. Estos métodos fueron propuestos por Ziegler y Nichols (Z-N) en 1942, quienes se basaron en la práctica para desarrollarlos.

1) Método de Oscilación

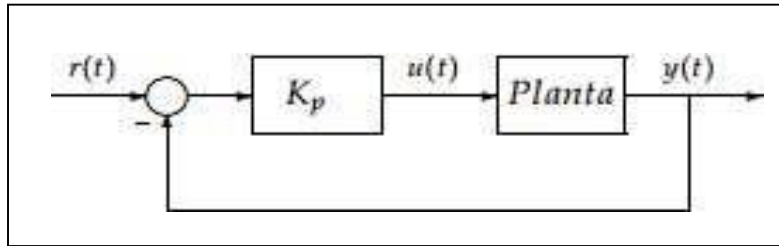


Figura 6: Lazo cerrado solo con ganancia proporcional.

Este procedimiento es válido solo para plantas estables a lazo abierto y se lleva a cabo siguiendo los siguientes pasos:

- ✓ Utilizando solo control proporcional, comenzando con un valor de ganancia pequeño, incrementar la ganancia hasta que el lazo comience a oscilar. Notar que se requieren oscilaciones lineales y que estas deben ser observadas en la salida del controlador.
- ✓ Registrar la ganancia crítica del controlador $K_p = K_c$ y el período de oscilación de la salida del controlador, P_c (en el diagrama de Nyquist, corresponde a que $K_c G(j\omega)$ cruza el punto $(-1, 0)$ cuando $K_p = K_c$).
- ✓ Ajustar los parámetros del controlador según la Tabla 1:

	K_p	T_i	T_d
P	$0.50K_c$		
PI	$0.45K_c$	$\frac{P_c}{1.2}$	
PID	$0.60K_c$	$0.5P_c$	$\frac{P_c}{8}$

Figura 7: Parámetros de ajuste (método de oscilación).

2) Método Basado en la Curva Reacción

Muchas plantas, pueden ser descritas satisfactoriamente por el modelo:

$$G_0(s) = \frac{K_0 e^{-s\tau_0}}{v_0 s + 1} \quad \text{donde} \quad v_0 > 0$$

Una versión cuantitativa lineal de este modelo puede ser obtenida mediante un experimento a lazo cerrado, utilizando el siguiente procedimiento:

Con la planta a lazo cerrado, llevar a la planta a un punto de operación normal. Digamos que la salida de la planta se estabiliza en $y(t) = y_0$ para una entrada constante $u(t) = u_0$.

En el instante inicial t_0 , aplicar un cambio en la entrada escalón, desde u_0 a u_∞

(esto debería ser en un rango de 10 al 20% de rango completo).

Registrar la salida hasta que se estabilice en el nuevo punto de operación. Supongamos que la curva que se obtiene es la que se muestra en la Figura 8. Esta curva se llama curva de reacción del proceso.

Calcular los parámetros del modelo de la siguiente forma:

$$K_0 = \frac{y_\infty - y_0}{y_\infty - u_0}; \quad \tau_0 = t_1 - t_0; \quad \nu_0 = t_2 - t_1$$

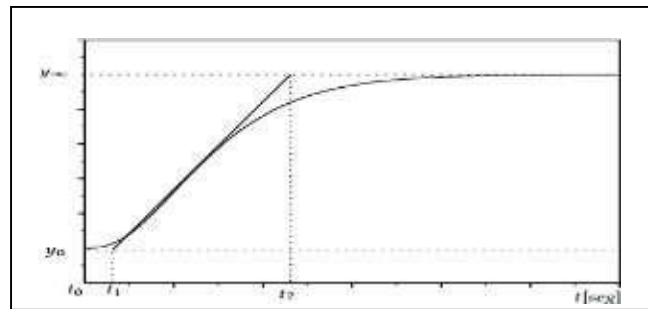


Figura 8: Respuesta al escalón de la planta.

El modelo obtenido puede ser utilizado para varios métodos de ajuste de controladores PID. Uno de estos también en fue propuesto por Ziegler y Nichols. El objetivo de diseño es alcanzar un amortiguamiento tal que exista una relación de 4:1 para el primer y segundo pico de la respuesta a una referencia escalón. Los parámetros sugeridos por Z-N.

Tipo de controlador	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

Figura 9: Parámetros de ajuste (método curva de reacción)

2.2.8. MOTORES ELÉCTRICOS.

A. Motores de corriente alterna:

Un motor eléctrico es una máquina que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores.

Los motores eléctricos de tracción usados en locomotoras realizan a menudo ambas tareas, si se los equipa con frenos regenerativos. Son ampliamente utilizados en instalaciones industriales, comerciales y particulares. Pueden funcionar conectados a una red de suministro eléctrico o a baterías.

A.1. Motor jaula de ardilla:

La mayor parte de los motores que funcionan con corriente alterna de una sola fase, tienen el rotor tipo jaula de ardilla. Un esquema simplificado del mismo se ve a continuación.

A.2. Relaciones de la velocidad de rotación con la frecuencia eléctrica:

Según la velocidad del campo rotatorio, o sea, la velocidad sincrónica, es:

$$RPM = \frac{120 \cdot FP}{P}$$

Donde las variables son:

F: frecuencia en hertz

P: número de polos

120: constante

B. Motores de corriente continua:

Esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Su fácil control de posición, paro y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. Pero con la llegada de la electrónica su uso ha disminuido en gran medida, pues los motores de corriente alterna, del tipo asíncrono, pueden ser controlados de igual forma a precios más accesibles para el consumidor medio de la industria.

A pesar de esto los motores de corriente continua se siguen utilizando en muchas aplicaciones de potencia (trenes y tranvías) o de precisión (máquinas, micros motores, etc.) La principal característica del motor de corriente continua es la posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga.

2.2.9. REDUCTORES DE VELOCIDAD.

Toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor (sea eléctrico, de explosión u otro) necesita que la velocidad de dicho motor se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina. Además de esta adaptación de velocidad, se deben contemplar otros factores como la potencia

mecánica a transmitir, la potencia térmica, rendimientos mecánicos (estáticos y dinámicos).

Esta adaptación se realiza generalmente con uno o varios pares de engranajes que adaptan la velocidad y potencia mecánica montados en un cuerpo compacto denominado reductor de velocidad aunque en algún país hispano parlantes también se le denomina caja reductora.

A. Tipos de reductores de velocidad:

a) Reductores de velocidad de sin fin-corona

Es quizás el tipo de reductor de velocidad más sencillo, se compone de una corona dentada, normalmente de bronce en cuyo centro se ha embutido un eje de acero (eje lento), esta corona está en contacto permanente con un husillo de

acero en forma de tornillo sin-fin. Una vuelta del tornillo sin fin provoca el avance de un diente de la corona y en consecuencia la reducción de velocidad.

La reducción de velocidad de una corona sin fin se calcula con el producto del número de dientes de la corona por el número de entradas del tornillo sin fin. Paradójicamente es el tipo de reductor de velocidad más usado y comercializado a la par que todas las tendencias de ingeniería lo consideran obsoleto por sus grandes defectos que son, el bajo rendimiento energético y la irreversibilidad.

b) Reductores de velocidad de engranajes

Los reductores de engranajes son aquellos en que toda la transmisión mecánica se realiza por pares de engranajes de cualquier tipo excepto los basados en tornillo sin fin. Sus ventajas son el mayor rendimiento energético, menor mantenimiento y menor tamaño.

c) Reductores cicloidales

El sistema de reducción de velocidad de cicloidal se basa en un principio ingeniosamente simple.

El reductor de velocidad solo tiene tres partes móviles:

- El eje de entrada de alta velocidad con una leva excéntrica integral y un conjunto de cojinete de rodillo.
- El disco cicloidal y el conjunto del eje de salida de baja velocidad. La acción de rodamiento progresiva y de pareja de los discos cicloidales eliminan la fricción y los puntos de presión de los engranajes convencionales.

2.2.10. CONTACTORES.

Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se energice la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos).

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción.

Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden.



Figura 10: Contactor.
Fuente: schneider-electric.

2.2.11. SENSORES.

Según Creus (2011), un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transfórmalas en variables eléctricas.

Las variables de instrumentación más comunes pueden ser; temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza torsión, humedad, movimiento, PH, etc.

Las magnitudes eléctricas pueden ser una resistencia eléctrica (como una RDT), una capacidad eléctrica (como un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como un termopar), una corriente eléctrica (como un fototransistor), etc.

A. Sensores de temperatura:

Cada proceso en la industria debe ser controlado de alguna manera, y esta necesidad muchas veces también incluye la medición de la temperatura, por lo tanto se dispone de una gran variedad de sensores de temperatura para realizar las mediciones.

Se debe decidir cuál de los sensores debe seleccionar para cada situación en particular. A fin de seleccionar el mejor, para cada aplicación, se deben tener en cuenta varios factores:

- Temperatura máxima.
- Rango de temperatura a medir.
- Exactitud de velocidad de respuesta.

Los rangos de temperatura serán analizados a continuación en relación con los sensores de uso más frecuentes en las industrias de proceso.

Tabla 2: Rangos De Temperatura De Sensores Más Comunes.

SENSORES DE TEMPERATURA	Tº MINIMA	Tº MAXIMA
Termocuplas	-220 °C	2300 °C
Sistemas de dilatación	-195 °C	760 °C
Termo resistencias	-250 °C	850 °C
Termistores	-40 °C	260 °C
Pirómetros de radicación	0 °C	4000 °C

Fuente: Antonio Creus (2011). Instrumentación Industrial

B. La Termocuplas:

Según (Creus 2011), aporta que las termocuplas son las más usadas debido al intervalo de temperatura en el cual pueden utilizarse, bajo su costo y su versatilidad, la desventaja más relevante es que las termocuplas miden las diferencias de temperatura y no la temperatura absoluta, por lo que debe usarse una junta de referencia.

Las termocuplas se fabrican con metales puros o sus aleaciones, y se usan para medir temperaturas que van desde los aproximadamente -40 °C hasta aproximadamente los 1200 °C, con termocuplas estándares, con aleaciones especiales pueden llegar a temperaturas superiores a 3000°C.

a) Tipos de termocuplas.

Existen varios tipos de termocuplas que miden diferentes rangos de temperatura que son:

- **Tipo K:** (cromel (aleación de Ni-Cr) / Alumel (aleación de Ni-Al)), con una amplia variedad de aplicaciones, está disponible a un bajo costo y en una variedad de sondas. Tiene un rango de temperatura de -200 °C a + 1 372 °C y una sensibilidad de 41U v/°C aproximadamente. Posee buena resistencia a la oxidación.
- **Tipo E:** (cromel (aleación de Cu-Cr)), no son magnéticos y gracias a su

sensibilidad, son ideales para temperaturas bajas, en el ámbito criogénico. Tienen una sensibilidad de 68 u v/°C.

- **Tipo J:** (hierro/constatán), su rango de utilización es de -270 °C+ 1200 °C debido a sus características se recomienda su uso en atmosferas inertes, reductoras o en vacío, su uso continuado a 800 °C no presenta problemas, su principal inconveniente es la rápida oxidación que sufre el hierro por encima de 550 °C y por debajo de los 0°C es necesario tomar precauciones a causa de la condensación de vapor de agua sobre el hierro.
- **Tipo T:** (cobre/constatán), ideales para mediciones entre -200 y 260 °C. Resisten atmosferas húmedas, reductoras y oxidantes y son aplicables en criogenia. El tipo de termopares de T tienen una sensibilidad de 43 u V/°C.

2.2.12. DIAGRAMA HOMBRE MÁQUINA

Representación gráfica de la secuencia de elementos que componen las operaciones en que intervienen hombres y máquinas. Permite conocer el tiempo empleado por cada uno, es decir, conocer el tiempo usado por los hombres y el utilizado por las máquinas. Determina la eficiencia de los hombres y de las máquinas con el fin de aprovecharlos al máximo. Se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una sola estación de trabajo a la vez.

Permite conocer las operaciones y tiempo del hombre, así como sus tiempos de ocio. Permite conocer el tiempo de actividad e inactividad de su máquina, así como los tiempos de carga y descarga de la misma.

a) Construcción del diagrama:

El tiempo de trabajo del hombre se representa por una línea vertical continua (segundos, minutos, horas, centésimas de segundo, etc.).

A la derecha se coloca la gráfica del hombre (operario) indicando la actividad que realiza un poco más hacia la derecha se coloca la gráfica de la máquina; esta gráfica es igual a la anterior. Se indica el proceso que realiza.

En la parte inferior de la hoja, una vez que se ha terminado el diagrama, se coloca el tiempo total de trabajo del hombre, el tiempo total de ocio, tiempo total de trabajo de la máquina, y su tiempo de ocio. Es fundamental incluir el tiempo de ciclo.

b) Porcentajes de utilización:

- Tiempo productivo de la máquina = hacer.
- Tiempo improductivo del operario = espera.
- Tiempo improductivo de la máquina = ocio.

- Ciclo total del operario = preparar + hacer + retirar.
- Ciclo total de la máquina = preparar + hacer + retirar

$$\% \text{ de utilización del operario} = \frac{\text{tiempo productivo del Ope.}}{\text{tiempo ciclo total}} \dots\dots (1)$$

$$\% \text{ de utilización de máquina} = \frac{\text{tiempo productivo de la máquina}}{\text{tiempo del ciclo total}} \dots (2)$$

$$\% \text{ de utilización de operario - máquina} = \frac{\text{saturación de operario}}{\text{máquina}} \dots (3)$$

2.2.13. INDICADORES DE PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD

A. 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.

$$\text{Producción} = \frac{\text{tiempo base}}{\text{ciclo}} \dots(1)$$

Tiempo base (tb): minutos; horas, días, semana, años, etc.

Ciclo (c): se le llama también velocidad de producción. Es la estación de Trabajo que más tiempo demora (cuello de botella). Es el tiempo que demora la salida de un producto

B. PRODUCTIVIDAD

Cociente entre la producción obtenida en un determinado periodo, y la cantidad de recursos utilizados para obtenerla.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{producción obtenida}}{\text{cantidad de recurso empleado}} \dots (2)$$

Q: puede ser la mano de obra, materia prima, insumos, capital, etc.

C. 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.

$$\text{eficiencia física} = \frac{\text{salida útil de M. P}}{\text{entrada de M. P}}$$

...(3)

D. EFICIENCIA ECONÓMICA (EE):

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

$$\text{eficiencia económica} = \frac{\text{ventas (ingreso)}}{\text{costo (inversión)}}$$

...(4)

III. RESULTADOS

3.1. DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1.1. LA EMPRESA

Fabrication Technology Company S.A.C. es una pequeña empresa la cual pertenece al sector metalmecánico, dedicada a la producción y comercialización de piezas metálicas especialmente de mototaxis, a la fabricación y diseño de máquinas industriales y prestación de servicios manufactureros.

Su visión es ser una empresa reconocida en la producción y comercialización de piezas para mototaxis, así como otros artículos de la industria metalmecánica, reconocida por la calidad de sus productos, el servicio a sus clientes, el apoyo a su gente y la rápida solución de problemas.

Su misión es ser una empresa con procesos ordenados, que cultiva el trabajo en equipo, con respuesta rápida hacia los clientes y con motivación para realizar todo trabajo encomendado.

La empresa se encuentra acondicionada en un espacio de 700 metros cuadrados, de los cuales 440 metros cuadrados están dedicados para el desarrollo de los procesos de transformación del acero. El crecimiento de la empresa ha sido rápido, debido al incremento de la demanda de piezas de mototaxis en el departamento de Lambayeque, región conocida por ensamblar grandes cantidades de estos vehículos de transporte.

La empresa comercializa sus productos a clientes ubicados en los departamentos de Lambayeque, Cajamarca, Amazonas, La Libertad y Tumbes. Los clientes con los que cuenta la empresa están dedicados al rubro de ventas de moto-repuestos y ensamblaje de mototaxis, y exigen productos de buena calidad en cuanto a prestaciones, acabado, durabilidad y a su vez, tiempos de entregas cortos y justo en el momento y lugar necesario.

A. Datos de la empresa:

- ❖ **Número de RUC:** 20488026489
- ❖ **Tipo de contribuyente:** Sociedad Anónima Cerrada
- ❖ **Nombre comercial:** Fabrication Technology Company
- ❖ **Fecha de inscripción:** 06-06-2012
- ❖ **Condición:** Habido.
- ❖ **Fecha de inicio de actividades:** 01-07- 2012
- ❖ **Actividad de comercio exterior:** sin actividad.
- ❖ **Dirección:** cal. Henry Francois # 101 Urb. Santa María Lambayeque-Chiclayo- José Leonardo Ortiz
- ❖ **Productos principales:**

- Ejes de trapecio
- Carretos
- ❖ **Principales competidores:**
 - La Casa del tornillo
- ❖ **Principales proveedores:**
 - Tradi S.A
 - Paicoh
 - 3A
 - Sider Perú

3.1.2. Organigrama de la empresa:

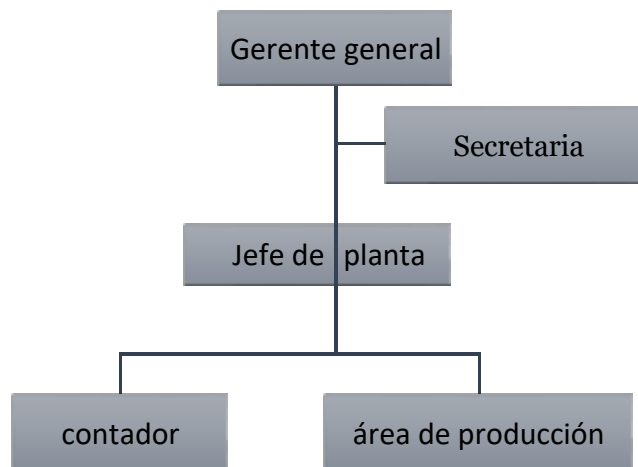


Figura 11: Organigrama.

Fuente: Empresa Fabrication Technology Company S.A.C

La empresa cuenta con una gerencia general. Abajo de ella, se encuentra el jefe de planta, Como nexo entre la gerencia y las jefaturas se encuentra una secretaria para mantener siempre la comunicación en la empresa, debido a que el gerente general radica en Lima, y viene a Chiclayo en ciertos períodos, dejando a cargo de la empresa al jefe de planta ante cualquier problema que se presente. El gerente y el jefe de plata son los encargados de manejar la empresa, en actividades como planificación y control de la producción, gestión logística, gestión de recursos humanos, además de encargarse de las ventas y realizar el mantenimiento a la maquinaria. A su mismo nivel se encuentra el contador de la empresa, encargado de llevar la contabilidad de la empresa y de declarar impuestos ante la SUNAT. Finalmente se encuentran el área de producción, encargados de las labores de producción y junto con la jefatura y gerencia proponer iniciativas tecnológicas para la mejora de procesos.

3.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

3.2.1. Productos

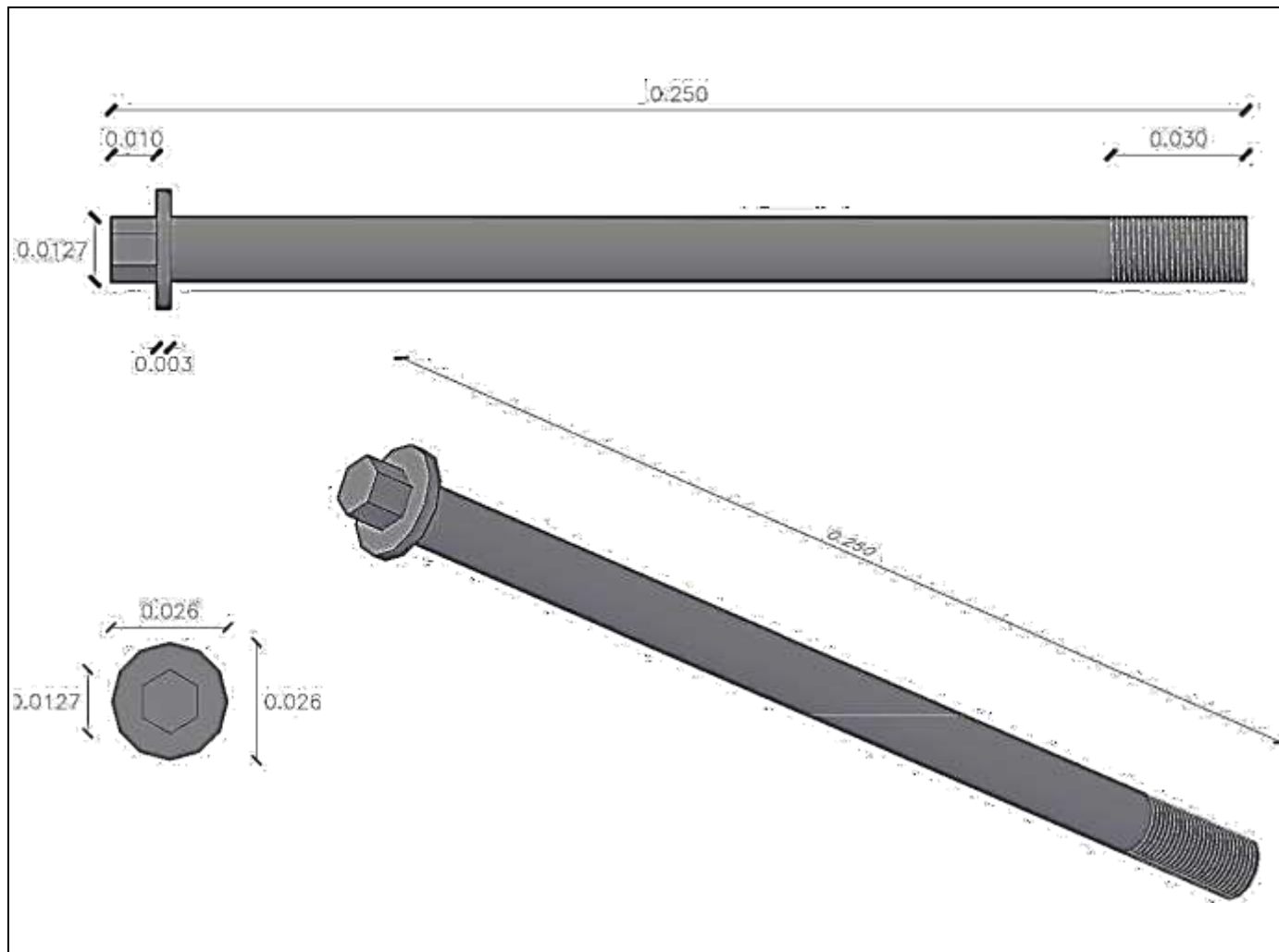
a) Descripción del Producto (características)

- ✓ **Eje de Trapecio (Perno):** Pieza mecánica con cabeza hexagonal en uno de sus extremos y rosca en el otro extremo.
Actualmente se recibe materia prima para producir 20 955 ejes de trapecio al mes, lo que da un total de 874 varillas de acero al mes.

El perno es utilizado principalmente en las mototaxis como unión de un trapecio que sostiene una de las llantas traseras de las motos, para cada moto se utiliza 2 ejes de trapecio como mínimo.

b) Desechos

Los desechos vienen a ser la viruta la cual se obtiene cuando el eje de trapecio pasa por los procesos de despuntado y roscado. Este desecho es vendido a los recicladores metaleros u otras personas cuyo precio es de 20 soles el kilo de viruta.



**PROYECTO DE
TITULACIÓN**

**DISEÑO DE UN SISTEMA
AUTOMATIZADO DEL
PROCESO DE PAVONADO
PARA LA MEJORA DE LA
PRODUCCIÓN EN LA
EMPRESA FABRICATION
TECHNOLOGY COMPANY
S.A.C**

Diseño por: Renán A.
Murillo Fernández

Asesorado por: Ing.
Joselito Sánchez Pérez.

Facultad: Ing. Industrial

Material: ACERO 1022

Unidad de medida: metros

Universidad: USAT

Diseño: Eje de trapecio

Escala: 1:1

Figura 12: Eje de trapecio.

3.2.2. Materiales e Insumos

A. Barras redondas calibradas:

Producto de sección redonda o hexagonal que se obtiene por laminación de palanquillas, que han sido previamente calentadas hasta una temperatura de orden de los 1250°C.

Posteriormente estas barras son calibradas en frío y/o torneadas, obteniendo una gran exactitud dimensional y una buena calidad superficial. Generalmente en diámetros de 4" o más, las barras son torneadas. Se fabrican en las calidades SAE 1016, SAE 1018, SAE 1022, SAE 1045, SAE 12L14 Y DIN 9S Mn 28.

Estas barra se utilizan depende de sus calidades.

- ✓ **SAE 1016 Y1018:** son utilizados en implementaciones agrícolas, ejes, partes y repuestos de maquinarias.
- ✓ **SAE 1022:** se usan en construcciones navales y elementos de maquinaria que requiere alta resistencia y buena tenacidad.
- ✓ **SAE 1045:** se usan en elementos que requieren dureza y tenacidad como ejes, pernos, tuercas, espárragos, cuñas, chavetas.
- ✓ **DIN 9S Mn 28, SAE 12L14:** se usan para fabricar piezas en serie, especialmente en torno automático, tornillos, bulones espárragos y otras piezas de maquinaria.

B. Propiedades mecánicas:

Estos valores son estimados según SAE J1397

Tabla 3: Propiedades mecánicas

NORMA TECNICA	F	R	A	NORMA EQUIVALENTE
	Kg/mm ²	Kg/mm ²	%	
SAE 1016	36	43	18	DIN 17210 CK 16
SAE 1018**	45 – 75	50 – 80	10 – 25	DIN 17200 CK 18
SAE 1022	41	49	15	DIN 17200 CK 22
SAE 1045	54	64	12	DIN 17200 CK 45
DIN 9S Mn 28**	45 – 70	50 – 72	10 – 25	SAE 1213
SAE 12L14	42	55	10	

****Datos del fabricante Aceros Arequipa.**

Fuente: TRADI S.A.

C. Composición química promedio:

Tabla 4: Propiedades mecánicas

CALIDAD	C	Mn	P	S	Pb
SAE 1016	0,13-0,18	0,60-0,90	0,04 max	0,05 max
SAE 1018	0,15-0,20	0,60-0,90	0,03 max	0,05 max
SAE 1022	0,18-0,23	0,7-1,00	0,04 max	0,05 max
SAE 1045	0,43-0,50	0,60-0,90	0,4 max	0,05 max
DIN 9S Mn28	0,09 max	1,15-1,30	0,06-0,10	0,27-0,33
SAE 1213	0,13 max	0,70-1,00	0,07-0,12	0,24-0,33
SAE 12L14	0,15 max	0,85-1,15	0,04-0,09	0,26-0,35	0,15-0,35

Fuente: TRADI S.A.

D. Dimensiones y pesos nominales:

Tabla 5: Propiedades mecánicas

SISTEMA INGLES (Pulgadas)	CALIDAD	PESO ESTIMADO	
		Kg / metros	Kg / 6metros
1/4	1016	0,25	1,5
5/16	1213 1022	0,39	2,34
3/8	1213 1022	0,56	3,36
7/16	1213 1022	0,76	4,56
1/2	1213 1022	0,99	5,94
9/16	1213 1022	1,26	7,56
5/8	1213 1022	1,55	9,3
11/16	1022	1,88	11,28
3/4	1213 1022	2,24	13,44
7/8	1213 1022	3,05	18,3
15/16	DIN9SMN28	3,49	20,98
1	1213 1022	3,98	23,88
1 1/8	1022	5,03	30,18
1 1/4	1022	6,22	37,32
1 3/8	1022	7,52	45,12
1 1/2	1022	8,95	53,70
1 5/8	1022	10,5	63,03
1 3/4	1022	12,18	73,08
1 7/8	1022	13,98	83,91
2	1022	15,91	95,46
2 1/4	1022	20,14	120,84
2 1/2	1022	24,86	149,16
3	1016	35,75	214,50
3 1/2	1016	48,66	291,96
4	1016	63,57	381,42
4 1/2	1016	80,48	482,88
5*	1016	99,32	595,92
6*	1016	143,00	858,00

Fuente: TRADI S.A.

3.2.3. Proceso de producción.

- **ALMACENADO:** En esta operación recibe la materia prima que se ha adquirido del proveedor solicitado, la cual es almacenada para luego ser llevada al área de cortado.
- **TROQUELADO:** La materia prima va del almacén a la cortadora que es la prensa, aquí es donde se habilitan todas las varillas que serán utilizadas en el turno. La productividad es de 12 varillas por hora.
- **DESPUNTADO:** luego que se corta la varilla en partes iguales de 25 cm cada una, se llevan manualmente hasta el área del torno revolver para ser despuntados y obtener varillas de 25 cm. La productividad es de 30 varillas de 25 cm por hora; pero esta no funciona a toda su capacidad ya que de proceso corte pasa de 12 en 12 varillas por lo que la productividad sería de 12 varillas por hora. Luego se lleva manualmente al área de forjado.
- **FORJADO:** luego del proceso de despuntado pasa al forjado este proceso trata de calentar una parte del eje de trapecio hasta llegar a un color rojo del material luego pasa al proceso de prensado. La productividad es de 30 varillas de 25 cm por hora; pero esta no funciona a toda su capacidad ya que de proceso corte pasa de 12 en 12 varillas por lo que la productividad sería de 12 varillas por hora. Luego se lleva manualmente al área de roscado.
- **PRENSADO:** este proceso realiza con una prensa que mediante un golpe a una presión de 60 toneladas golpea a la parte del perno forjado y le da forma a la cabeza del perno que tiene en uno de sus extremos.
- **ROSCADO:** Luego pasan al proceso de roscado la cual se realiza en un torno, este proceso le da un acabado al otro extremo de la varilla la cual dando forma al perno que se quiere obtener. La productividad es de 12 varillas por hora; luego se lleva manualmente al área de pavonado.
- **PAVONADO:** en este proceso se le dará el acabado al material, que es el pavonado, el cual los 12 ejes de trapecio son introducidos en un horno artesanal que calentará los pernos para luego ser sumergidos en aceite. La productividad es de 90 ejes de trapecio por hora.
- **LIMPIEZA:** En este proceso se realiza la limpieza del eje de trapecio la cual se hace manualmente por un operario encargado. La productividad es de 90 ejes de trapecio hora.

- **ALMACENADO:** en esta operación se recepciona los ejes de trapecio para posteriormente hacer la entrega del producto.

3.2.4. Análisis para el Proceso de Producción

Los tiempos tomados se realizaron a la línea de producción de ejes de trapecio pavonados, de los cuales los tiempos tomados son por cada lote de 12 unidades de ejes de trapecio.

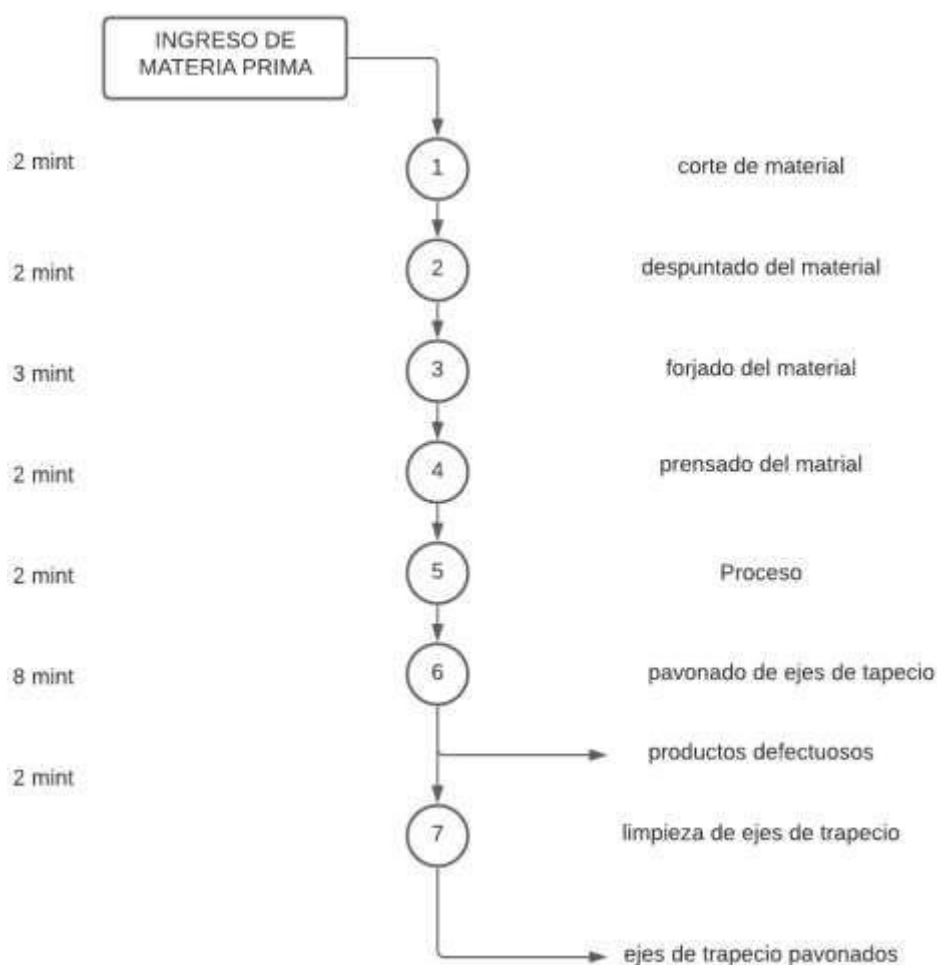


Figura 13: Diagrama de operaciones del proceso.

Tabla 6: Cursograma analítico del proceso de pavonado.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO DE PAVONADO										
Diagrama Nº 01		Hoja: 01 de 01		Resumen						
Producto: Ejes de trapecio			Actividad		Actual	Propuesto				
Actividad: línea de producción de ejes de trapecio			Operación	○	7					
Método: Actual			Inspección	□	0					
Lugar: empresa			Espera	D	0					
Operario (s): 01			Transporte	⇒	8					
Fecha: marzo-16			Almacenamiento	▽	2					
Compuesto por: Rrenan Murillo			Distancia (mts.)							
Aprobado por:			Tiempo (hrs. - hom.)		540 min					
Fecha:			Costo		s./ 6.00					
			Mano de obra							
			TOTAL							
DESCRIPCIÓN	Canti dad	Distancia (m)	Tiempo	Actividad					OBSERVACIONES	
				○	□	D	⇒	▽		
almacenamiento de varillas			1 min							
llevado a cortado			8 seg							
cortado de varillas			2 min							
llevado a despuntado			9 seg							
despuntado del perno			2 min							
Llevado a forjado			8 seg							
forjado del perno			3 min							
llevado prensado			8 seg							
prensado del perno			2 min							
llevado a roscado			8 seg							
roscado del perno			2 min							
llevado a pavonar			10 seg							
pavonado del perno			8 min							
llevado a limpieza			2 seg							
limpieza del perno			2 min							
llevado a almacenado			9 seg							
almacenamiento del producto terminado			1 min							
TOTAL			24 min 10 seg							

Fuente: Fabrication Technology Company S.A.C.

En la tabla 6, se muestran los tiempos de la línea de producción tomados de manera mensual (ver anexo 1-5), según (kanawaty 2006) en el estudio de trabajo se necesita realizar observaciones y recolectar datos para posteriormente implantar a la línea de producción. Con lo cual se ha determinado que el proceso de pavonado es el cuello de botella del proceso, que es de 8 minutos.

3.2.5. Indicadores Actuales de Producción y Productividad

Según los datos obtenidos en la empresa tenemos:

a) Producción:

Turnos: 1 turno

Tiempo base: 9 horas/día x 6 días = 540 minutos/día

Ciclo: 8 minutos que representa al cuello de botella.

$$\text{Producción} = \frac{540 \text{ mint/d}}{\frac{8 \text{ minutos}}{12 \text{ unid}}} = 806 \text{ unid/día}$$

La producción diaria es de 806 unidades lo que viene ser una producción de 20 955 unidades mensuales trabajando 26 días al mes.

b) Costos de producción:

Producto: eje de trapecio (perno)

Tabla 7: Costos de producción de eje de trapecio 2016.

Materia Prima	Precio	Productividad		Precio unitario
		(ejes por mp)		
varilla Redonda	S/. 36.00	24	por varilla	S/. 1.50
TOTAL MATERIA PRIMA				S/. 1.50
Mano de obra	Precio	Productividad		Precio unitario
		(Ejes por turno de 9 horas)		
Troquelado	S/. 54,00	810	ejes por turno	S/. 0,07
Despuntado	S/. 54,00	810	ejes por turno	S/. 0,07
Forjado	S/. 54,00	810	ejes por turno	S/. 0,07
Prensado	S/. 54,00	810	ejes por turno	S/. 0,07
Roscado	S/. 54,00	810	ejes por turno	S/. 0,07
Pavonado	S/. 54,00	810	ejes por turno	S/. 0,07
Limpieza	S/. 54,00	810	ejes por turno	S/. 0,07
TOTAL MANO DE OBRA				S/. 0,47
Otros	Precio	Productividad		Precio unitario
		(Ejes por mes)		
Energía eléctrica	S/. 200,00	20 955	ejes por mes	S/. 0.010
Teléfono internet	S/. 150,00	20 955	ejes por mes	S/. 0,007
Agua	S/. 70,00	20 955	ejes por mes	S/. 0,003
Gas	S/. 1,980	20 955	ejes por mes	S/. 0,094
Otros gastos	S/. 70,00	20 955	ejes por mes	S/. 0,003
TOTAL OTROS GASTOS				S/. 0,023
COSTO DE PRODUCCION	S/. 1,99			
IGV	1,18			
COSTO TOTAL	S/. 2,35			

Fuente: La empresa

En la tabla 7, nos muestra el costo de varilla redonda, el precio de mano de obra por hora, los costos de los suministros mensual (energía eléctrica, teléfono/internet, agua, gas y otros gastos) para fabricar cada lote de 20 995 ejes de trapecio mensual, y finalmente costo total de 2,35 soles por unidad.

Así mismo la empresa obtiene su costo de producción y determina su precio de venta para ponerlo a disposición en el mercado.

c) Eficiencia física:

$$eficiencia\ física = \frac{5670\ g}{5940\ g} = 96\ \%$$

En eficiencia física se obtiene un 96% en cual proviene de que de una varilla redonda pesa 5940 gramos (ver tabla 4) y sale como producto final 5670 gramos.

d) Eficiencia económica:

Para realizar la eficiencia económica la determinamos de esta manera:

- 20 955 pernos x 2.50 soles/ perno = 52 387, 50

Se utilizan 874 varillas y cada una cuesta 36 soles serian 31 432,50 soles invertido en varillas.

El costo mensual de la mano de obra (7 operarios) que a la empresa le cuesta 6 soles la hora por cada operario.

- 1 operario = 1,404 soles/mes x 7 operarios = 9 828,00 soles/mes

Sumamos el costo de varillas utilizadas más el costo de mano de obra

- Costo total= 31 432,50 + 9 828,00= 42 730,50soles

Entonces:

$$eficiencia\ económica = \frac{52\ 387,50\ soles}{42\ 730,50\ soles} = 1,20\ soles$$

La eficiencia económica se ha determinado a través del costo de producción del perno (ver tabla 7), con ello se obtuvo cuánto cuesta producir el perno y cuanto ganancia genera, el cual obtenemos una eficiencia económica de 1,20 soles.

e) Cuellos de botella:

El cuello de botella está asignado por la producción más lenta, para este producto el cuello de botella se encuentra en el área de pavonado con 8 minutos, el cual se determinó realizando observaciones para realizar el diagrama de recorrido de la línea de proceso (ver tabla 6)

f) Tiempo de ciclo:

El tiempo de ciclo del proceso es de 23 minutos para producir 12 pernos pavonados, este tiempo se determinó a través de las observaciones realizadas para realizar el diagrama de recorrido de la línea de proceso (ver tabla 6)

3.3. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCION Y SUS CAUSAS

3.3.1. Problemas, Causas y Propuestas de Solución en el Sistema de Producción

A. Diagrama Ishikawa

El diagnostico por causas se ha realizado analizando las causas del problema principal, que es la baja producción en el proceso de pavonado debido por falta de un sistema automatizado. A continuación, se presentará un diagrama de Ishikawa, en donde se clasificarán las causas según el material, mano de obra, maquinaria y equipos, método.

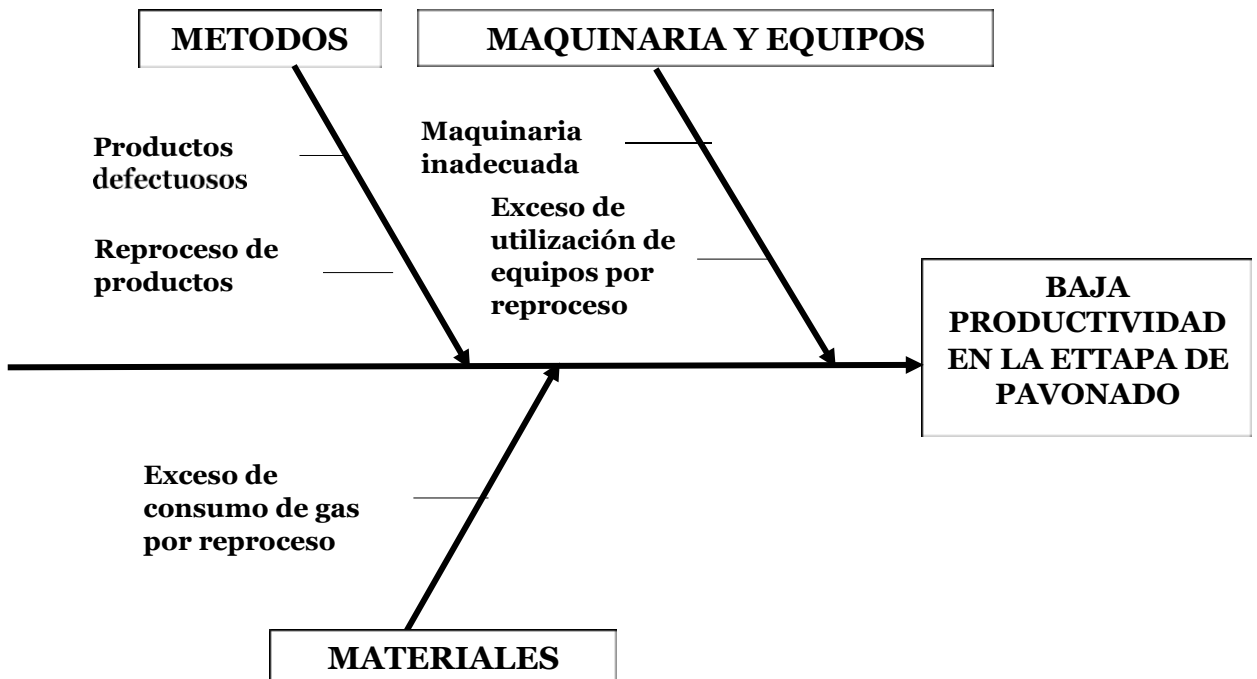


Figura 14: Diagrama Ishikawa.

En el diagrama se ha mostrado las diferentes causas del problema por falta de un sistema automatizado en el proceso de pavonado, esto ha conllevado constantemente a las pérdidas económicas en la empresa, ya que al no tener un sistema automatizado en el proceso de pavonado, y así mismo la generación de productos defectuosos genera una pérdida de ingreso de dinero para la empresa, es decir se tiene un bajo rendimiento, que al final, no se percibirá las ganancias previstas.

3.3.2. Diagnóstico por causas.

A. Maquinaria y equipos

❖ Causa 1: Maquinaria inadecuada.

❖ **Evidencias:** para esta causa se tiene como evidencia un análisis de tiempos, realizando 6 observaciones al operario en la etapa de pavonado y sus funciones que realiza y tomando datos de ellas las cuales se pueden observar en el anexo del 6 al 11. Este trabajo se centra en el proceso de pavonado por eso se profundiza el estudio en ese punto, realizaremos un diagrama hombre maquina donde nos permite conocer la operación y tiempo del hombre, así como sus tiempos de ocio.

Permite conocer el tiempo de actividad e inactividad de su máquina, así como los tiempos de carga y descarga de la misma.

Tabla 8: Análisis de tiempo de pavonado

Diagrama de actividades del operario				
diagrama N°: 1 hoja N°: 1 de 1		Resumen		
Producto: ejes de trapecio		actual	propuest o	economía
Etapa: pavonado		tiempo de ciclo operario	893	
Maquinaria: horno		tiempo de trabajo maquina	893	
Lugar: "Fabrication Technology Company S.A.C."		tiempo de inactivo operario	253	
Operario: Norbi Mendoza Inga.		tiempo de inactivo maquina	640	
Elaborado: Renan Murillo Fernandez		utilizacion		
fecha: marzo- 2016		operario	28%	
		maquina	72%	
tiempo segundos	operario	maquinaria		tiempo segundos
8	llevado de material hacia la maquina		inactivo	
2	puesta de pernos en el horno		inactivo	
120	alineamiento y accionado de válvulas de gas y aire		inactivo	
	inactivo		pavonado de pernos	640
120	alineamiento y accionado de válvulas de gas y aire		inactivo	
3	retiro del perno del horno		inactivo	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8, se muestran los tiempos que le toma al operario para realizar el proceso de pavonado, estos datos se obtuvieron en las visitas que se realizó a la empresa y se sacó un muestro de ello (ver anexo 1-5)

$$\begin{aligned}
 \text{Porcentaje de utilización del operario} &= \frac{\text{tiempo productivo del Operario}}{\text{tiempo ciclo total}} \\
 \text{Porcentaje de utilización del operario} &= \frac{253 \text{ seg}}{893 \text{ seg}} = 28\%
 \end{aligned}$$

$$\text{Porcentaje de utilización de máquina} = \frac{\text{tiempo productivo de la máquina}}{\text{tiempo del ciclo total}}$$

$$\text{Porcentaje de utilización de máquina} = \frac{640 \text{ seg}}{893 \text{ seg}} = 72\%$$

❖ **Interpretación de porcentajes del diagrama hombre maquina:**

Según estos porcentajes de utilización se observa que se utiliza mano de obra que es el 28%, por lo que es necesario contar con más personal en el proceso, o se puede automatizar, para ese caso se va a automatizar la máquina, es decir aumentar el porcentaje de utilización de la máquina y disminuir el porcentaje del operario.

Para evidenciar más el impacto que tiene los productos defectuosos mostramos la tabla 10, la cual muestra la demanda mensual, y los pedidos no atendidos en el mercado por su baja producción que tiene, lo cual complica aún más poder satisfacer la demanda.

Tabla 9: Pedidos no atendidos de ejes de trapecio 2015.

MES	DEMANDA (und/mes)	PRODUCCIÓN REAL (und)	PEDIDOS NO ATENDIDOS (und/mes)
AÑO 2015			
Enero	30 000	19 698	10 302
Febrero	29 000	19 705	9 295
Marzo	29 000	19 705	9 295
Abril	28 000	19 710	8 290
Mayo	30 000	19 705	10 295
Junio	29 000	19 700	9 300
Julio	28 000	19 700	8 300
Agosto	29 000	19 697	9 303
Septiembre	30 000	19 698	10 302
Octubre	28 000	19 704	8 296
Noviembre	29 500	19 707	9 793
Diciembre	29 000	19 697	9 303

Fuente: La Empresa "Fabrication Technology Company S.A.C."

Tabla 10: Pedidos no atendidos de ejes de trapecio 2016.

MES	DEMANDA (und/mes)	PRODUCCIÓN REAL (und)	PEDIDOS NO ATENDIDOS (und/mes)
AÑO 2016			
Enero	28 000	19 701	8 299
Febrero	29 000	19 699	9 301
Marzo	30 000	19 697	10 303
Abril	29 000	19 705	9 295
Mayo	28 000	19 700	8 300
Junio	29 000	19 700	9 300
Julio	30 000	19 697	10 303
Agosto	28 000	19 698	8 302
Septiembre	28 000	19 700	8 300
Octubre	30 000	19 696	10 304
Noviembre	29 000	19 695	9 305
Diciembre	28 000	19 698	8 302

Fuente: La Empresa “Fabrication Technology Company S.A.C.”

La tabla 9 y 10, nos muestra la demanda mensual que tiene la empresa la cual ha sido obtenida a través de la base datos de la empresa, así mismo la producción mensual real y por ello obtenemos los pedidos no atendidos el cual utilizaremos para hallar el impacto económico.

❖ Impacto económico:

Para determinar el impacto económico en esta causa tomaremos la demanda insatisfecha que tiene la empresa mensualmente esto multiplicado por su costo unitario de producción del perno así no se muestra en la tabla 6.

Tabla 11: Pedidos no atendidos de ejes de trapecio 2015.

MES	DEMANDA INSATISFECHA (und/mes)	COSTO UNITARIO (S/.)	TOTAL DE PÉRDIDA (S/.)
AÑO 2015			
Enero	10 302	2,5	S/. 25 755,22
Febrero	9 295	2,5	S/. 23 236,94
Marzo	9 295	2,5	S/. 23 236,94
Abril	8 290	2,5	S/. 20 724,44
Mayo	10 295	2,5	S/. 25 736,94
Junio	9 300	2,5	S/. 23 249,44
Julio	8 300	2,5	S/. 20 749,44
Agosto	9 303	2,5	S/. 23 256,94
Septiembre	10 302	2,5	S/. 25 754,44
Octubre	8 296	2,5	S/. 20 73,44
Noviembre	9 793	2,5	S/. 24 481,94
Diciembre	9 303	2,5	S/. 23 256,94

Fuente: La Empresa “Fabrication Technology Company S.A.C.”

Tabla 12: Pedidos no atendidos de ejes de trapecio 2016.

MES	DEMANDA INSATISFECHA (und/mes)	COSTO UNITARIO (S/.)	TOTAL DE PÉRDIDA (S/.)
AÑO 2016			
Enero	8 299	2,5	S/.20 746,94
Febrero	9 301	2,5	S/. 23 251,94
Marzo	10 303	2,5	S/..25 756,94
Abril	9 295	2,5	S/..23 236,94
Mayo	8 300	2,5	S/..20 749,44
Junio	9 300	2,5	S/..23 249,44
Julio	10 303	2,5	S/..25 756,94
Agosto	8 302	2,5	S/..20 754,44
Septiembre	8 300	2,5	S/..20 749,44
Octubre	10 304	2,5	S/.. 25 759,44
Noviembre	9 305	2,5	S/..23 261,94
Diciembre	8 302	2,5	S/..20 754,44
TOTAL			S/. 274 028,28

Fuente: La Empresa “Fabrication Technology Company S.A.C.”

Al observar la tabla N° 11 y 12, nos muestra el impacto económico que obtuvo la empresa por pedidos no atendidos en el año 2015 y 2016, para este caso tomaremos comodato el año 2016, es decir que la empresa ha dejado de tener ingresos mensuales **S/. 274 028,28** como muestra la tabla 10.

❖ **Causa 2: Exceso de utilización de equipos por reproceso.**

❖ **Evidencias:** esta causa es importante como las demás ya que muestra la cantidad de energía que se utiliza para realizar el proceso de pavonado en cual para tener una temperatura adecuada se necesitan aire en este caso es obtenido por el motor turbo (ver figura 5) que funciona como una compresora y también se utiliza combustible en este caso gas.



Figura 15: Motor rotor

Fuente: La empresa.

Para esta causa se verá el consumo de energía que se ha utilizado en el motor rotor teniendo exceso al reprocesar los pernos defectuosos lo cual se toma como un gasto es decir como perdida en soles al consumir energía ya que este gasto no entra como un costo de producción (ver tabla 7), por lo cual se hace importante calcular este gasto que tiene la empresa.

A continuación se presenta la ficha técnica del motor turbo.

Tabla 13: Ficha técnica del motorturbo.

FICHA TÉCNICA DEL MOTOR TURBO	
Marca	Buffallo
Uso	Industrial
Potencia	2 hp
Voltaje	220-60Hz
Año de adquisición	2011

Fuente: La Empresa

Según la especificación brindada en la tabla 10, el MOTOR TURBO tiene una potencia de 1 HP y funciona con un voltaje de 220V-60Hz, el cual 1 HP es iguala a 0,746 kw.

Así mismo En Lambayeque, ELECTRONORTE S.A distribuye la electricidad en tres niveles de tensión, alta, media y baja. La alta tensión es cuando el nivel de voltaje es superior a 40kV, solo es asociado para la transmisión y subtransmisión; media tensión, para instalaciones y equipos del sistema de distribuidor que operan entre 600 voltios y 40kV, asociados a las tarifas MT2, MT3 y MT4; y finalmente la baja tensión, para instalaciones y equipos que operan a voltajes inferiores a los 600 voltios, asociados a tarifas BT2, BT3, BT4, BT5A, BT5 No residencial y BT5B Residencial. (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2015)

La empresa cuenta con una tarifa BT5 no residencial pagando mensualmente 245 soles en promedio. El costo de energía activa para la tarifa BT5 es de S/. 0,5306 por kWh.

Para esta causa utilizaremos el indicador siguiente:

$$\text{exceso de consumo de energía} = \text{tiempo tomado} \times \text{energía consumida}$$

❖ **Impacto económico:**

A partir de los datos obtenidos en las tablas 16 al 19 de producto defectuosos hallaremos el tiempo que toma en reprocesar los ejes de trapecio defectuoso como e muestra en la tabla 14 y 15; el cual nos ayudara determinar el costo adicional que tiene la empresa como gasto al reprocesar los productos defectuosos.

Para hallas el tiempo de reproceso por horas tenemos los siguientes datos:

- Capacidad del horno: 12 ejes de trapecio
- Tiempo proceso del horno: 8 min

Hallamos:

$$\text{Tiempo de reproceso} = \frac{\text{ejes a reprocesar}}{\text{Cap. De horno}} \times T^{\circ} \text{ de proc. del horno} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$\text{Tiempo de reproceso} = \frac{1257}{12} \times 8 \text{ min} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 14 \text{ horas}$$

Esto lo realizaremos para cada mes del año 2015 y 2016 para hallar el tiempo de reproceso.

Tabla 14: Tiempo en horas tomado para reprocesar productos defectuosos.

AÑO	MES	PERNOS A REPROCESAR (und/mes)	TIEMPO DE REPROCESO EN HORAS
2015	Enero	1 257	14
	Febrero	1 250	14
	Marzo	1 250	14
	Abril	1 245	14
	Mayo	1 250	14
	Junio	1 255	14
	Julio	1 258	14
	Agosto	1 259	14
	Septiembre	1 257	14
	Octubre	1 251	14
	Noviembre	1 248	14
	Diciembre	1 255	14
total		15 035	167

Fuente: La Empresa "Fabrication Technology Company S.A.C."

Tabla 15: Tiempo en horas tomado para reprocesar productos defectuosos.

AÑO	MES	PERNOS A REPROCESAR (und/mes)	TIEMPO DE REPROCESO EN HORAS
2016	Enero	1 254	14
	Febrero	1 256	14
	Marzo	1 258	14
	Abril	1 250	14
	Mayo	1 255	14
	Junio	1 255	14
	Julio	1 258	14
	Agosto	1 257	14
	Septiembre	1 255	14
	Octubre	1 259	14
	Noviembre	1 260	14
	Diciembre	1 257	14
total		15 074	168

Fuente: La Empresa "Fabrication Technology Company S.A.C."

En la tabla 14 y 15, se muestra los productos que salieron defectuosos por cada mes y que serán reprocesados y el tiempo total que toma reprocesar todos los productos defectuosos.

Como nos muestra la ficha técnica del motor rotor se tiene una potencia de 1 Hp el cual equivale a 0,746 kw.

Entonces tomando como dato el año 2016 tenemos:

$$2 \text{ HP} = 1\,492 \text{ kw} \times 168 \text{ h} = 25066 \text{ kwh}$$

$$\text{exceso de consumo de energía} = \text{energía consumida} \times \text{costo por kwh}$$

$$\text{exceso de consumo de energía} = 250,66 \text{ kwh} \times 0,5306 \text{ soles} = S/. 132,99$$

B. Método

❖ Causa 3: Producto defectuosos

❖ **Evidencias:** para demostración de las evidencias tenemos la tabla 16 a la 21, que nos muestra las cantidades de los productos defectuosos obtenidas en los años 2015 y 2016, esto lo hemos determinado a través de observaciones hechas después de cada proceso.

Como evidencia a las observaciones realizadas podemos ver en la figura 16, la calidad del producto defectuoso, es decir que el eje de trapecio no está pavonado completamente ya que tiene que estar de un color negro azulado completamente pero como podemos observar en la figura 16 el eje de trapecio presenta unas partes blancas lo cual nos indica que no está pavonado completamente, lo que a esto podemos llamarlos como productos defectuosos; esto ocasionado por el horno que se utiliza en la empresa no es el adecuado, es por ello que en la producción siempre se obtiene productos defectuosos lo cual genera pérdidas a la empresa. Todo esto porque no cuenta con sistema automatizado en el proceso de pavonado.



Figura 16: Producto defectuoso.

Tabla 16: Observación de productos defectuosos.

TABLA DE OBSERVACIONES DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS ENERO-DICIEMBRE 2015									
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL	CAUSAS
		Und	Und	Und	Und	und	Und		
ene-15	SEMANA 1	54	52	54	54	53	52	1257 und defectuosas	La causa es el mal control que realizan los operarios en determinar la temperatura adecuada para el posible acabado del perno, lo cual conlleva a que el material no tenga un calentamiento homogéneo el cual hace que se obtengan productos defectuosos y mediante esto pérdidas para la empresa.
	SEMANA 2	52	50	53	50	54	53		
	SEMANA 3	52	50	52	52	53	50		
	SEMANA 4	55	50	53	55	52	52		
feb-15	SEMANA 5	48	52	53	54	51	53	1250 und defectuosas	
	SEMANA 6	51	53	53	53	53	53		
	SEMANA 7	50	52	51	52	52	52		
	SEMANA 8	51	50	52	55	53	53		
mar-15	SEMANA 9	50	52	53	55	52	52	1250 und defectuosas	
	SEMANA 10	52	53	50	52	51	53		
	SEMANA 11	53	50	52	52	50	53		
	SEMANA 12	50	53	53	54	53	52		
abr-15	SEMANA 1	52	48	51	54	53	54	1245 und defectuosas	
	SEMANA 2	53	50	51	50	52	53		
	SEMANA 3	51	50	52	52	54	51		
	SEMANA 4	53	51	52	55	52	51		

Fuente: la empresa

En la tabla 16, nos muestra las cantidades obtenidas de ejes de trapecio defectuosos, lo cual se encontró que los ejes no estaban pavonados al 100%, ya que al observarlos mostraba partes blancas en el cuerpo del eje de trapecio, se descascaraba cuando se realizaba a limpieza, lo cual pasaba a ser defectuoso (ver figura 16), esto es signo de que el perno no estas pavonado al 100% ya que todo el perno debe tener un color negro azulado y a su vez homogéneo en todo en perno así como nos indica ficha técnica.

Tabla 17: Observación de productos defectuosos.

TABLA DE OBSERVACIONES DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS ENERO-DICIEMBRE 2015									
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL	CAUSAS
		Und	Und	Und	Und	und	Und		
may-15	SEMANA 5	50	52	53	54	52	53	1250 und defectuosas	La causa es el mal control que realizan los operarios en determinar la temperatura adecuada para el posible acabado del perno, lo cual conlleva a que el material no tenga un calentamiento homogéneo el cual hace que se obtengan productos defectuosos y mediante esto pérdidas para la empresa.
	SEMANA 6	53	50	52	53	53	53		
	SEMANA 7	52	52	51	53	52	50		
	SEMANA 8	51	50	50	55	53	53		
jun-15	SEMANA 9	50	52	51	55	53	52	1255 und defectuosas	
	SEMANA 10	52	53	53	53	51	53		
	SEMANA 11	50	50	52	52	54	52		
	SEMANA 12	53	53	53	54	52	52		
jul-15	SEMANA 1	50	52	51	54	53	52	1255 und defectuosas	
	SEMANA 2	53	54	53	53	54	53		
	SEMANA 3	52	52	52	52	51	50		
	SEMANA 4	53	50	53	55	52	51		
ago-15	SEMANA 5	48	52	51	52	53	54	1258 und defectuosas	
	SEMANA 6	51	54	54	53	53	53		
	SEMANA 7	52	52	52	54	52	52		
	SEMANA 8	51	52	52	55	53	53		

Fuente: la empresa

En la tabla 17, nos muestra las cantidades obtenidas de ejes de trapecio defectuosos, lo cual se encontró que los ejes no estaban pavonados al 100%, ya que al observarlos mostraba partes blancas en el cuerpo del eje de trapecio, se descascaraba cuando se realizaba la limpieza, lo cual pasaba a ser defectuoso (ver figura 16), esto es signo de que el perno no estas pavonado al 100% ya que todo el perno debe tener un color negro azulado y a su vez homogéneo en todo en perno así como nos indica ficha técnica.

Tabla 18: Observación de productos defectuosos.

TABLA DE OBSERVACIONES DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS ENERO-DICIEMBRE 2015									
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL	CAUSAS
		Und	Und	Und	Und	und	Und		
sep-15	SEMANA 9	53	52	51	55	53	52	1257 und defectuosas	La causa es el mal control que realizan los operarios en determinar la temperatura adecuada para el posible acabado del perno, lo cual conlleva a que el material no tenga un calentamiento homogéneo el cual hace que se obtengan productos defectuosos y mediante esto pérdidas para la empresa.
	SEMANA 10	53	53	52	53	51	53		
	SEMANA 11	50	52	52	52	54	52		
	SEMANA 12	52	53	53	52	52	52		
oct-15	SEMANA 1	55	52	51	54	53	52	1251 und defectuosas	
	SEMANA 2	53	50	53	53	54	53		
	SEMANA 3	52	52	52	50	51	50		
	SEMANA 4	53	50	50	55	52	51		
nov-15	SEMANA 5	51	52	53	54	51	53	1248 und defectuosas	
	SEMANA 6	52	50	54	50	53	53		
	SEMANA 7	52	50	51	51	52	52		
	SEMANA 8	51	50	52	55	53	53		
dic-15	SEMANA 9	50	52	51	55	53	52	1258 und defectuosas	
	SEMANA 10	53	53	50	53	51	53		
	SEMANA 11	50	52	52	52	54	52		
	SEMANA 12	53	53	53	54	52	52		

Fuente: la empresa

En la tabla 18, nos muestra las cantidades obtenidas de ejes de trapecio defectuosos, lo cual se encontró que los ejes no estaban pavonados al 100%, ya que al observarlos mostraba partes blancas en el cuerpo del eje de trapecio, se descascaraba cuando se realizaba la limpieza, lo cual pasaba a ser defectuoso (ver figura 16), esto es signo de que el perno no estas pavonado al 100% ya que todo el perno debe tener un color negro azulado y a su vez homogéneo en todo en perno así como nos indica ficha técnica.

Tabla 19: Observación de productos defectuosos.

TABLA DE OBSERVACIONES DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS ENERO-DICIEMBRE 2016									
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL	CAUSAS
		und	und	und	und	und	und		
ene-16	SEMANA 1	53	52	51	54	53	52	1254 und defectuosas	Se obtiene a causa de no contar con un sistema automatizado en el proceso de pavonado y su otra causa es el mal control que realizan los operarios en determinar la temperatura adecuada para el posible acabado del perno, lo cual conlleva a que el material no tenga un calentamiento homogéneo el cual hace que se obtengan productos defectuosos y mediante esto pérdidas para la empresa.
	SEMANA 2	53	50	53	53	54	53		
	SEMANA 3	52	52	52	52	51	50		
	SEMANA 4	53	50	53	55	52	51		
feb-16	SEMANA 5	52	52	53	54	51	53	1256 und defectuosas	
	SEMANA 6	53	50	54	53	53	53		
	SEMANA 7	52	52	51	52	52	52		
	SEMANA 8	51	50	52	55	53	53		
mar-16	SEMANA 9	50	52	51	55	53	52	1258 und defectuosas	
	SEMANA 10	53	53	53	53	51	53		
	SEMANA 11	50	52	52	52	54	52		
	SEMANA 12	53	53	53	54	52	52		
abr-16	SEMANA 13	49	52	51	53	53	50	1250 und defectuosas	
	SEMANA 14	53	52	53	53	53	53		
	SEMANA 15	52	52	50	52	52	52		
	SEMANA 16	53	51	53	52	53	53		

Fuente: la empresa

En la tabla 19, nos muestra las cantidades obtenidas de ejes de trapecio defectuosos, lo cual se encontró que los ejes no estaban pavonados al 100%, ya que al observarlos mostraba partes blancas en el cuerpo del eje de trapecio, se descascaraba cuando se realizaba la limpieza, lo cual pasaba a ser defectuoso (ver figura 16), esto es signo de que el perno no estas pavonado al 100% ya que todo el perno debe tener un color negro azulado y a su vez homogéneo en todo en perno así como nos indica ficha técnica.

Tabla 20: Observación de productos defectuosos.

TABLA DE OBSERVACIONES DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS ENERO-DICIEMBRE 2016									
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL	CAUSAS
		und	und	und	und	und	und		
may-16	SEMANA 17	50	54	54	54	53	53	1255 und defectuosas	Se obtiene a causa de no contar con un sistema automatizado en el proceso de pavonado y su otra causa es el mal control que realizan los operarios en determinar la temperatura adecuada para el posible acabado del perno, lo cual conlleva a que el material no tenga un calentamiento homogéneo el cual hace que se obtengan productos defectuosos y mediante esto pérdidas para la empresa.
	SEMANA 18	52	52	50	53	54	53		
	SEMANA 19	50	52	52	52	55	51		
	SEMANA 20	50	53	53	52	52	51		
jun-16	SEMANA 21	50	52	51	55	53	52	1255 und defectuosas	
	SEMANA 22	53	53	50	53	51	53		
	SEMANA 23	50	52	52	52	54	52		
	SEMANA 24	53	53	53	54	52	52		
jul-16	SEMANA 25	50	52	51	55	53	52	1258 und defectuosas	
	SEMANA 26	53	53	53	53	51	53		
	SEMANA 27	50	52	52	52	54	52		
	SEMANA 28	53	53	53	54	52	52		
ago-16	SEMANA 29	52	52	51	50	53	53	1257 und defectuosas	
	SEMANA 30	53	52	51	53	55	54		
	SEMANA 31	52	54	52	51	52	52		
	SEMANA 32	51	54	53	54	50	53		

Fuente: la empresa

En la tabla 20, nos muestra las cantidades obtenidas de ejes de trapecio defectuosos, lo cual se encontró que los ejes no estaban pavonados al 100%, ya que al observarlos mostraba partes blancas en el cuerpo del eje de trapecio, se descascaraba cuando se realizaba la limpieza, lo cual pasaba a ser defectuoso (ver figura 16), esto es signo de que el perno no estas pavonado al 100% ya que todo el perno debe tener un color negro azulado y a su vez homogéneo en todo en perno así como nos indica ficha técnica.

Tabla 21: Observación de productos defectuosos.

TABLA DE OBSERVACIONES DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS ENERO-DICIEMBRE 2016									
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	TOTAL	CAUSAS
		und	und	und	und	und	und		
sep-16	SEMANA 33	50	52	51	55	53	52	1254 und defectuosas	Se obtiene a causa de no contar con un sistema automatizado en el proceso de pavonado y su otra causa es el mal control que realizan los operarios en determinar la temperatura adecuada para el posible acabado del perno, lo cual conlleva a que el material no tenga un calentamiento homogéneo el cual hace que se obtengan productos defectuosos y mediante esto pérdidas para la empresa.
	SEMANA 34	53	53	50	53	51	53		
	SEMANA 35	50	52	52	52	54	52		
	SEMANA 36	53	53	53	54	52	52		
oct-16	SEMANA 37	51	52	51	55	53	52	1256 und defectuosas	
	SEMANA 38	53	53	53	53	51	53		
	SEMANA 39	50	52	52	52	54	52		
	SEMANA 40	53	53	53	54	52	52		
nov-16	SEMANA 41	53	52	54	55	53	52	1258 und defectuosas	
	SEMANA 42	51	51	53	53	55	51		
	SEMANA 43	50	52	52	54	50	52		
	SEMANA 44	52	53	52	54	52	54		
dic-16	SEMANA 45	54	52	52	52	54	50	1250 und defectuosas	
	SEMANA 46	53	53	51	52	52	52		
	SEMANA 47	52	52	54	55	53	52		
	SEMANA 48	51	51	53	53	53	51		

Fuente: la empresa

En la tabla 21, nos muestra las cantidades obtenidas de ejes de trapecio defectuosos, lo cual se encontró que los ejes no estaban pavonados al 100%, ya que al observarlos mostraba partes blancas en el cuerpo del eje de trapecio, se descascaraba cuando se realizaba la limpieza, lo cual pasaba a ser defectuoso (ver figura 16), esto es signo de que el perno no estas pavonado al 100% ya que todo el perno debe tener un color negro azulado y a su vez homogéneo en todo en perno así como nos indica ficha técnica.

Con las tablas anteriormente mostradas de observaciones realizaremos una gráfica de control p (fracción de unidades defectuosas) lo cual determinará la cantidad en porcentaje de productos defectuosos que se obtiene por casa lote de producción diaria.

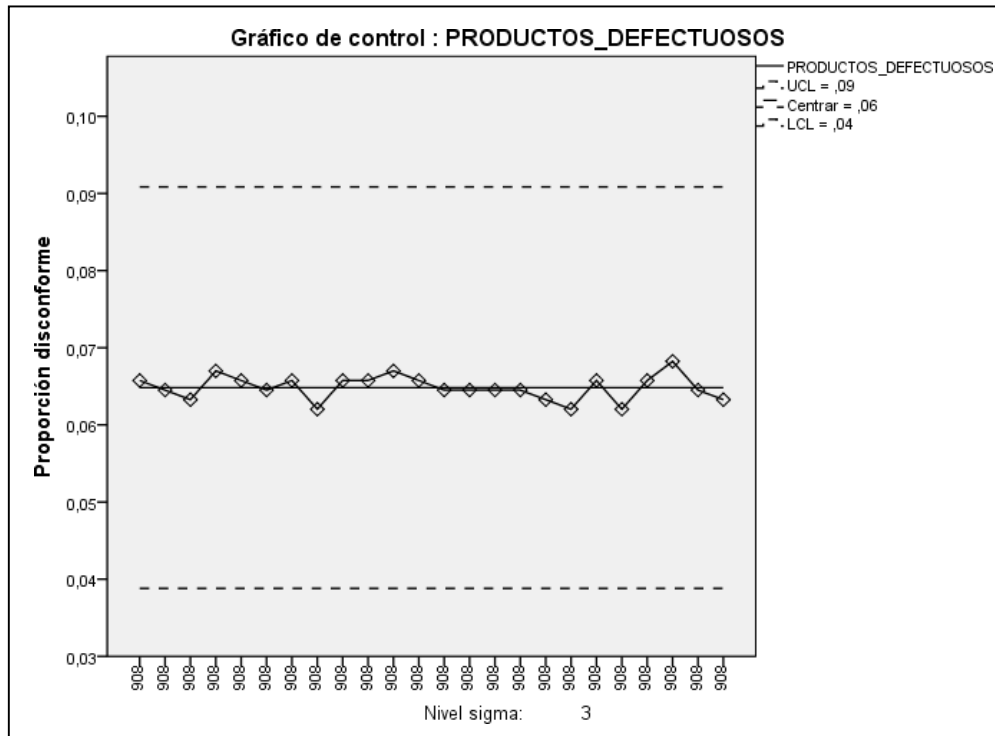


Figura 17: Productos defectuosos.
Fuente: Elaboración propia.

Según lo observado en la figura 10, a través del método de trabajo se realizaron las observaciones el proceso de pavonado obteniendo diferentes datos de productos defectuosos obtenidas en la tabla 16 a la 21, la figura 10 nos muestra un promedio de 0,06 % de productos defectuosos mensuales. Esto porque el proceso se desarrolló en presencia de causas o situaciones especiales por lo que generalmente no tiene que estar presentes en el proceso y por lo que hace que exista un 0,06 % de producto defectuoso.

A través de la gráfica podemos obtener los siguientes indicadores:

$$\% \text{ de productos defectuosos} = p = \frac{\text{total de defectuosos}}{\text{total del inspeccionados}}$$

$$\% \text{ de productos defectuosos} = \frac{1\ 254}{20\ 955} = 0,059 = 6\%$$

$$\begin{aligned} \text{tamaño del subgrupo} = n &= \frac{\text{total de inspeccionados}}{\text{total del subgrupo}} \\ \text{tamaño del subgrupo} &= \frac{16\,120}{20} = 806 \text{ und} \end{aligned}$$

Hallaremos los límites los cuales serán los indicadores a trabajar en esta causa de productos defectuosos.

$$\text{límite superior} = p + 3 \times \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

$$\text{límite superior} = 0,064 + 3 \times \sqrt{\frac{0,064(1-0,064)}{806}} = 0,09$$

$$\text{límite central} = p = 0,064$$

$$\text{límite inferior} = p - 3 \times \sqrt{p(1-p)/n}$$

$$\text{límite inferior} = 0,064 - 3 \times \sqrt{\frac{0,064(1-0,064)}{806}} = 0,04$$

Otro indicador:

$$\% \text{ de calidad} = \frac{\text{producto suministrado} - \text{producto defectuoso}}{\text{producto suministrado}}$$

$$\% \text{ de calidad} = \frac{(806) - (806 \times 0,06)}{806} = 0,94\%$$

Se trabaja con estos indicadores que son los límites (superior, central e inferior) y también con el porcentaje de calidad, para la causa de productos defectuosos, esto nos indica que actualmente el proceso de pavonado tenemos el 0,94% de calidad en los ejes de trapecio, lo cual con la propuesta de los ejes de trapecio se mejorara este indicador mediante un diseño de un sistema automatizado en el proceso de pavonado.

❖ **Impacto económico:**

A través de las observaciones realizadas (ver tabla 12 y 13), se muestra en la tabla 14, la cantidad de producto defectuoso que se genera y el impacto económico que esta obtiene al generar los productos defectuosos.

Tabla 22: Cantidad de productos defectuosos generados en el 2015.

MES	PRODUCCIÓN DE EJES DE TRAPECIO PAVONADOS (und/mes)	EJES DE TRAPECIO PAVONADOS DEFECTUOSOS (und/mes)	PRODUCCIÓN REAL DE EJES DE TRAPECIO (und)
AÑO 2015			
Enero	20 955	1 257	19 698
Febrero	20 955	1 250	19 705
Marzo	20 955	1 250	19 705
Abril	20 955	1 245	19 710
Mayo	20 955	1 250	19 705
Junio	20 955	1 255	19 700
Julio	20 955	1 255	19 700
Agosto	20 955	1 258	19 697
Septiembre	20 955	1 257	19 698
Octubre	20 955	1 251	19 704
Noviembre	20 955	1 248	19 707
Diciembre	20 955	1 255	19 700

Fuente: La Empresa "Fabrication Technology Company S.A.C."

Tabla 23: Cantidad de productos defectuosos generados en el 2016.

MES	PRODUCCIÓN DE EJES DE TRAPECIO PAVONADOS (und/mes)	EJES DE TRAPECIO PAVONADOS DEFECTUOSOS (und/mes)	PRODUCCIÓN REAL DE EJES DE TRAPECIO (und)
AÑO 2016			
Enero	20 955	1 254	19 701
Febrero	20 955	1 256	19 699
Marzo	20 955	1 258	19 697
Abril	20 955	1 250	19 705
Mayo	20 955	1 255	19 700
Junio	20 955	1 255	19 700
Julio	20 955	1 258	19 697
Agosto	20 955	1 257	19 698
Septiembre	20 955	1 255	19 700
Octubre	20 955	1 259	19 696
Noviembre	20 955	1 260	19 695
Diciembre	20 955	1 257	19 698
TOTAL		15 074	

Fuente: La Empresa "Fabrication Technology Company S.A.C."

La tabla 22 y 23, nos muestra la producción de ejes de trapecio, así mismo los ejes de trapecio defectuosos la cual se determinó a través de las observaciones realizadas (ver tabla 16 a la 21), con el cual se obtiene la producción real. Luego obtenemos el total de los productos defectuosos en el 2016 para posteriormente sacar el margen de la pérdida que se obtiene.

$$Produccion = \frac{540 \text{ mint/día}}{\frac{8 \text{ minutos}}{12 \text{ unid}}} = 806 \text{ unid/día}$$

La producción diaria es de 806 unidades trabajando 9 h/día es decir 540 min/día lo que viene ser una producción de 20 955 unidades mensuales tomando 26 días de trabajo al mes.

El costo unitario del producto (eje de trapecio) es de 2,50 soles/unidas el cual tomando los datos del 2016 la empresa tiene una pérdida de:

$$pérdidas = 15\,074 \times 2,5 = S/. 37\,685$$

Causa 4: Reproceso de productos

❖ **Evidencias:** el operario encargado del proceso de pavonado debe estar capacitado en el uso de los hornos con el que trabaja a altas temperaturas. Para una persona que realiza su trabajo con experiencia empírica, realizar el proceso de pavonado puede ser algo rutinario, y por ser rutinario y con la experiencia empírica, siempre cometerá los mismos errores, errores donde el operario se olvida o no tiene el control del tiempo de proceso, o también el mal control de la temperatura el cual genera que el producto salga defectuoso y pasan a ser reprocesados.

La empresa trabaja 1 turno, de 8 am a 6pm, con un descanso de 1 hora (1 pm a 2 pm) En caso se requiera mayor volumen de producción, se trabajan horas extras. No se terceriza en ninguno de los casos la elaboración de los productos.

Para la obtención de datos se registró ver tabla 22 y 23 las unidades pavonadas mensualmente. Debido a errores por parte del operario, ya sea en el manejo de los tiempos del proceso y/o en el mal control de la temperatura del horno, se obtienen productos defectuosos, es decir que el eje de trapecio debe tener un color negro azulado en su totalidad y no presentar partes blancas o donde se vea el material de origen como se puede observar en la figura 18; entonces si presentan ese tipo de características se puede decir que ese producto es defectuoso. Así mismo los ejes de trapecio que no obtengan el pavonado en su totalidad como se muestra en la figura 16 estos productos se pueden volver a reprocesar pero esto conlleva a un costo el cual será detallado en el impacto económico de esta causa, estas unidades defectuosas son detectadas en la inspección que se realiza unidad por unidad al terminar de pavonar las piezas.



Figura 18: pernos a reprocesar.
Fuente: la empresa

Las piezas defectuosas son reprocesadas después que el personal acaba su jornada laboral, teniendo que pagar horas extras al personal, teniendo este un costo de 6 soles la hora de trabajo. Esto genera un costo adicional a la empresa lo cual puede ser tomado como perdida ya que este costo no interviene en el momento de sacar su precio unitario del producto.

Tabla 24: Cantidad de Ejes De Trapecio a Reprocesar Año 2015.

AÑO	MES	PRODUCCIÓN DE EJES DE TRAPECIO PAVONADOS (und/mes)	PERNOS A REPROCESAR (und/mes)	CATIDAD DE OPERARIOS REQUERIDOS	COSTO DE MANO DE OBRA (soles/h)
2015	Enero	20955	1257	1	6
	Febrero	20955	1250	1	6
	Marzo	20955	1250	1	6
	Abril	20955	1245	1	6
	Mayo	20955	1250	1	6
	Junio	20955	1255	1	6
	Julio	20955	1258	1	6
	Agosto	20955	1259	1	6
	Septiembre	20955	1257	1	6
	Octubre	20955	1251	1	6
	Noviembre	20955	1248	1	6
	Diciembre	20955	1255	1	6
TOTAL		20955	15035	1	6

Fuente: Fabrication Technology Company S.A.C.

Tabla 25: Cantidad de Ejes De Trapecio a reprocesar año 2015.

AÑO	MES	PRODUCCIÓN DE EJES DE TRAPECIO PAVONADOS (und/mes)	PERNOS A REPROCESAR (und/mes)	CATIDAD DE OPERARIOS REQUERIDOS	COSTO DE MANO DE OBRA (soles/h)
2016	Enero	20955	1254	1	6
	Febrero	20955	1256	1	6
	Marzo	20955	1258	1	6
	Abril	20955	1250	1	6
	Mayo	20955	1255	1	6
	Junio	20955	1255	1	6
	Julio	20955	1258	1	6
	Agosto	20955	1257	1	6
	Septiembre	20955	1255	1	6
	Octubre	20955	1259	1	6
	Noviembre	20955	1260	1	6
	Diciembre	20955	1257	1	6
TOTAL		20955	15074	1	6

Fuente: Fabrication Technology Company S.A.C.

La tabla 24 y 25, nos muestra la cantidad de pernos que se reprocesan mensualmente, la cantidad de operarios que se requieren en el proceso que es de 1 operario y el costos de mano de obra el cual es un dato de la empresa (ver tabla 6), el cual esto generará un costo adicional a la empresa por volver a pavonar los ejes defectuosos.

Esto se obtiene a causa de no contar con un sistema automatizado en el proceso de pavonado y también por el mal control que realizan los operarios en determinar la temperatura adecuada para el posible acabado del perno, lo cual conlleva a que el material no tenga un tratamiento térmico homogéneo el cual hace que se obtengan productos defectuosos y reprocesarlos.

Nombre del indicador: % de productos a reprocesar

$$\% \text{ productos a reprocesar} = \% \text{ de productos defectuosos}$$

❖ Impacto Económico:

El reprocesar una pieza mal pavonada incurre definitivamente en un costo de reproceso. Para calcularlo, se procedió a calcular el tiempo de reproceso por unidad, y en base al pago realizado al colaborador por tiempo, se calculó dicho costo.

$$\% \text{ productos a reprocesar} = \% \text{ de productos defectuosos}$$

$$\% \text{ de producto a reprocesar} = 6\% \text{ de productos defectuosos}$$

El 6% de productos defectuosos se obtienen del indicador mostrado anteriormente en la causa número 3, lo que nos quiere decir que el 6% se reprocesará por ser producto defectuoso.

Además de tener en cuenta que el tiempo de ciclo del proceso de pavonado es de 8 minutos un total de 480 segundos el cual se obtuvo en la tabla 6 después de realizar las observaciones, y considerando que el pago realizado al colaborador por hora es de 6 soles, se presenta en la tabla 19 y 20 el costo de reproceso durante el año 2015 y del 2016.

Tabla 26: Costo de Reproceso en el periodo enero-junio del 2015

AÑO	2015						
MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL
UNIDADES REPROCESADAS	1257	1250	1250	1245	1250	1255	7507
CAPACIDAD DEL HORNO (und)	12	12	12	12	12	12	12
NUMERO DE REPROCESOS	104.75	104.17	104.17	103.75	104.17	104.58	626
TIEMPO DE CICLO (8 mint)	8	8	8	8	8	8	8
TIEMPO TOMADO EN REPROCESO (mint)	838.00	833.33	833.33	830.00	833.33	836.67	5005
TIEMPO DE REPROCESO EN HORAS	13.97	13.89	13.89	13.83	13.89	13.94	84
COTOS DE MANO DE OBRO POR HORAS	6	6	6	6	6	6	6
DINERO INVERTIDO EN REPROCESO (soles)	83.80	83.33	83.33	83.00	83.33	83.67	S/.504

Fuente: la empresa.
Elaboración: propia.

En la tabla 26, nos muestra la cantidad total de piezas reprocesadas en el periodo de enero-junio, así mismo la capacidad del horno el cual está determinado en las observaciones realizadas (ver anexo 1-5) y el costo por horas que se le paga al operario el cual es dato de la empresa (ver tabla 7), el tiempo invertido en reprocesar dicha cantidad, con lo cual nos permite sacar el costo que se tiene para reprocesar esa cantidad de piezas en el periodo enero. Junio. A continuación se muestra como se ha obtenido dichas cantidades.

- **Total de piezas a reprocesar:** 7507 piezas
- **Numero de reprocesos:** 626 veces
- **Costo de mano de obra por hora:** 6 soles
- **Tiempo de ciclo:** 8 minutos

$$\text{tiempo total invertido} = 8 \times 626 = 5008 \text{ minutos}$$

$$\text{tiempo invertido en horas} = \frac{5008 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 84 \text{ horas}$$

$$\text{dinero invertido} = 6 \times 84 \text{ h} = \text{S/} 504$$

Este es el dinero invertido en reprocesos en el periodo enero-junio de año 2015.

Tabla 27: costo de Reproceso en el periodo julio-diciembre del 2015

AÑO	2015						
MES	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOVI	DIC	TOTAL
UNIDADES REPROCESADAS	1 255	1 258	1 257	1 251	1 248	1 258	7 527
CAPACIDAD DEL HORNO (und)	12	12	12	12	12	12	12
NUMERO DE REPROCESOS	104.58	104.83	104.75	104.25	104.00	104.83	628
TIEMPO DE CICLO (8 min)	8	8	8	8	8	8	8
TIEMPO TOMADO EN REPROCESO (min)	836.67	838.67	838.00	834.00	832.00	838.67	5018.00
TIEMPO DE REPROCESO EN HORAS	13.94	13.98	13.97	13.90	13.87	13.98	84
COTOS DE MANO DE OBRO POR HORAS	6	6	6	6	6	6	6
DINERO INVERTIDO EN REPROCESO (soles)	83.67	83.87	83.80	83.40	83.20	83.87	S/. 504

En la tabla 27, nos muestra la cantidad total de piezas reprocesadas en el periodo de julio-diciembre, así mismo la capacidad del horno el cual está determinado en las observaciones realizadas (ver anexo 1-5) y el costo por horas que se le paga al operario el cual es dato de la empresa (ver tabla 7), el tiempo invertido en reprocesar dicha cantidad, con lo cual nos permite sacar el costo que se tiene para reprocesar esa cantidad de piezas en el periodo julio-diciembre.

A continuación se muestra como se ha obtenido dichas cantidades.

- **Total de piezas a reprocesar:** 7527 piezas
- **Numero de reprocesos:** 628 veces
- **Costo de mano de obra por hora:** 6 soles
- **Tiempo de ciclo:** 8 minutos

$$\text{tiempo total invertido} = 8 \times 628 = 5024 \text{ minutos}$$

$$\text{tiempo invertido en horas} = \frac{5024 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 84 \text{ horas}$$

$$\text{dinero invertido} = 6 \times 84 \text{ h} = \text{S/} 504$$

Este es el dinero invertido en reprocesos en el periodo julio- diciembre de año 2015.

Tabla 28: Costo de Reproceso en el periodo enero-junio del 2016.

AÑO	2016						
MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL
UNIDADES REPROCESADAS	1 254	1 256	1 258	1 250	1 255	1 255	7 528
CAPACIDAD DEL HORNO (und)	12	12	12	12	12	12	12
NUMERO DE REPROCESOS	104.50	104.67	104.83	104.17	104.58	104.58	628
TIEMPO DE CICLO (8 min)	8	8	8	8	8	8	8
TIEMPO TOMADO EN REPROCESO (min)	836.00	837.33	838.67	833.33	836.67	836.67	5 019
TIEMPO DE REPROCESO EN HORAS	13.93	13.96	13.98	13.89	13.94	13.94	84
COTOS DE MANO DE OBRO POR HORAS	6	6	6	6	6	6	6
DINERO INVERTIDO EN REPROCESO (soles)	83.60	83.73	83.87	83.33	83.67	83.67	S/.504

En la tabla 28, nos muestra la cantidad total de piezas reprocesadas en el periodo de enero-junio, así mismo la capacidad del horno el cual está determinado en las observaciones realizadas (ver anexo 1-5) y el costo por horas que se le paga al operario el cual es dato de la empresa (ver tabla 7), el tiempo invertido en reprocesar dicha cantidad, con lo cual nos permite sacar el costo que se tiene para reprocesar esa cantidad de piezas en el periodo enero-junio del 2016.

A continuación, se muestra como se ha obtenido dichas cantidades.

- **Total, de piezas a reprocesar:** 7528 piezas
- **Numero de reprocesos:** 628 veces
- **Costo de mano de obra por hora:** 6 soles
- **Tiempo de ciclo:** 8 minutos

$$\begin{aligned} \text{tiempo total invertido} &= 8 \times 628 = 5024 \text{ minutos} \\ \text{tiempo invertido en horas} &= \frac{5024 \text{ mint}}{60 \text{ min}} = 84 \text{ horas} \end{aligned}$$

$$\text{dinero invertido} = 6 \times 84 \text{ horas} = S/. 504$$

Este es el dinero invertido en reprocesos en el periodo enero-junio de año 2016.

Tabla 29: costo de reproceso en el periodo julio-diciembre del 2016

AÑO	2016						
MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTA
UNIDADES REPROCESADAS	1258	1257	1255	1259	1260	1257	7546
CAPACIDAD DEL HORNO (und)	12	12	12	12	12	12	12
NUMERO DE REPROCESOS	104.83	104.75	104.58	104.92	105.00	104.75	629
TIEMPO DE CICLO (8 mint)	8	8	8	8	8	8	8
TIEMPO TOMADO EN REPROCESO (mint)	838.67	838.00	836.67	839.33	840.00	838.00	5031
TIEMPO DE REPROCESO EN HORAS	13.98	13.97	13.94	13.99	14.00	13.97	83.84
COTOS DE MANO DE OBRO POR HORAS	6	6	6	6	6	6	6
DINERO INVERTIDO EN REPROCESO (soles)	83.87	83.80	83.67	83.93	84.00	83.80	503.07

En la tabla 29, nos muestra la cantidad total de piezas reprocesadas en el periodo de julio-diciembre, así mismo la capacidad del horno el cual está determinado en las observaciones realizadas (ver anexo 1-5) y el costo por horas que se le paga al operario el cual es dato de la empresa (ver tabla 7), el tiempo invertido en reprocesar dicha cantidad, con lo cual nos permite sacar el costo que se tiene para reprocesar esa cantidad de piezas en el periodo enero-junio del 2016.

A continuación, se muestra como se ha obtenido dichas cantidades.

- **Total de piezas a reprocesar:** 7546 piezas
- **Numero de reprocesos:** 629 veces
- **Costo de mano de obra por hora:** S/. 6,00
- **Tiempo de ciclo:** 8 minutos

$$\begin{aligned} \text{tiempo total invertido} &= 8 \times 629 = 5032 \text{ minutos} \\ \text{tiempo invertido en horas} &= \frac{5032 \text{ mint}}{60 \text{ min}} = 84 \text{ horas} \end{aligned}$$

$$\text{dinero invertido} = 6 \times 84 \text{ h} = \text{S/. } 504$$

Este es el dinero invertido en reprocesos en el periodo julio-diciembre de año 2016.

Tabla 30: resumen de impacto económico

TABLA DE RESUMEN DE IMPACTO ECONÓMICO		
AÑO	PERIODO	IMPACTO ECONÓMICO
2015	enero-junio	S/. 504,00
	julio-diciembre	S/. 504,00
TOTAL		S/. 1 008,00
2016	enero-junio	S/. 504,00
	Julio-diciembre	S/. 504,00
TOTAL		S/. 1 008,00

Elaboración: propia.

La tabla 30, nos muestra el impacto económico de S/. 1 008,00 que tiene la empresa al reprocesar los productos defectuosos, lo cual se obtiene por no tener un sistema automatizado en el proceso de pavonado.

C. MATERIAL

❖ Casa 5: exceso de uso de gas por reproceso.

❖ **Evidencias:** para este caso determinaremos en excedente que se tiene de consumo de gas por el reproceso de ejes de trapecio defectuosos, el cual le produce un costo adicional a la empresa a la hora de reprocesarlos, la empresa utiliza un balón de gas de 45 kg, el cual tiene un costo de 180 soles cada balón de gas, la cual es utilizada en el proceso de pavonado de los ejes de trapecio.



Figura19: balón de gas.

Fuente: La empresa

El proceso de pavonado al no contar con un sistema automatizado, no cuenta con un control a la hora de abrir y cerrar las válvulas que accionan en paso de del gas hacia el horno. Por lo cual hace que no se tenga un control adecuado o es decir la cantidad exacta de lo que se utiliza para el proceso de pavonado

A través de las observaciones realizadas en los procesos de pavonado (ver tabla 24) se ha determinado la duración del gas por balón y las cantidades de ejes de trapecio que procesa en el proceso de pavonado.

Tabla 31: Promedio de Ejes de Trapecios procesados por cada balón de gas consumido

FECHA	Nº DE OBSERVACIONES	NUMERO DE EJES DE TRAPECIO	BALONES DE GAS CONSUMIDOS
15/08/2016	1	1 800	1
18/08/2016	2	1 860	1
20/08/2016	3	1 920	1
24/08/2016	4	1 824	1
29/08/2016	5	1 956	1
03/09/2016	6	1 848	1
06/09/2016	7	1 896	1
09/09/2016	8	1 872	1
15/09/2016	9	1 908	1
21/09/2016	10	1 932	1
27/09/2016	11	1 836	1
05/10/2016	12	1 800	1
13/10/2016	13	1 824	1
19/10/2016	14	1 896	1
27/10/2016	15	1 908	1
04/11/2016	16	1 848	1
10/11/2016	17	1 920	1
15/11/2016	18	1 860	1
21/11/2016	19	1 860	1
23/11/2016	20	1 872	1
PROMEDIO		1 872	1

Fuente: la empresa.

En la tabla 31, se muestra la cantidad de pernos que se pueden procesar en el horno utilizando un balón de gas, con lo cual tenemos un promedio de 1872 ejes de trapecio que se procesan utilizando un balón de gas.

Para esta causa tenemos como indicador:

$$\begin{aligned}
 & \text{costo por exceso de consumo de gas} \\
 & = \text{costo del balón de gas} \\
 & \times n^\circ \text{ de balones de gas consumidos}
 \end{aligned}$$

❖ **Impacto económico:**

Para realizar el impacto económico se parte de la obtención de los productos que se reprocesan mensualmente (ver tabla 25), con lo cual añadimos el costo por balón de gas para determinar el impacto económico que se obtiene por el exceso consumo de gas en el reproceso de ejes de trapecio.

Tabla 32: Promedio de Ejes de Trapecios procesados por cada balón de gas consumido

AÑO	MES	PERNOS A REPROCESAR (und/mes)
2015	Enero	1 257
	Febrero	1 250
	Marzo	1 250
	Abril	1 245
	Mayo	1 250
	Junio	1 255
	Julio	1 258
	Agosto	1 259
	Septiembre	1 257
	Octubre	1 251
	Noviembre	1 248
	Diciembre	1 255
total		15 035
2016	Enero	1 254
	Febrero	1 256
	Marzo	1 258
	Abril	1 250
	Mayo	1 255
	Junio	1 255
	Julio	1 258
	Agosto	1 257
	Septiembre	1 255
	Octubre	1 259
	Noviembre	1 260
	Diciembre	1 257
total		15 074

Fuente: La Empresa “Fabrication Technology Company S.A.C.”

La tabla 32, nos muestra los ejes de trapecio que salen defectuosos mensualmente los cuales se obtuvieron en las observaciones realizadas de las tabla 16 al 21, las cuales estas serán las que se reprocesaran mensualmente, con ello determinaremos el costo adicional que tienen la empresa por el exceso de consumo de gas por el reproceso de los ejes de trapecio.

Teniendo como dato el promedio de 1872 ejes de trapecio se consume 1 balón de gas obtenido en la tabla 31 hallamos:

- ❖ Ejes a reprocesar= 15 074 ejes (tabla 32)
- ❖ Promedio de ejes= 1 872 ejes (tabla 31)

❖ Balones de gas consumidos= $15\ 074/1\ 872= 10,04 = 8$ balones de gas.

costo por exceso de consumo de gas

= costo del balon de gas

×nº de balones de gas consumidos

costo por exceso de consumo de gas = $170 \times 8 = 1\ 360$ soles

La empresa tiene un gasto en el exceso por consumos de gas al reprocesar los ejes de trapecios que salieron defectuosos de 1 360 soles.

Tabla 33: Indicadores de la situación actual de la producción

INDICADORES DE SITUACIÓN ACTUAL DE PRODUCCIÓN				
CRITERIO	CAUSA	INDICADOR	DIAGNOSTICO	DESCRIPCIÓN
MAQUINARI Y EQUIPOS	C1:maquinaria inadecuada	Porcentaje de utilización del operario $= \frac{\text{tiempo productivo del Operario}}{\text{tiempo ciclo total}}$	28%	Nos indica que el operario que el operario tiene contacto con la maquina en un 28%
		Porcentaje de utilización de máquina $= \frac{\text{tiempo productivo de la máquina}}{\text{tiempo del ciclo total}}$	72%	La máquina solo es aprovechada en un 72% de su totalidad
	C2:exceso de utilización de equipos	exceso de consumo de energía $= \frac{\text{tiempo tomado}}{\text{energía consumida}}$	82,72 soles	Por obtener productos defectuosos tenemos un costo adicional de reproceso
METODOS	C3:productos defectuoso	$\text{límite superior} = p + 3 \times \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$	9 %	Límite superior de productos defectuoso
		$\text{límite central} = p$	6%	Limite central que actualmente tiene la empresa

Elaboración: propia.

Tabla 34: Indicadores de la situación actual de la producción

INDICADORES DE SITUACIÓN ACTUAL DE PRODUCCIÓN				
CRITERIO	CAUSA	INDICADOR	DIAGNOSTICO	DESCRIPCIÓN
METODOS	C3: productos defectuoso	$\text{límite inferior} = p - 3 \times \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$	6%	Límite inferior nos indica el mínimo de productos defectuosos que se podría tener con el sistema actual
		$\% \text{ de calidad} = \frac{\text{producto suministrado} - \text{producto defectuoso}}{\text{producto suministrado}}$	94%	Eficiencia del horno para producir productos no defectuosos
	C4: reproceso de productos	$\% \text{ productos a reprocesar} = \% \text{ de productos defectuosos}$	6%	Esto no indica el porcentaje de productos defectuosos que se tiene actualmente
MATERIALES	C5: exces de consumo de gas	costo por exceso de consumo de gas = costo del balón de gas × nº de balones de gas consumidos	1 360 soles	Por tener productos defectuosos tenemos una utilización en exceso de gas para poder reprocesarlos

Elaboración: propia.

Tabla 35: Indicadores de la situación actual de la producción

CAUSAS	IMPACTO ECONÓMICO (soles)
C1: maquinaria impropcedente	S/. 274 028,39
C2: exceso de utilización de equipos	S/. 132,99
C3: productos defectuosos	S/. 37 685,00
C4: reprocesos de productos	S/. 1 008,00
C5: exceso en consumo de gas	S/. 1 360,00
TOTAL	S/. 314 214,38

Elaboración: propia.

La tabla 35, nos muestra un resumen del impacto económico que tiene la empresa cual es generada por las causas encontradas a través del problema problemas diagnosticados anteriormente; así mismo cabe mencionar que se tomaron como datos de los años 2016 para obtener el impacto económico.

Para darle solución al problema que tiene la empresa a continuación se realiza el diseño de un sistema automatizado en la etapa de pavonado.

3.4. DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

De acuerdo a los datos obtenida en el diagnostico por causas, se formula la propuesta de automatización en el proceso de pavonado como solución a las cusas diagnosticadas anteriormente.

El diseño del sistema automatizado en el proceso de pavonado a proponer, busca a corregir los impactos negativos generados por el diseño del proceso de pavonado.

En este punto se realizara el diseño ideal y los diferentes equipos, materiales y/o accesorios adecuados para diseñar el prototipo ideal de un horno automatizado para el proceso de pavonado, los cuales se describen a continuación:

3.4.1. DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DEL PROCESO DE PAVOANDO.

3.4.1.1. DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE.

A continuación, se realizará el diseño y cálculo del sistema de transporte, este sistema está compuesto por la faja transportadora y el motor el cual detallaremos a continuación.

La faja transportadora iniciara desde donde se hace el roscado del perno el final del horno de tratamiento térmico.

a) Faja transportadora.

El tratamiento térmico de aceros y fundiciones es un proceso de producción que consiste en un conjunto de operaciones de calentamiento y enfriamiento, bajo condiciones controladas de temperatura, velocidad, tiempo y presión, de los metales o las aleaciones en estado sólido, con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas.

Este tipo de proceso de producción permite mejorar de forma considerable la dureza, la resistencia y la elasticidad de los materiales metálicos tratados. Las Cintas utilizadas para este tipo de procesos están fabricadas principalmente con:

- ✦ **AISI 330 / 37-18 / 1.4864:** Material resistente a la corrosión y a altas temperaturas, ofrece una alta resistencia mecánica y a la carburización.

Puede trabajar a temperaturas de hasta 1160°C. La propiedad principal de este material es que permanece austenítico durante el rango de temperaturas de las fase sigma (750°C-850°C) y soporta durante un tiempo prolongado la formación de esta fase.

Para este proyecto utilizaremos un cinta transportadora metálica para tratamiento térmico (**AISI 330 / 37-18 / 1.4864**) la cual está dentro de las características que se necesita para el proyecto.

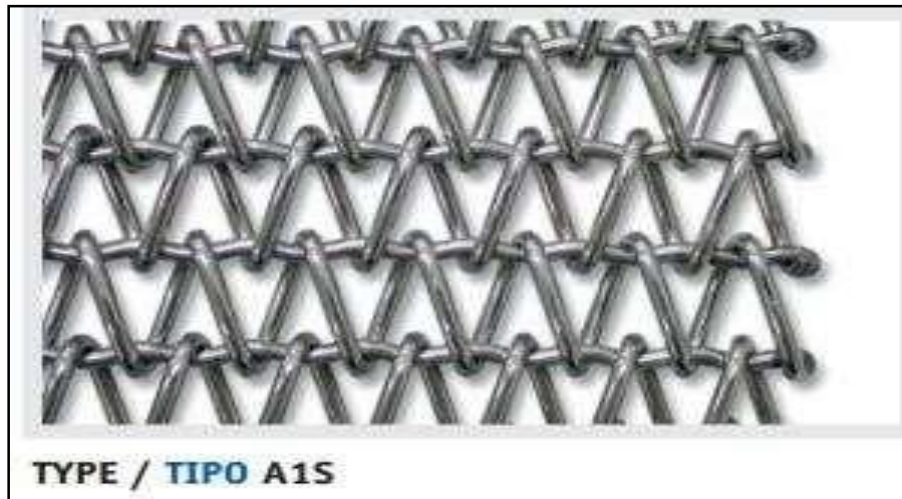


Figura 20: cinta transportadora metálica.
Fuente: CAMBRIDGE engineered solutions.

Esta cinta transportadora permitirá el paso de la llama para que se puedan calentar los pernos uniformemente tanto en la parte superior como inferior y así llegar a que los pernos tomen una temperatura homogénea.

A. Características de la faja.

TABLA 36: Ficha técnica de faja metálica.

NOMBRE	FAJA TRANSPORTAORA METALICA
TIPO	A15
TEMPERATURA DE EJECUCION	-40 °c / 1300 °
MATERIAL	ACERO REFRACTARIO
MODELO	AISI 330
CODIGO	1.4864
LARGO	3 M
ANCHO	35 CM
COEFICIENTE DE FRICCÓN	0.4
UTILIZACIÓN	Tratamientos térmicos en continuo como el endurecimiento, soldadura fuerte, recocido y revenido, temple

Fuente: CODINA.

Hallaremos la velocidad de faja:

Como será una producción por lote, la empresa necesita un lote de 30 000 pernos al mes para cubrir la demanda mensual la cual la podemos observar en la tabla 9 y 10, como se ve la demanda varía mensualmente entre 28 000 y 30 000 unidades al mes ; para este proyecto utilizaremos la mayor demanda que es de 30 000 und para poder cubrir la totalidad entonces tenemos:

Producción mínima que se tendría al día teniendo en cuenta que se trabaja 26 días al mes es de 1 154 pernos con que calculamos la velocidad.

$$\text{producción: } \frac{1\,154 \text{ pernos}}{480 \text{ minutos}} = 2,4 \frac{\text{pernos}}{\text{minuto}}$$

$$\text{velocidad=} 2,4 \frac{\text{Pernos}}{\text{minuto}} \times 3 \text{ metros} = 7,3 \text{ m / mint}$$

- **Capacidad de carga:**

Largo de faja: 3 metros

Peso de 1 perno: 236,25 g

Para su mejor tratamiento térmico de los pernos se ubicaran 7 pernos de forma horizontal lo cual en un espacio de 3 metros de largo alcanzarían 49 pernos en una distribución equitativa y su capacidad será:

$$C_c = 49 \text{ pernos} \times 236,25 \text{ gr} = 11\,576,25 = 11,57 \text{ kg}$$

b) Cálculo de potencia del Motor.

El motor que se utilizará para este proyecto permitirá accionar los rodillos que en consecuencia harán girar la faja transportadora. Para obtener las características de motor que utilizaremos es necesario realizar el cálculo adecuado y poder determinar sus características. Hallamos el siguiente cálculo:

- Para calcular la potencia del motor tenemos los siguientes datos:
- Peso de banda: $2 \text{ kg/m}^2 = 1,8 \text{ kg/M} = 1,21 \text{ lb/p} = 47,64 \text{ lb}$
- Peso de carga: $11,57 \text{ kg} = 25,75 \text{ lb}$

- Coeficiente de fricción: 0.4
- Velocidad: 4.8 m/mint = 157,48 pies/mint

$$HP = \frac{(W + w)(f)(v)}{33000}$$

Dónde:

W= peso de carga
w= peso de banda

F= coeficiente de fricción
V= velocidad

$$HP = \frac{(47,64 \text{ lb} + 2550,75 \text{ lb})(0,4)(157,48 \frac{\text{pies}}{\text{mint}})}{33000}$$

$$HP = 4,38 \cong 5 \text{ HP}$$

Hallando su rpm:

$$RPM = \frac{120 \cdot F}{P}$$

$$RPM = \frac{120 \cdot 60 \text{ H}}{2} = 3600$$

Con los cálculos realizados obtenemos que para este proyecto se necesite un motor de 5 HP como se muestra en la figura 27.



Figura 21: Motor Trifásico De 5 Hp
Fuente: EDIPESA.

Tabla 37: ficha técnica del motor trifásico

FICHATECNICA	
PRODUCTO	motor trifásico jaula de ardilla
HP	5
POLOS	2
VOLTIOS	230/460
CORRIENTE	Alterna
EFICIENCIA NOMINAL	88,5%
FACTOR DE POTENCIA	88,2%
TORQUE	7,5
PESO	49 kg
VOLTAJE	220/440
FRECUENCIA	60Hz
AISLAMIENTO	clase f
COSTO	S/. 1 200,00

Elaboración: propia
Fuente: EDIPESA.

c) Diseño del sistema del movimiento.

Para este sistema se necesita una sincronización entre la velocidad de giro y el tratamiento térmico a los pernos (temperatura). Ya que para dar tratamiento térmico a los pernos se necesita un horno que llegue a una temperatura de 800°C.

El sistema de movimiento es realizado mediante un motor asíncrono trifásico de 5HP. El motor para su funcionamiento trabaja con un contactor LCD1D25 Telemecanique. Con una llave termo magnética trifásica MELIN GERIN de 2X10A y un relé térmico de LRDO8.

A continuación, se presenta el arranque directo del motor trifásico en donde se detalla el sistema de conexión de esquema de fuerza y el de mando.

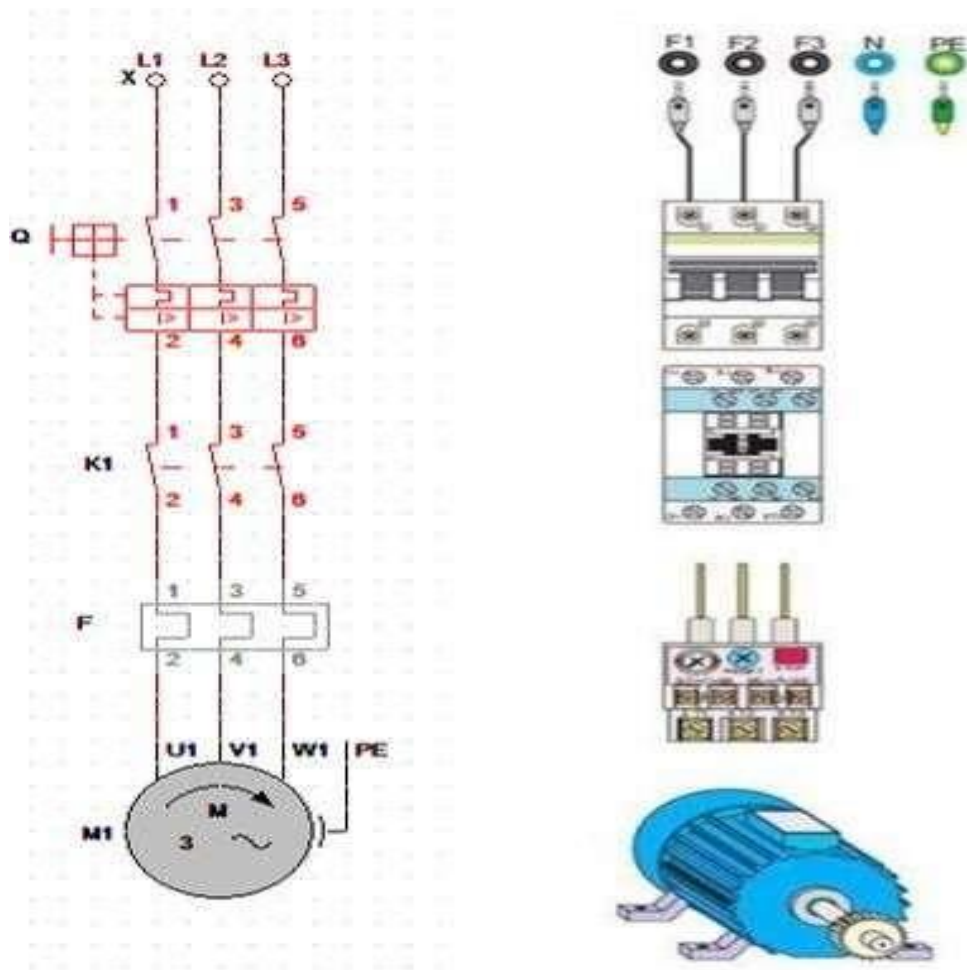


Figura 22: circuito de fuerza.

La figura 20 representa el sistema de fuerza del arranque directo del motor trifásico que utilizaremos para este proyecto.

d) Dispositivos eléctricos a utilizar.

Para este proyecto se necesitarán dispositivos eléctricos como llave termo magnética, relé térmico, contactores; los cuales darán la protección al sistema por cualquier mal funcionamiento o por alguna alza eléctrica.

Así mismo debemos determinar que dispositivos electrónicos son los adecuados para dar la protección necesaria al sistema; para ello realizaremos los cálculos para determinar los dispositivos electrónicos a utilizar.

- **Hallamos la intensidad del motor:**

$$\text{Potencia del motor} = 5 \text{ Hp} = 3730 \text{ W}$$

Corriente:
$$I = \frac{POTENCIA}{1,73 \times V \times FP \times EF}$$

$$I = \frac{3730}{1,73 \times 380 \times 0,80} = 7,1 A$$

Corriente de arranque:

$$I_a = 7,1 \times 1,25 = 8,9 A$$

Cálculo del calibre del conductor requerido para un motor de 5 HP:

Como ya tenemos la corriente de arranque se calcula de la siguiente manera:

$$calibre = I_a \times 1,25$$

$$calibre = 8,9 A \times 1,25 = 11,13 A$$

Para una corriente de 11,13 A se recomienda utilizar el conductor THW del número 14.

Calculamos el relé térmico:

$$I_{rele} = I \times FS$$

$$I_{rele} = 7,1 \times 1,15 = 8,2 A$$

Calculamos el interruptor termo magnético:

$$I_{llave T.} = I \times FS$$

$$I_{llave T.} = 7,1 \times 1,35 = 9,6 A$$

Entonces para este sistema necesitaremos:

- ❖ Relé térmico: 8A
- ❖ Contactador: 12 A – AC
- ❖ Llave termomagnética: 10A
- ❖ Conductor (calibre): CABLE THW 14 AWG

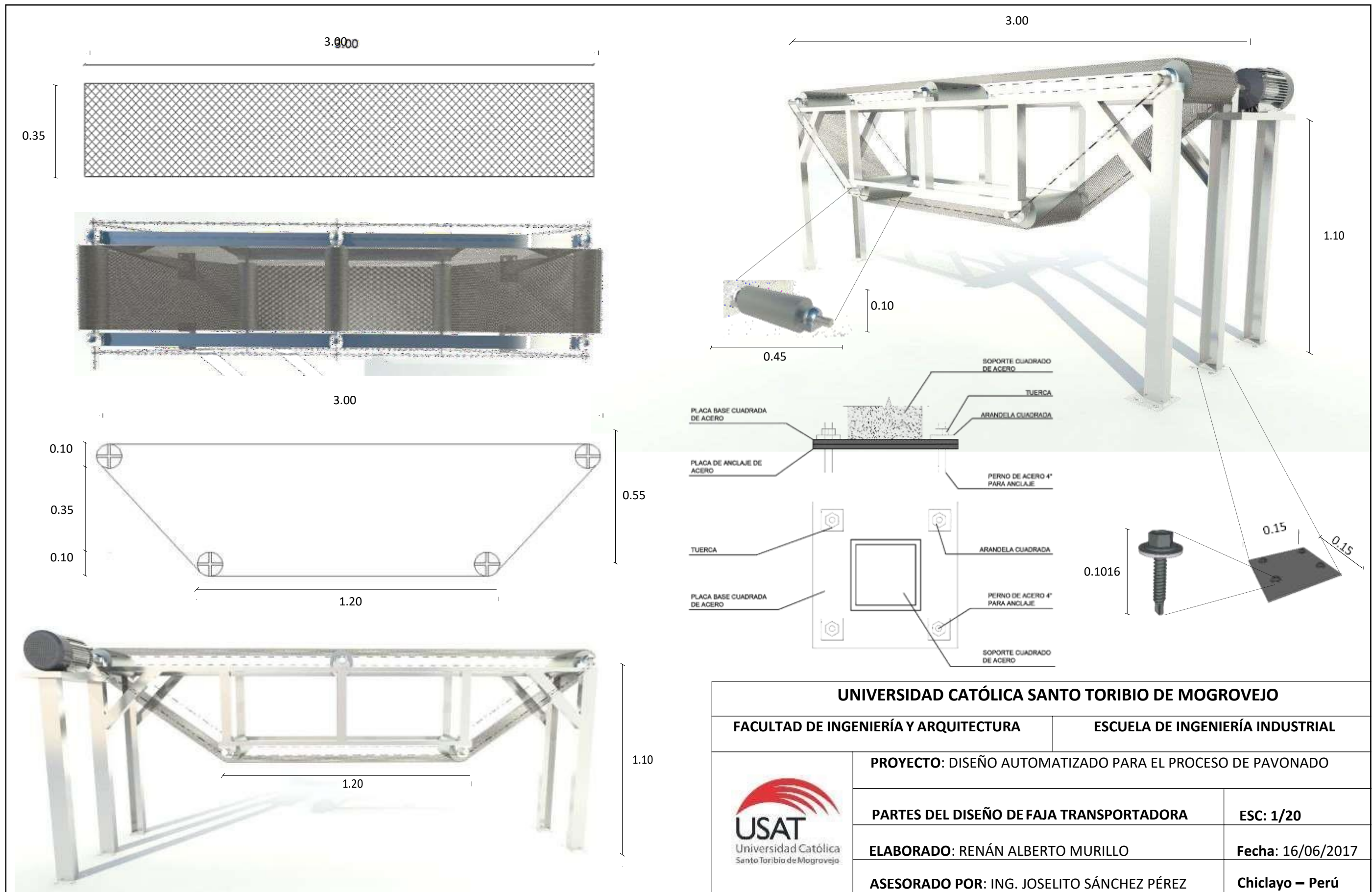



Figura 23: diseño de faja transportadora.

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO		
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
PROYECTO: DISEÑO AUTOMATIZADO PARA EL PROCESO DE PAVONADO		
 <p>USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.</p>	PARTES DEL DISEÑO DE FAJA TRANSPORTADORA	ESC: 1/20
	ELABORADO: RENÁN ALBERTO MURILLO	Fecha: 16/06/2017
	ASESORADO POR: ING. JOSELITO SÁNCHEZ PÉREZ	Chiclayo – Perú

3.4.1.2. CÁLCULO Y DISEÑO DEL HORNO.

Según Aprais (2000) existen diversos tipos de hornos para tratamiento térmico; para este proyecto se utilizará un horno tipo túnel, ya que es el más adecuado y el que más asemeja las características deseadas para realizar este proyecto.

Al momento de diseñar el horno se debe tomar en cuenta ciertas consideraciones como: dimensiones de la cámara interna y externa del mismo, capacidad del horno, determinar su aire teórico y su relación aire combustible, materiales de construcción, temperatura de operación, como se detallan a continuación:

- **Capacidad del horno.**

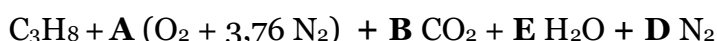
Para hallar la capacidad del horno tenemos los siguientes datos:

Largo = 1 m
Ancho = 0,35 m
Altura = 0,40 m

Teniendo una capacidad de: 0,14 m³
Entonces decimos si en 1 m³ existe 1000 L entonces tenemos que en 0,14 m³ hay 140 L
Capacidad del horno en litros es de: **140 L**

- **Aire teórico del horno:**

Para hallar el aire teórico sabemos que utilizaremos para la combustión propano (C₃H₈) y aire (21% de O y 79% de nitrógeno), hallamos lo siguiente:



$$\mathbf{C} = 1 \times 3 = \mathbf{B} \times 1 = \mathbf{B} = \mathbf{3}$$

$$\mathbf{H} = 1 \times 8 = \mathbf{E} \times 2 = \mathbf{E} = \mathbf{4}$$

$$\mathbf{O} = \mathbf{A} \times 2 = \mathbf{B} \times 2 + \mathbf{E} = \mathbf{A} = \mathbf{5}$$

$$\mathbf{N} = \mathbf{A} \times 3,76 \times = \mathbf{D} \times 2 = \mathbf{D} = \mathbf{18,8}$$



Por lo tanto la cantidad de aire teórico necesaria para la combustión es de:
 $\mathbf{5} (1 + 3,76) = 23,8 \text{ mol de aire} = 0,238 \text{ kmol de aire.}$

- **Relación aire- combustible del horno.**

Según Yunus (2009) para determinar la relación aire-combustible necesitamos la siguiente fórmula.

Dónde: n = moles

M= peso molecular

$$AC = \frac{n \text{ aire} \times M \text{ aire}}{n \text{ comb} \times M \text{ comb}}$$

$$AC = \frac{(0,238) \text{ kmol} (29) \text{ kg/kmol}}{(3) \text{ kmol} (12) \text{ kg/kmol} + (8) \text{ kmol} (2) \text{ kg/kmol}}$$

$$AC = 0,13 \text{ kg de aire}$$

Entonces necesitaremos 0,13 kg de aire para quemar 1 kg de combustible.

- **Hallamos el flujo que se necesita para llegar a la combustión.**

Como sabemos ya descrito anteriormente el horno tiene una capacidad de 0,14 m³ que equivale a 140 L; por lo tanto calcularemos el flujo que se necesita para obtener la cantidad necesaria de aire y de combustible para hacer la combustión.

Para ello necesitamos saber datos de la válvula:

Diámetro= 8mm

P1= 1BAR

Q = 500 l/min = 30m³/h

Densidad propano= 2,01kg/m³

$$m = \rho \times Q \text{ gas}$$

$$m = 2,01 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 30 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$m = 60,30 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{min}}$$

Diámetro= 8mm

P1= 1BAR

Q = 100 l/min = 6m³/h

Densidad aire = 1,28 kg/m³

$$m = \rho \times Q \text{ aire}$$

$$m = 1,28 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$m = 7,68 \frac{kg}{h} = 0,13 \frac{kg}{min}$$

Entonces para tener la relación aire/carbono que se necesita 0,13 kg de aire para quemar 1kg de carbono; se ha determinado la presión del aire y del combustible que pasara a través de las válvulas proporcionales, obteniendo que para el gas tendríamos un caudal de 500 l/min y para el aire necesitamos 100 l/min

- **Ladrillo refractario:** La cámara interna de horno estará recubierta de ladrillo refractario que permite una eficiente concentración y distribución de calor.

Los ladrillos refractarios aislantes se caracterizan por su baja densidad, lo cual les confiere una baja conductividad térmica. Esta propiedad los hace óptimas para ser empleados en hornos industriales donde el ahorro energético es una importante condición de diseño

Para este diseño se trabajara con Schemin Ladrillo Refractario 1 1/4"

Tabla 38: ficha técnica del ladrillo refractario

FICHA TECNICA	
CARACTERISTECAS	ladrillo refractario
MARCA	Schemin
DIMENSIONES	1 1/4" (10 x 20 x 30.10)
COLOR	Blanco
PESO	1.86 Kg
RENDIMIENTO	42 und/m2
USOS	ladrillos para altas temperaturas
APLICACIONES	Construcciones industriales y caseras. Para paredes y enchapes, así como revestimiento interno con el fin de soportar altas temperaturas, además de generar, transmitir y almacenar calor.
RECOMENDACIONES	Instalar el Ladrillo seco a 1 mm de junta entre ladrillos. Cuidar en la instalación el nivel y la adherencia necesaria.

Fuente: Sodimac.

3.4.1.3. Selección del Sensor de temperatura:

Como hace referencia Creus (2011), las Termocuplas son el sensor de temperatura más común utilizado industrialmente. Una Termocuplas se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente). Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño (efecto Seebeck) del orden de los milivolts el cual aumenta con la temperatura.

Los sensores de temperatura son dispositivos que transforman los cambios de temperatura en cambios en señales eléctricas que son procesados por equipo eléctrico o electrónico.

Por ejemplo, una termocupla "tipo k" está hecha con un alambre Nickel/cromo Nickel/aluminio. Al colocar la unión de estos metales a 800 °C, debe aparecer en los extremos 42.2 mili volts. (Señal emitida).



Estos datos de relación de temperatura podemos ver en los anexos.

Normalmente las termocuplas industriales se consiguen encapsuladas dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina), en un extremo está la unión y en el otro el terminal eléctrico de los cables, protegido adentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).

Una vez analizando as diferentes tipos de termocuplas mencionadas en la parte teórica de este proyecto, se ha determinado utilizar La termocupla K se usa típicamente en fundición y hornos a temperaturas menores de 1300 °C, por ejemplo fundición de cobre y hornos de tratamientos térmicos.



Figura 24: Termocupla tipo k.

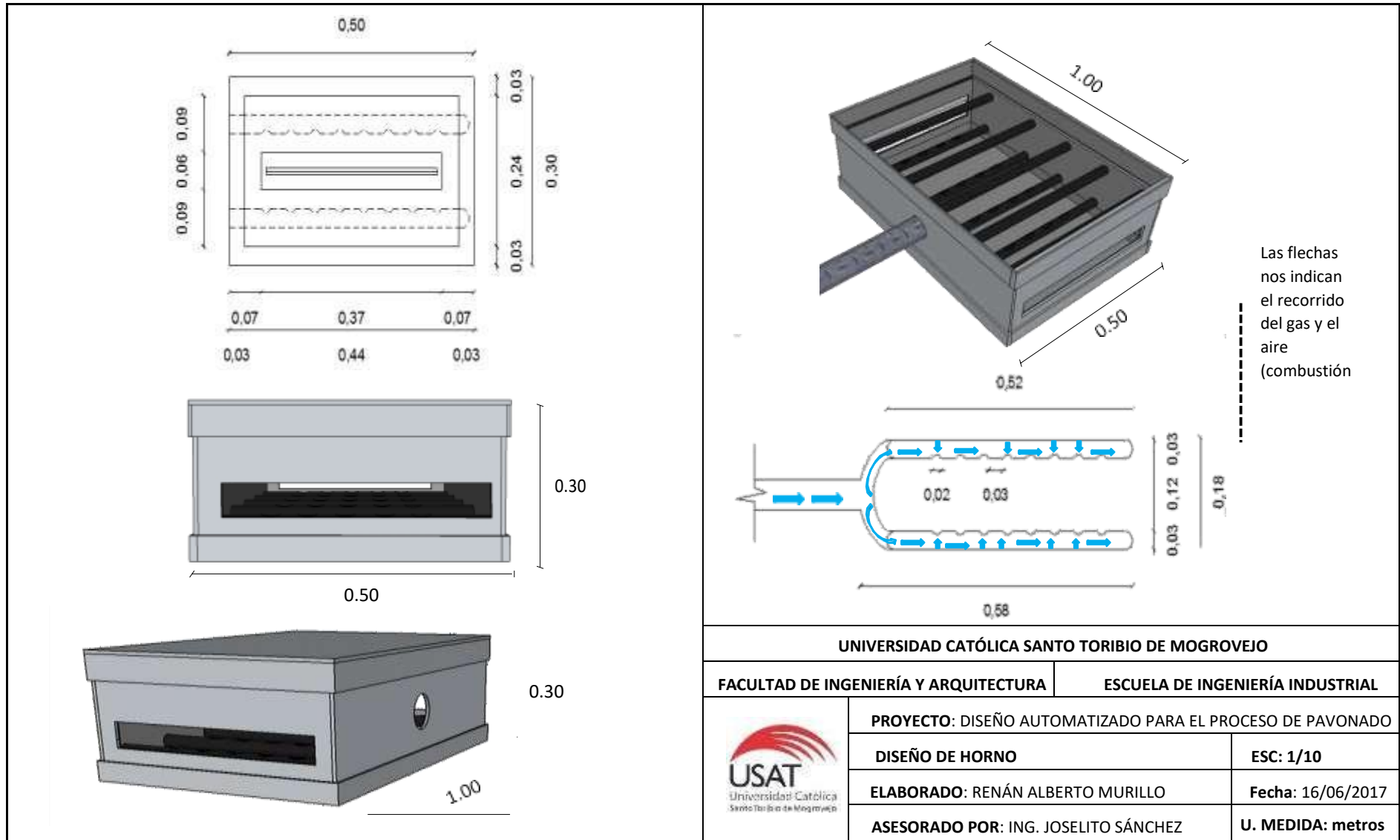


Figura 25: diseño del horno.

3.4.1.4. ANÁLISIS DETALLADO DE LOS EQUIPOS A UTILIZAR.

A. Válvulas proporcionales.

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. La válvula se mueve mediante una bobina solenoide. Generalmente no tiene más que dos posiciones: abierto y cerrado, o todo y nada. Las electroválvulas se usan en multitud de aplicaciones para controlar el flujo de todo tipo de fluidos.

Para este sistema propuesto se utilizará válvulas proporcionales como se observa en la figura 26 este tipo de válvulas es utilizada para controlar aire comprimido, gases neutros, etc., por ello este tipo de válvulas no ayudará a controlar el flujo de gas que permitirá realizar la combustión en el horno que se necesita en el proceso de pavonado la cual será controlada a través de un controlador PID. Cabe mencionar que la válvula propuesta es señal analógica.



Figura 26: válvula proporcionas VP23.

Tabla 39: Ficha técnica de válvula proporcional VP23.

FLUIDO	Aire comprimido o gases neutros filtrados a 50 μ m, no lubricados o lubricados, libre de condensados. Debido a los aditivos de los lubricantes, el uso de aire comprimido lubricado puede afectar a la dinámica y la vida útil.
FUNCIONAMIENTO	válvula de asiento de control de presión
ORIFICIO NOMINAL	8, 16 MM
PRESION DE TRABAJO	7-12-17 BAR
AJUSTE DE PRESION	0 (0,02) a 2 bar/0 (0,1) a 10 bar/0 (0,16) a 16 bar
T° DE FLUIDO	-5 a 50°C
PRECISION DE CONTROL	+ - 1,0
SEÑAL DECONTROL	4 a 20 mA

Fuente: NORGREN.

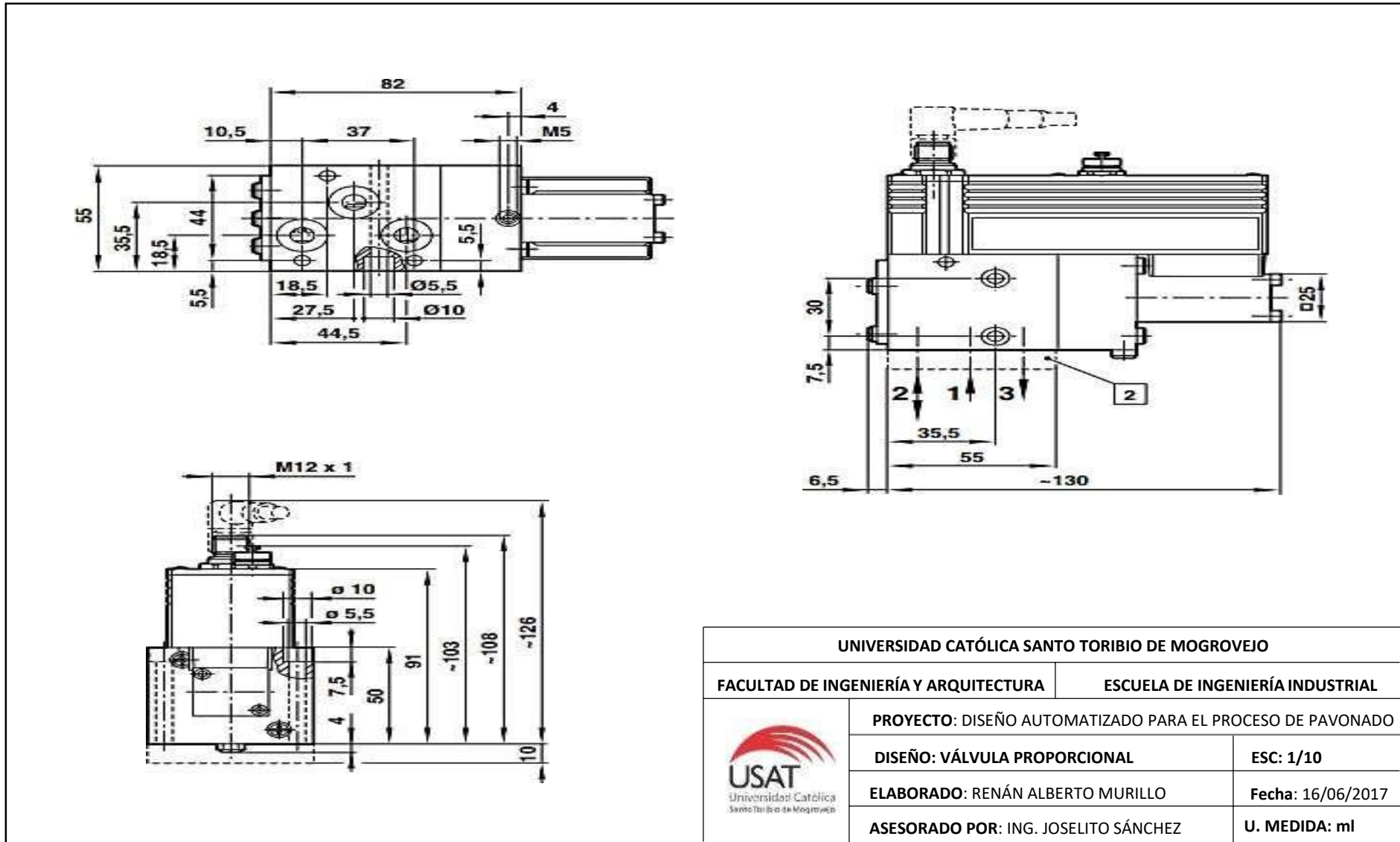
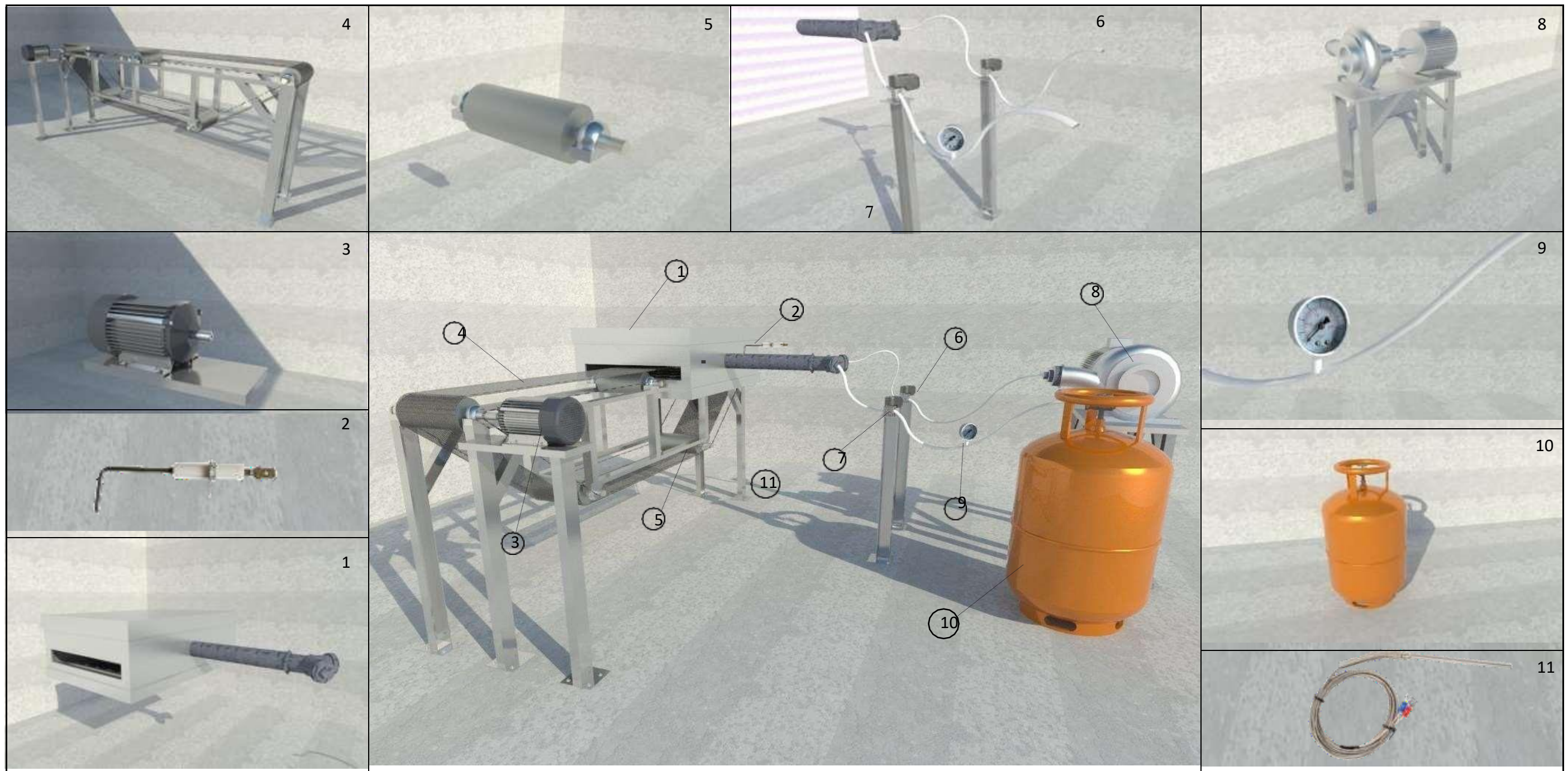


Figura 27: válvula proporcional.



LEYENDA:		UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO	
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
		PROYECTO: DISEÑO AUTOMATIZADO PARA EL PROCESO DE PAVONADO	
		PARTES DEL DISEÑO	Hoja: 1 /1
		ELABORADO: RENÁN ALBERTO MURILLO	Fecha: 16/06/2017
		ASESORADO POR: ING. JOSELITO SÁNCHEZ PÉREZ	Chiclayo – Perú

Figura 28: diseño del sistema automatizado.

B. Tablero de control.

Así mismo cabe mencionar que para este proyecto es muy importante utilizar un tablero de control como observamos en la figura 29, lo cual va a permitir al operario el accionar de los pulsadores o los diferentes tipos de componente electrónico que dará accionamiento a sistema automatizado propuesto.

El tablero es el lugar donde se encuentran todos los dispositivos que iniciará el proceso, entre estos dispositivos será el pulsador de marcha el pulsador de paro, el PLC, contactores, relés térmicos, llaves termomagnéticas y el transformador 220 a 12 voltios.

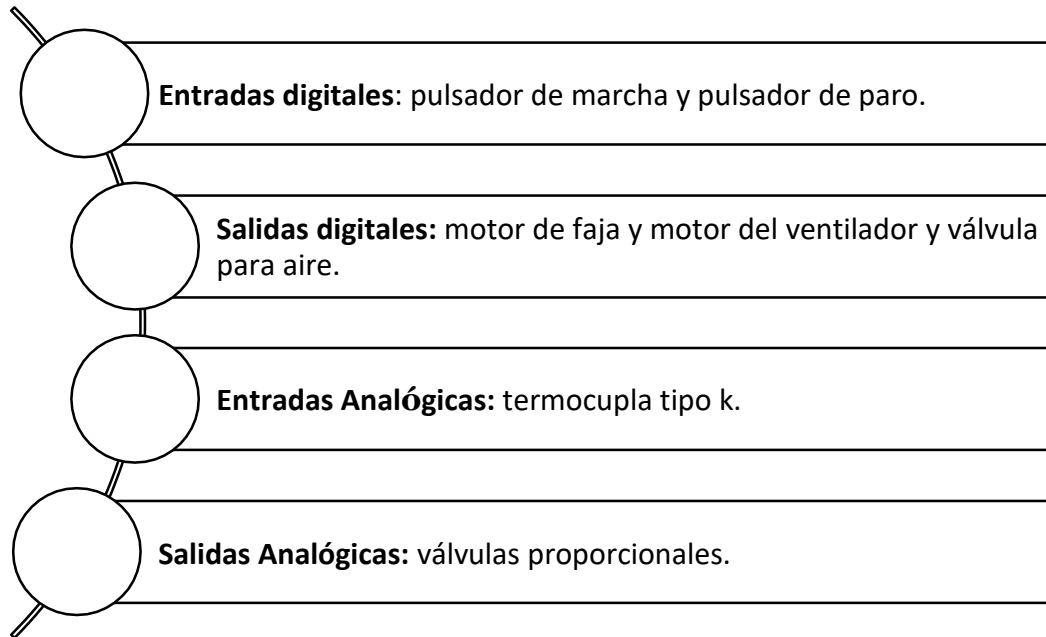


Figura 29: tablero de control.

3.4.1.5. Validar por simulación el diseño propuesto.

A. Sistema de control a través del PLC.

Para poder determinar el tipo de PLC que se utilizara debemos saber cuántas entradas y salidas tenemos:



Una vez analizadas las entradas y salidas digitales y analógicas podemos saber qué tipo de PLC seleccionar, para este proyecto se ha seleccionado un PLC modelo TM221CE16R.

Tabla 40: Datos del PLC.

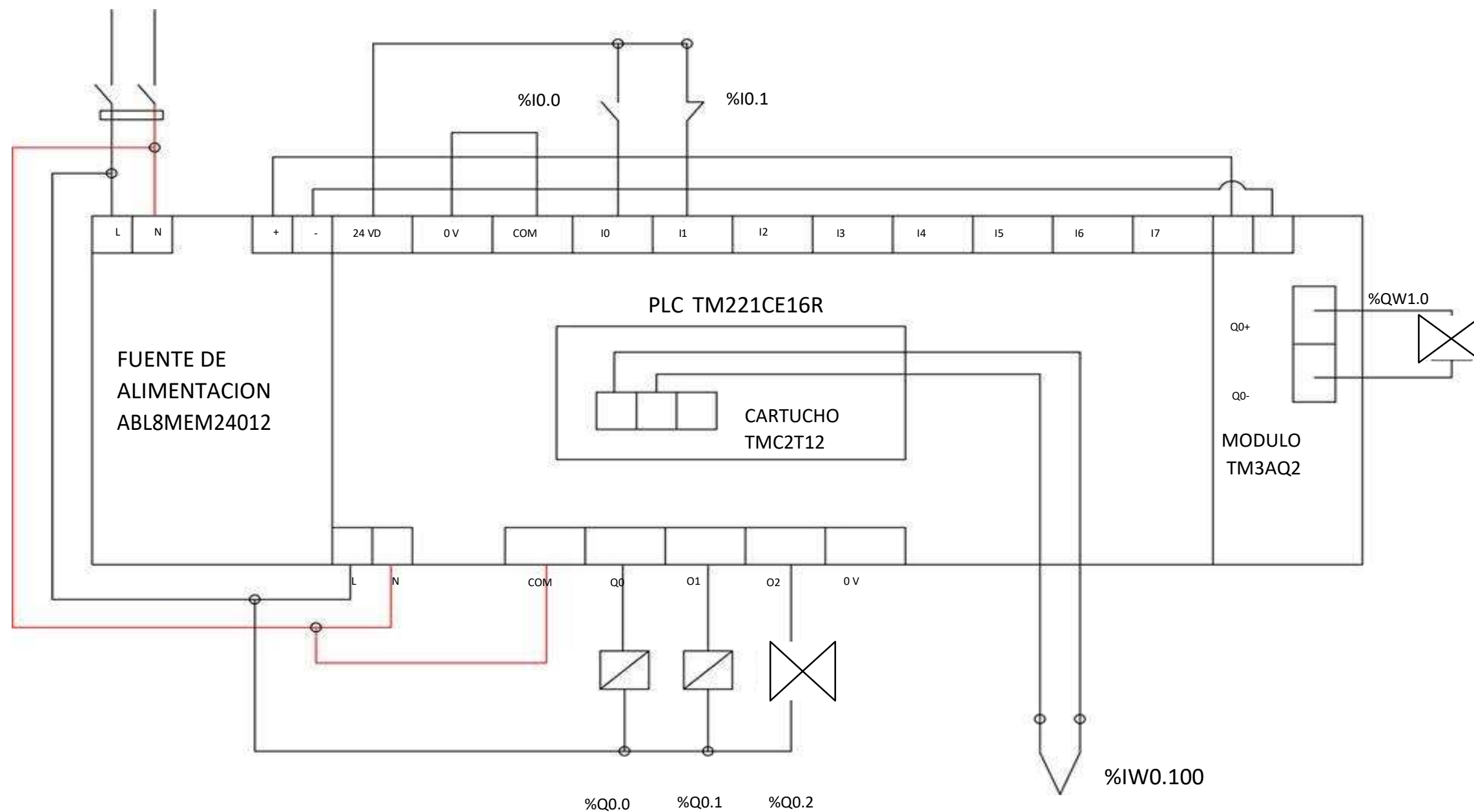
MARCA	schneider electric
ALIMENTACION	240 v CA
BASE	autómata compacta
ENTRADAS DIGITALES	44 entradas de 24v
SALIDAD	14 salidas de relé 2A
PANTALLA DETECLADO	si
RELOJ	si
IDIOMA	BDL/LD

Elaboración: Propia.



Figura 30: PLC modelo TM221CE16R.
Fuente: Schneider Electric.

A continuación, se realiza un diagrama eléctrico identificando las entradas y salidas y las conexiones que se realizarán.




UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO		
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
 USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo	PROYECTO: DISEÑO AUTOMATIZADO PARA EL PROCESO DE PAVONADO	
	DIAGRAMA ELECTRÓNICO	Hoja: 1 /1
	ELABORADO: RENÁN ALBERTO MURILLO	Fecha: 16/06/2017
	ASESORADO POR: ING. JOSELITO SÁNCHEZ PÉREZ	Chiclayo – Perú

Figura 31: Diagrama eléctrico:

B. Paso de la simulación del sistema automatizado en el programa.

a) Hallando valores para el controlador PID.

Desde el punto de vista de (Creus 2011), indica que existen diferentes lazos de control lo cual es necesario para poder seleccionar un sistema de control, la tabla que se muestra a continuación nos servirá para determinar que lazo será el indicado para el sistema propuesto.

Tabla n°41: Guía de selección de sistema de control.

Lazo de control	Capacitancia del proceso	Resistencia del proceso	Cambio de carga del proceso	Aplicaciones
Todo – nada	Grande	Cualquiera	Cualquiera	Control de nivel y temperatura en procesos de gran capacidad
Proporcional	Pequeña a media	Pequeña	Moderada	Presión, temperatura y nivel donde el offset no es inconveniente
Proporcional + Integral	Cualquiera	Pequeña	Cualquiera	La mayor parte de aplicaciones, incluyendo el caudal
Proporcional + Derivado	Media	Pequeña	Cualquiera	Cuando es necesario una gran estabilidad con un offset mínimo y sin necesidad de acción integral
Proporcional + Integral + Derivada	<i>Cualquiera</i>	<i>Grande</i>	<i>Rápido</i>	<i>Procesos con cambio rápidos y retardos apreciables (control de temperaturas en intercambiador de calor)</i>

Fuente: Creus, Antonio; 2011

Para el presente proyecto según la tabla número 41 se utilizará un lazo de control proporcional-integral-derivativo (PID), ya que la variable a controlar es la temperatura y ante las distintas variaciones que esta presenta se necesita una respuesta rápida y el control PID es un control que tiene los tres lazos ofreciendo un control preciso en la variable.

Para poder tener un mejor control de la temperatura es conveniente el uso de un controlador PID para lo cual necesitamos determinar el valor de las constantes proporcional-integral-derivada por lo que se realizará según el método de la curva de reacción de Zeigler y Nichols.

Tipo de controlador	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

Figura Nª 32: Modelo de Ziegler y Nichols

A continuación de hallaran los valores de L (retardo) y t (constante de tiempo) estos valores se obtienen a través de los siguientes datos:

- Tiempo de respuesta o de retardo (termocupla)= 0,17 seg.
- Tiempo que demora llegar a 800 °C= 22.6 seg.

Primero hallaremos T, como sabemos el tiempo retardo y el tiempo que se necesita para que la temperatura llegue a los 800 °C que necesitamos, entonces:

$$T = (L - T^{\circ} \text{ en llegar a la temperatura deseada})$$

$$T = (22,6 \text{ seg} - 0,17 \text{ seg})$$

$$T = 22,43 \text{ seg}$$

Entonces hallaremos los valores del PID mediante el método de curvas de reacción, lo cual los datos obtenidos los reemplazaremos en las formulas.

$$\begin{aligned} \text{Para } K_p = \quad K_p &= 1,2 \frac{t}{L} \\ K_p &= 1,2 \times \frac{22,43}{0,17} = 158,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Para } T_i = \quad T_i &= 2 L \\ T_i &= 2 (0,17) = 0,34 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Para } T_d = \quad T_d &= 0,5 L \\ T_d &= 0,5 (0,17) = 0,085 \end{aligned}$$

Los datos obtenidos nos servirán para el uso del PID en el programa somachine, como se aprecia en la figura Nª33. Al realizar la simulación en el programa “SoMachine” se trabaja con un Módulo de ampliación TM221CE16R con el cual se podrá indicar que el sensor utilizado será una termocupla. Así mismo para el desarrollo de la simulación el “setpoint” que

se va a necesitar es de 800 °C y en nuestro PID insertamos los valores de las constantes calculados anteriormente.



Figura 33: programación de PID.

En la figura 33 observamos el registro de la salida analógica %QW1.0 que de la válvula proporcional que hace recepción de la señal del controlador PID para dar el accionamiento o desactivación de la misma.



Figura 34: programación de salida analógica.

De tal amera se analizó nuestro sistema de control lo cual una vez determinado es de un sistema **lazo cerrado**, ya que en nuestro sistema existe una retroalimentación la cual se encuentra en el sistema y es enviado hacia el sistema de control; el cual va a permitir que los sensores conozcan si los actuadores están accionando correctamente.

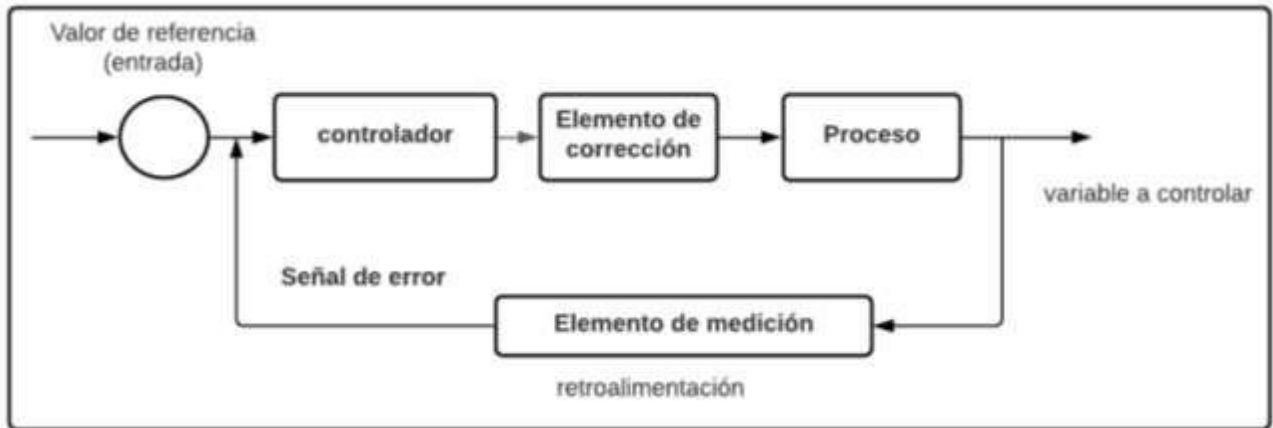


Figura 35: lazo cerrado del proceso de pavonado.

Así mismo en este sistema se tiene cambios rápidos y nos vemos en la necesidad de utilizar un control proporcional-integral-derivativo. Como ya hemos mencionado en el desarrollo de la investigación se va a utilizar como combustible el gas este será controlado por las válvulas proporcionales que son las más adecuadas para nuestro sistema, con ello buscamos un mejor control de combustible para que en el momento del proceso de pavonado se mantenga una temperatura constante que necesitamos la cual es la ideal (800 °C) así mismo mostraremos en la siguiente figura un diagrama de lazo cerrado para el sistema propuesto.

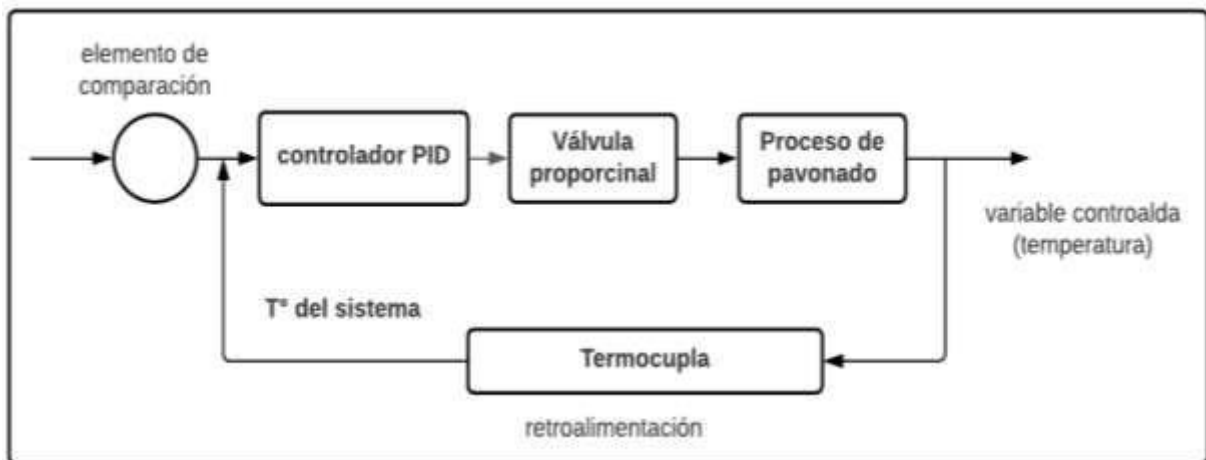


Figura36: Diagrama de lazo cerrado del sistema propuesto.

Para el proceso de producción de los ejes de trapecio con el diseño propuesto ahora será un proceso de forma continua, la cual es la mejor forma de organizar el flujo de materiales; a través de ellos buscaremos un flujo sin pausas, de tal manera que sea constante para poder evitar que el producto pase sin interrupción alguna de un proceso a otro sin ninguna interrupción y evitar demoras o paradas innecesarias.

También es necesario mencionar que en algunos casos este proceso estará expuesto a perturbaciones ya sea internas y externas que trataran de llevar al proceso al error o es decir fuera de los valores de referencia establecidos anteriormente; es por ellos que es necesario el controlador PID, este deberá responder de forma autónoma llevando a la salida dichos valores de referencia a pesar de las perturbaciones que se puedan encontrar en el proceso.

En la siguiente la figura 37 podemos observar la programación de la termocupla tipo k la cual está representada por la entrada analógica %IW.0, así mismo estará controlada por el controlador PID, proporcionalmente inversamente es decir si la temperatura sube se cerrará la válvula y si la temperatura baja se abrirá la válvula.



Figura 37: programación de PID.

Una vez que ya hemos hallado los valores del programador PID e insertados en el programa SOMACHINE, se procederá a la programación de los demás equipos propuestos para este nuevo diseño para su posterior simulación.

Una vez identificado las entradas, salidas digitales y analógicas; se procede a seleccionar el tipo de PLC, para este proyecto se utilizara el PLC modelos TM221CE16R. teniendo 8 entradas digitales, 8 salidas de relé (2A), 2 entradas analógicas, 2 puertos de línea de serie, controlador modular de 24 vcc con bloques de terminales extraíbles como se muestra en la figura 38.

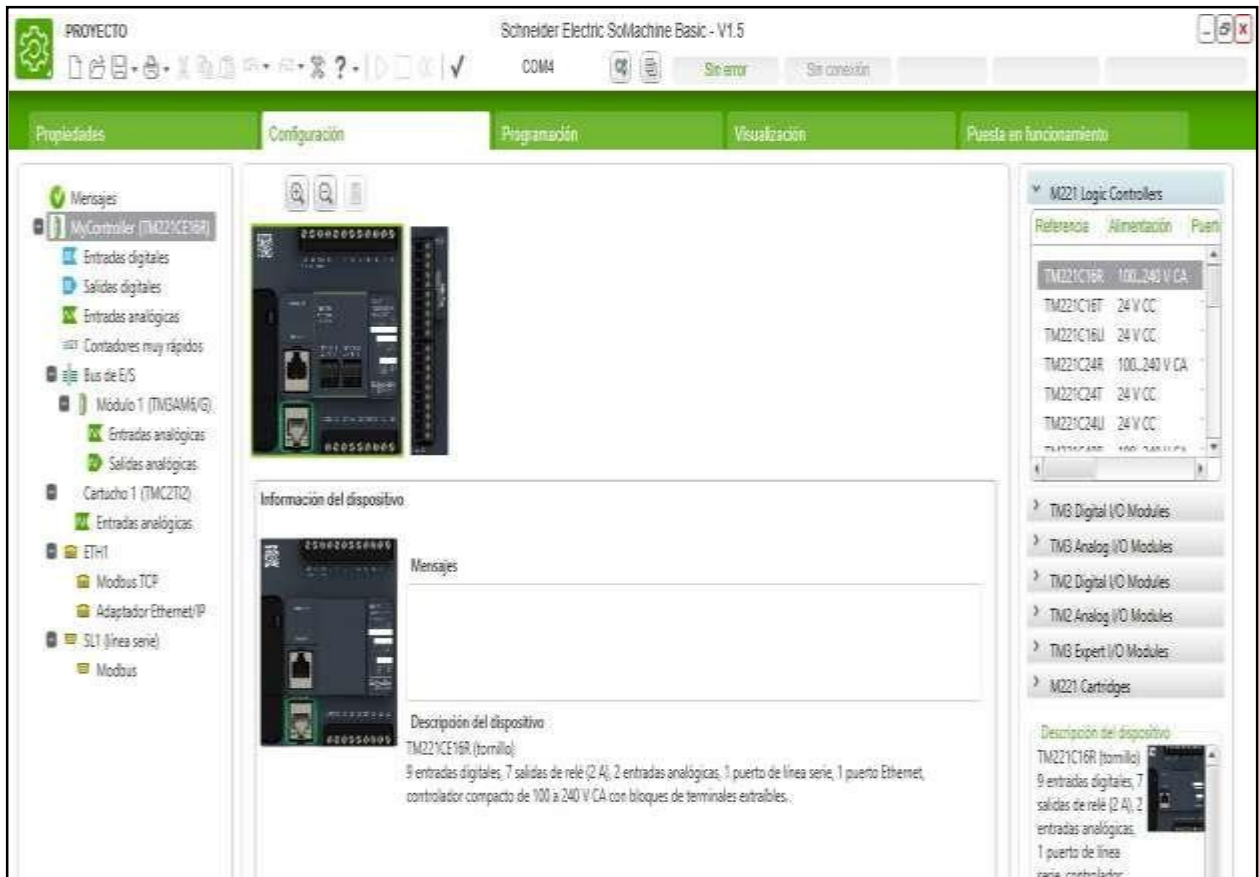


Figura 38: Elección del PLC.

Como tenemos una entrada analógica que es la Termocupla tipo k y una salida digital que es de la válvula proporcional, adicionalmente le acoplaremos al PLC, un Módulo de ampliación modelo TM3AQ2G que tiene dos salidas analógicas y bloques de terminales extraíbles, la cual podemos observar en la figura 39.



Figura 39: Elección del módulo de ampliación.

Así mismo podemos observar en la figura 40 el cartucho de ampliación modelo TMC2TI2 que se necesitará y a su vez permite la programación del sensor de temperatura.

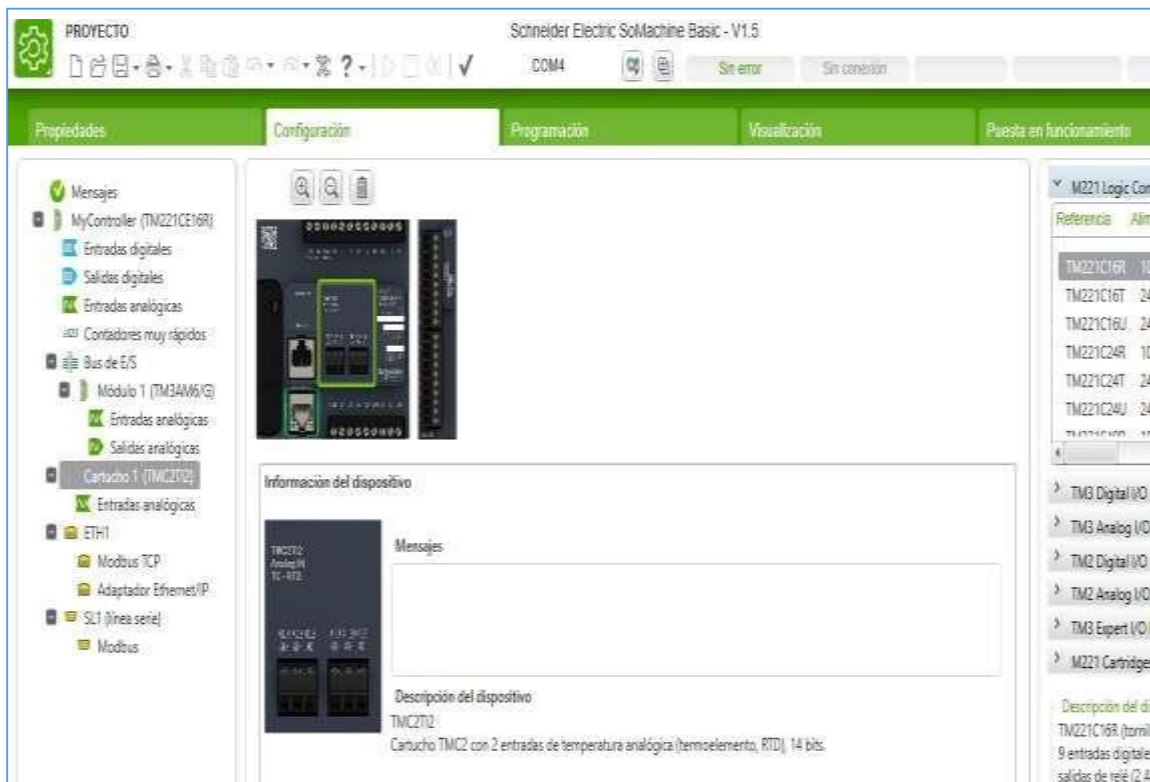


Figura 40: Elección del cartucho de ampliación.

En la figura 41 nos muestra la programación del PLC lo cual observamos sus dos entradas digitales el %Io.0 que será el pulsador de marcha y el %Io.1 que es el pulsador de paro.



Figura 41: Programación de entradas digitales del pulsador on-off.

En la figura 42 en la programación del PLC nos muestra las salidas digitales las que son %Q0.0 es el motor del ventilador que proporciona el aire para la combustión %Q0.1 que representa la motor de la faja y %Q0.2 válvula de aire.

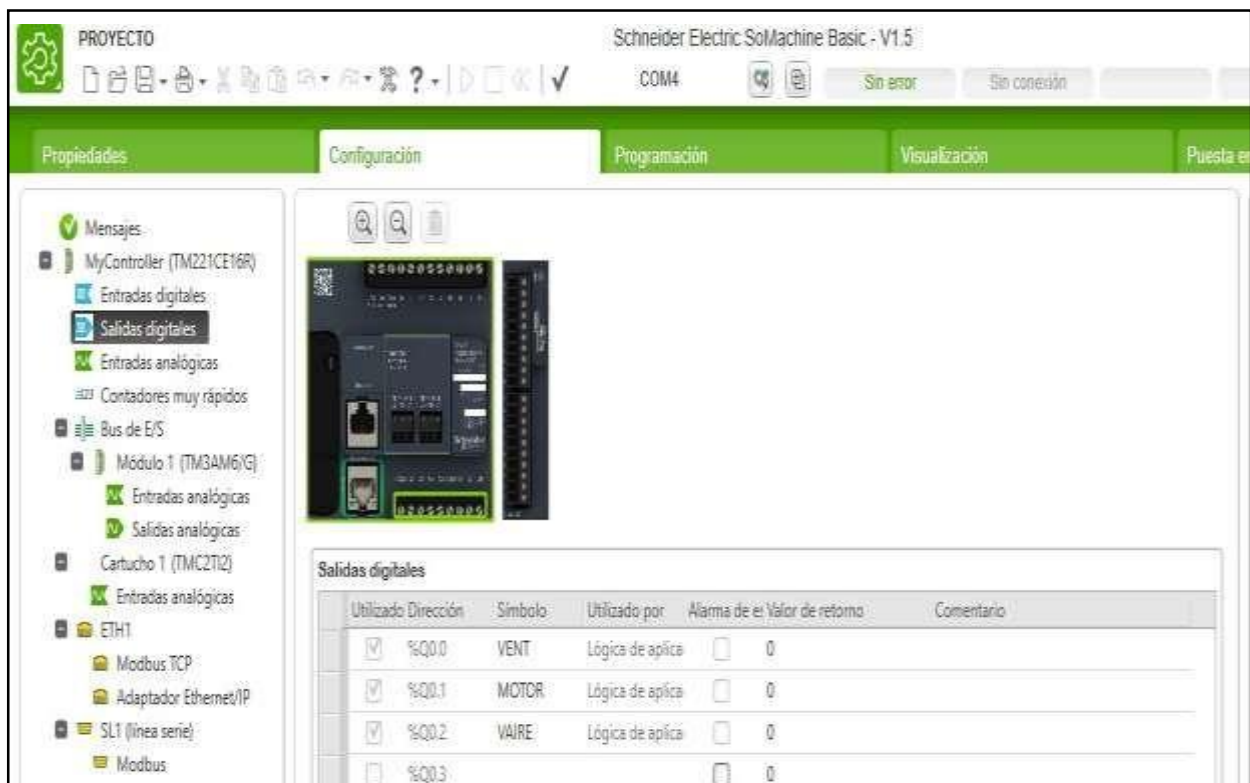


Figura 42: programación de salida digitales motores y válvulas.

En la figura 43 observamos la programación del módulo de ampliación el cual tenemos una salida analógica %QW1.0 la cual representa a la válvula de gas que a su vez estará controlada por el programador PID.



Figura 43: programación del módulo de ampliación.

La figura 44 muestra la programación del cartucho de ampliación donde estará programada la termocupla tipo k %IWO.100



Figura 44: programación del cartucho de ampliación.

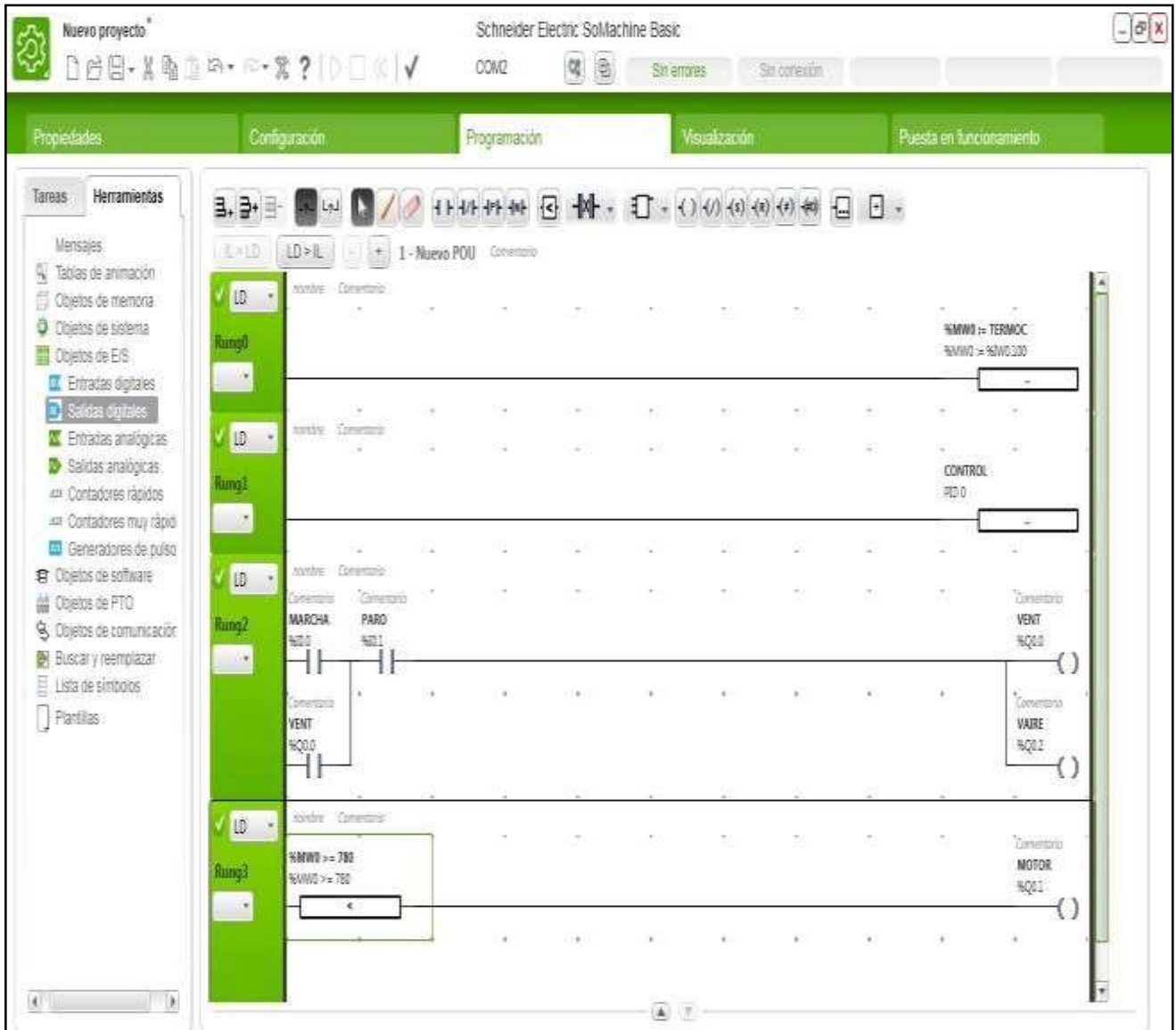


Figura 45: programación del sistema automatizado propuesto.

La programación de nuestro PLC será la siguiente:

- ❖ El %MWO tiene la función de captar la señal (milivoltios) de la Termocupla, es decir el nivel de temperatura que está leyendo la Termocupla, la cual así mismo tiene la función de enviar el mensaje al motor %Q0.1 que es el motor que hará girar a la faja transportadora.
- ❖ El control PID este tendrá la función de controlar la válvula de aire, así mismo servirá para controlar la temperatura adecuada que será una temperatura de 800 °C.
- ❖ El %I0.0 será el pulsador de marcha el cual dará el accionamiento del ventilador %Q0.0 el cual nos proporcionará el aire para realizar la combustión con el gas y así mismos accionará la apertura de la válvula %Q0.2 por donde pasara el aire.
- ❖ El %I0.1 será el pulsador de paro o para de emergencia.

- ❖ Y también se tendrá un bloque de comparación el cual el %MWO ≥ 780 recibirá la señal de la Termocupla es decir el nivel de temperatura el cual nos quiere decir que si la temperatura se encuentra a menos de los 780°C no dará accionamiento al motor por lo que la faja no se moverá; caso contrario si la temperatura es mayor que los 780°C se accionará el motor %Q0.1 lo cual la faja comenzara a transportar los ejes de trapecio hacia el horno.

3.4.2. NUEVOS INDICADORES DE PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD.

A. Nuevo costo de producción

Tabla 42: Nuevo costos de producción de eje de trapecio

Materia Prima	Precio	Productividad		Precio unitario
		(ejes por mp)		
varilla Redonda	S/. 34,00	24	por varilla	S/. 1,42
TOTAL MATERIA PRIMA				S/. 1,42
Mano de obra	Precio	Productividad		Precio unitario
		(Ejes por turno de 8 horas)		
troquelado	S/. 48,00	1 680	ejes por turno	S/. 0,03
despuntado	S/. 48,00	1 680	ejes por turno	S/. 0,03
Forjado	S/. 48,00	1 680	ejes por turno	S/. 0,03
Prensado	S/. 48,00	1 680	ejes por turno	S/. 0,03
Roscado	S/. 48,00	1 680	ejes por turno	S/. 0,03
pavonado	automatizado			
Limpieza	S/. 48,00	1 680	ejes por turno	S/. 0,03
TOTAL MANO DE OBRA				S/. 0,14
Otros	Precio	Productividad		Precio unitario
		(Ejes por mes)		
Luz	S/. 200,00	30 000	ejes por mes	S/. 0,007
Teléfono internet	S/. 150,00	30 000	ejes por mes	S/. 0,005
Agua	S/. 70,00	30 000	ejes por mes	S/. 0,002
Gas	S/. 1 980,00	30 000	ejes por mes	S/. 0,066
Otros gastos	S/. 70,00	30 000	ejes por mes	S/. 0,002
TOTAL OTROS GASTOS				S/. 0,016
COSTO DE PRODUCCION	S/. 1.58			
IGV	1.18			
COSTO TOTAL	S/. 1.86			

Fuente: La empresa

Elaboración: propia

En la tabla 42, nos muestra el nuevo costo de producción del perno, nos muestra el nuevo costo de la varilla, que al tener mayor producción se necesitara mayor cantidad de materia prima el cual el costo se reduce a 34 soles cada varilla.

Así mismo mostramos la mano de obra lo cual reduce a 6 operarios ya que el primer proceso tenía 7 operarios, el precio de mano de obra por hora que equivale a 6 soles la unidad la cual es un dato indicado por el gerente de la empresa; los costos de los suministros mensual (luz, teléfono/internet, agua, gas y otros gastos) para fabricar cada lote de 30 000 pernos, y finalmente costo total de 1,86 soles por unidad.

B. Nueva Producción

Turnos: 1 turno

Tiempo base: 8 horas/día = 480 minutos/día

Con el nuevo diseño automatizado del proceso de pavonado lo cual será un horno continuo la producción diaria mínima diaria será de 1 152 pernos pavonados mensuales.

$$\text{Producción} = \frac{448 \text{ min/día}}{\frac{2,5 \text{ minutos}}{6 \text{ unid}}}$$

$$\text{Producción} = 1\,152 \text{ und/día}$$

Con esta nueva producción se podrá cubrir la demanda mensual que requiere el mercado.

C. Nueva Eficiencia física.

$$\text{eficiencia física} = \frac{5670 \text{ g}}{5940 \text{ g}} = 96 \%$$

En eficiencia física se obtiene un 96% en cual proviene de que de una varilla redonda pesa 5940 gramos (ver tabla 4) y sale como producto final 5670 gramos.

D. Nueva Eficiencia económica.

Para realizar la eficiencia económica la determinamos de esta manera:

- 30 000 pernos x 2.50 soles/ perno = 75 000, 00 soles

Se utilizan 1 250 varillas y cada una cuesta 34 soles serian 42 500,00 soles invertido en varillas.

El costo mensual de la mano de obra (6 operarios) que a la empresa le cuesta 6 soles la hora por cada operario.

- 1 operario = 1 248. 00 soles/mes x 6 operarios = 7 488,00 soles/mes

Sumamos el costo de varillas utilizadas más el costo de mano de obra

- Costo total= 42 500,00 + 7 488,00 = 52 458,00 soles

Entonces:

$$\text{eficiencia económica} = \frac{75\,000,00 \text{ soles}}{52\,458,00 \text{ soles}} = 1,40 \text{ soles}$$

La eficiencia económica se ha determinado a través del costo de producción del perno (ver tabla 31), con ello se obtuvo cuánto cuesta producir el eje de trapecio y cuanta ganancia genera, el cual obtenemos una eficiencia económica de 1,40 soles.

Esto indica que a diferencia del primer costo de producción se está generando 0,20 céntimos más que el primero.

E. Nuevo Cuellos de botella.

Una vez realizada la mejora del sistema automatizado del proceso de pavonado, tomaremos en cuenta una nueva producción la cual será por lotes, el cual el nuevo lote producción será de 30 000 pernos mensuales.

El nuevo diseño automatizado del horno, podrá producir 30 000 pernos mensuales teniendo en cuenta que el nuevo diseño del sistema automatizado del proceso de pavonado será continuo, y se lograra satisfacer la demanda insatisfecha mencionada en la tabla 10 del presente proyecto.

F. Nuevo diagrama hombre maquina

Tabla 43: Nuevo diagrama hombre maquina

Diagrama de actividades del operario					
diagrama N°: 2		hoja N°: 1 de 1		Resumen	
Producto: ejes de trapecio		tiempo de ciclo	actual	propuesto	economía
Etapa: pavonado		operario		502	
Maquinaria: horno automatizado		maquina		502	
Lugar: "FabricationTechnologyCompany S.A.C."		tiempo de trabajo			
Operario: Norbi Mendoza Inga.		operario		22	
Elaborado: Renan Murillo Fernandez		maquina		480	
fecha: noviembre- 2016		tiempo de inactivo			
Operario: Norbi Mendoza Inga.		operario		480	
Elaborado: Renan Murillo Fernandez		maquina		22	
fecha: noviembre- 2016		utilización			mejora
Operario: Norbi Mendoza Inga.		operario	28%	4%	24%
Elaborado: Renan Murillo Fernandez		maquina	72%	96%	24%
tiempo segundos	operario	maquinaria			tiempo segundos
	llevado de material hacia la maquina (inactivo)			inactivo	
22	puesta de pernos en el horno			inactivo	
	alineamiento y accionado de válvulas de gas y aire (inactivo)			inactivo	
	inactivo			pavonado de pernos	480
	alineamiento y accionado de válvulas de gas y aire (inactivo)			inactivo	
	retiro del perno del horno (inactivo)			inactivo	

Elaboración: propia

Porcentaje de utilización del operario =

$\frac{\text{tiempo productivo del Operario}}{\text{tiempo ciclo total}}$

Porcentaje de utilización del operario =

$$\frac{22 \text{ mint}}{502 \text{ mi}} = 004\%$$

$$\text{Porcentaje de utilización de máquina} = \frac{\text{tiempo productivo de la máquina}}{\text{tiempo del ciclo total}}$$

$$\text{Porcentaje de utilización de máquina} = \frac{480 \text{ m}}{502 \text{ m}} = 0,96\%$$

Interpretación de porcentajes del diagrama hombre maquina:

Una vez realizada la mejora con el diseño automatizado del proceso de pavonado, según los nuevos de utilización se observa que se ha reducido la utilización de la mano de obra que es el 0,04%. Así mismo con la automatización del proceso se ha aumentado la utilización de la maquinaria a un 0,96%.

Por lo que se puede decir que en el proceso de pavonado se ha reducido la utilización del operario y aumentado la utilización de máquina que en este proyecto es el nuevo diseño del proceso de pavonado.

G. Eliminación de exceso de utilización de equipos por reproceso.

Con el nuevo diseño del sistema automatizado en la etapa de pavonado la propuesta es de eliminar el exceso de utilización de los equipos en este caso el exceso de consumo de energía por el compresor el cual genera aire para la combustión por lo que su indicador quedaría de la siguiente forma:

$$\text{exceso de consumo de energía} = \text{tiempo tomado} \times \text{energía consumida}$$

$$\text{exceso de consumo de energía} = 0 \text{ h} \times 0 \text{ soles kwh} = 0 \text{ soles}$$

Con el nuevo diseño se eliminarán los reprocesos no se tendrá el exceso de consumo de energía por lo tanto se tendrá cero soles de gastos.

H. Eliminación de productos defectuosos.

Con el nuevo diseño del sistema automatizado en la etapa de pavonado se eliminarán los productos defectuosos; con el nuevo diseño los ejes de trapecio tendrán un calentamiento homogéneo, es decir pavonado en su totalidad los ejes de trapecio por lo tanto no se obtendrán productos defectuosos.

$$\% \text{ de calidad} = \frac{\text{producto suministrado} - \text{producto defectuoso}}{\text{producto suministrado}}$$

$$\% \text{ de calidad} = \frac{30\,000 \text{ pernos} - 300 \text{ pernos}}{30\,000 \text{ pernos}}$$

$$\% \text{ de calidad} = 0,99 = 99\%$$

El 100 % representa la calidad de los pernos, por lo que nos quiere decir que no se tendrá productos defectuosos.

I. Eliminación de consumo de gas por reproceso.

Con el nuevo diseño llegamos a eliminar el reproceso de los productos defectuosos es por ellos que eliminaremos el consumo de gas que se tiene al reprocesar los productos defectuosos que se obtienen en la producción.

Así mismo el nuevo indicador de esta causa será:

$$\begin{aligned} \text{costo por exceso de consumo de gas} \\ = \text{costo del balón de gas} \times n^{\circ} \text{ de balones de gas consumidos} \end{aligned}$$

$$\text{costo por exceso de consumo de gas} = 170 \text{ soles} \times 1 \text{ soles} = 170 \text{ soles}$$

3.4.3. Cuadro Comparativo de Indicadores

Tabla 44: Comparación de indicadores.

INDICADORES DE SITUACIÓN ACTUAL DE PRODUCCIÓN					
CRITERIO	CAUSA	INDICADOR	DIAGNOSTICO	EN MEJORA	DIAGNOSTICO
MAQUINARI Y EQUIPOS	C1:maquinaria impropcedente	Porcentaje de utilización del operario $= \frac{\text{tiempo productivo del Operario}}{\text{tiempo ciclo total}}$	0,28%	0,04%	Con el nuevo diseño automatizado se reduce la utilización de MO
		Porcentaje de utilización de máquina $= \frac{\text{tiempo productivo de la máquina}}{\text{tiempo del ciclo total}}$	0,72%	0,96%	Con el nuevo diseño automatizado la máquina gana mayor utilización
	C2: exceso de utilización de equipos por reproceso.	exceso de consumo de energía $= \text{tiempo tomado} \times \text{energía consumida}$	82,72 soles	0 soles	Con el nuevo diseño automatizado se elimina el exceso de utilización de equipos por reproceso de los pernos
METODOS	C3:productos defectuoso	$\text{límite superior} = p + 3 \times \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$	9 %	0%	Con el nuevo diseño automatizado se eliminan los productos defectuosos
		$\text{límite central} = p$	6%	0%	Con el nuevo diseño automatizado se eliminan los productos defectuosos

Elaboración: propia

Tabla 45: comparación de indicadores.

INDICADORES DE SITUACIÓN ACTUAL DE PRODUCCIÓN					
CRITERIO	CAUSA	INDICADOR	DIAGNOSTICO	EN MEJORA	DIAGNOSTICO
METODOS	C3:productos defectuoso	$\text{límite inferior} = p - 3 \times \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$	6%	0%	Con el nuevo diseño automatizado se eliminan los productos defectuosos
		$\% \text{ de calidad} = \frac{\text{producto suministrado} - \text{producto defectuoso}}{\text{producto suministrado}}$	94%	100%	Con el nuevo diseño automatizado se eliminan los productos defectuosos con un margen de error del 1 %
	C4:reproceso de productos defectuoso	$\% \text{ productos a reprocesar} = \% \text{ de productos defectuosos}$	6%	0%	Con el nuevo diseño automatizado se elimina el reproceso de productos defectuosos
MATERIALES	C5:exces de consumo de gas por reproceso	costo por exceso de consumo de gas = costo del balon de gas ×nº de balones de gas consumidos	1 870 soles	0 soles	Con el nuevo diseño automatizado se elimina el exceso de consumo de gas por reproceso de los ejes de trapecio.

Elaboración: propia

3.5. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

El último paso de toda propuesta de mejora es el análisis costo-beneficio, puesto que no se debe dejar de lado el costo de la inversión que implica el desarrollo e implementación del diseño automatizado en el proceso de pavonado.

Todas las actividades deben de ser ejecutadas de manera planificada, organizada y controlada para no exceder los plazos y los costos de los objetivos planteados.

A. PRESUPUESTO PARA REALIZAR LA MEJORA.

El presupuesto será desembolsado por la empresa fabrication technology Company S.A.C.

Tabla 46: Presupuesto para el sistema automatizado.

INVERSION			
DESCRIPCIÓN	unid	costo	costo total
faja transportadora	1	2 500	2 500
motor trifásico	1	1 200	1 200
construcción del horno	1	600	600
termocuplas	1	430	430
válvulas proporcional	1	1 200	1 200
válvulas selenoide	1	700	700
instalación	1	1000	1 000
base para sostener el horno	1	200	200
relé térmico	2	160,57	321,14
contactores	2	113,91	227,82
pulsador arranque	1	15	15
pulsador de paro	1	15	15
gastos extras	1	200	200
SUB TOTAL			S/ 8 608,96

Elaboración: propia

Tabla 47: Presupuesto para el control a través del PLC.

INVERSION			
DESCRIPCIÓN	unid	costo	costo total
PLC TM221CE16R 240 volt	1	1044	1044
ampliación analógicas	1	700	700
cartucho TMC2TI2	1	341	341
cables automotriz THW 14awg	2	1.1	2.2
SUB TOTAL			S/.2 087,2
TOTAL			S/.10 696,16

Elaboración: propia

Determinar qué cambia debido a una mejora de métodos

Los ingresos de este proyecto vienen dado por la reducción del tiempo en el proceso (ahora se trabaja un turno de 8 horas diarias), eliminando los reprocesos de productos defectuosos ahorrando horas extras de trabajo, también dentro de estos ingresos está el ahorro de horas por reducción de personal (ahora trabajan 6 operarios, el costo de mano de obra es de 6 soles la hora se trabaja 26 días al mes con 8 horas de trabajo el cual ahorramos 1248 soles al mes)

B. CUANTIFICAR ESTOS CAMBIOS (BENEFICIO) EN UNIDADES MONETARIAS.

Para esta mejora de un sistema automatizado del proceso de pavonado ha mejorado su producción ya que con el anterior sistema se producían 20 955 pernos y con la mejora se producen 30 000 pernos equivalentes al mes.

Tabla 48: tabla de demanda insatisfecha cubierta por mejora.

MES	PRODUCCION CON MEJORA (UND/ MES)	DEMANDA ATENDIDA SIN MEJORA (UND/MES)	DEMANDA CUBIERTA POR MEJORA (UND/MES)
Enero	30 000	20 955	9 045
Febrero	30 000	20 955	9 045
Marzo	30 000	20 955	9 045
Abril	30 000	20 955	9 045
Mayo	30 000	20 955	9 045
Junio	30 000	20 955	9 045
Julio	30 000	20 955	9 045
Agosto	30 000	20 955	9 045
Septiembre	30 000	20 955	9 045
Octubre	30 000	20 955	9 045
Noviembre	30 000	20 955	9 045
Diciembre	30 000	20 955	9 045

Elaboración: propia

La tabla 48, nos muestra la demanda insatisfecha que se va a cubrir con la mejora del proceso, tienen como resultado que se aumentara la producción en 9 045 pernos mensuales tomando en cuenta una producción de 30 000 pernos.

Tabla 49: Tabla beneficio por ventas.

MES	DEMANDA CUBIERTA POR MEJORA	PRECIO UNT	VENTAS CON BENEFICIO
enero	9 045	2,5	22 613
febrero	9 045	2,5	22 613
marzo	9 045	2,5	22 613
Abril	9 045	2,5	22 613
mayo	9 045	2,5	22 613
Junio	9 045	2,5	22 613
Julio	9 045	2,5	22 613
agosto	9 045	2,5	22 613
septiembre	9 045	2,5	22 613
octubre	9 045	2,5	22 613
noviembre	9 045	2,5	22 613
diciembre	9 045	2,5	22 613

En la tabla 49, observamos la demanda insatisfecha cubierta por la mejora, por ende, este proyecto tiene un incremento en sus ventas y así mismo ingresa más utilidades a la empresa. El precio de venta del perno es de 2,5 soles y su ingreso bruto sería de 22 613 soles mensuales.

C. DETERMINAR EL FLUJO DE CAJA.

Tabla 50: Tabla de flujo de caja

MES	VENTAS CON BENEFICIO (INGRESOS) (S/)	EGRESOS (S/)	FLUJO DE CAJA (S/)	CAJA ACOMULADA (S/)
enero	22 613	15 816,09	6 796,91	6 796,91
febrero	22 613	15 816,09	6 796,91	13 593 ,83
marzo	22 613	15 816,09	6 796,91	20 390,74
abril	22 613	15 816,09	6 796,91	27 187,65
mayo	22 613	15 816,09	6 796,91	33 984,57
junio	22 613	15 816,09	6 796,91	40 781,48
julio	22 613	15 816,09	6 796,91	47 578,39
agosto	22 613	15 816,09	6 796,91	54 375,30
septiembre	22 613	15 816,09	6 796,91	61 172,22
octubre	22 613	15 816,09	6 796,91	67 969,13
noviembre	22 613	15 816,09	6 796,91	74 766,04
diciembre	22 613	15 816,09	6 796,91	81 562,96

Elaboración: propia

La tabla 50, nos muestra el ingreso bruto que se tienen por mes el cual es de 22 613 soles por venta, también nos muestra los egresos, donde este es el resultado

de lo que cuanto me cuesta producir los 9 045 pernos con la mejora, lo cual nos un costo de 15 816,09 soles, y finalmente se obtiene un beneficio neto de 6 796,91 soles mensuales como ganancia de la empresa. Así mismo la caja acumulada en un año.

- VAN = 36 308,66 nuevos soles.
- TIR = 63%

En la tabla 50, se muestra el VAN y TIR del proyecto. Como podemos observar el VAN es mayor a 0, por lo que nos dice que la inversión producirá ganancias por encima de la rentabilidad, y el TIR con un 63% de retorno de lo invertido. Lo cual es rentable invertir en el proyecto.

D. Hallar el costo entre el beneficio.

Hallaremos en costo beneficio de este proyecto debemos saber cuál es lo invertido por la empresa, y el beneficio neto

Tabla 51: tabla de inversión y beneficio.

MESES	INVERSIÓN	INGRESOS (S/)	EGRESOS (S/)	FLUJO DE CAJA (S/)
0	S/. 10 696,16			
1		22 613	15 816,09	6 796,91
2		22 613	15 816,09	6 796,91
3		22 613	15 816,09	6 796,91
4		22 613	15 816,09	6 796,91
5		22 613	15 816,09	6 796,91
6		22 613	15 816,09	6 796,91
7		22 613	15 816,09	6 796,91
8		22 613	15 816,09	6 796,91
9		22 613	15 816,09	6 796,91
10		22 613	15 816,09	6 796,91
11		22 613	15 816,09	6 796,91
12		22 613	15 816,09	6 796,91

Elaboración: propia

La tabla 51, no presenta la inversión realiza para el presente proyecto y sus beneficios, los cuales nos ayudaran a determinar el costo beneficio de este proyecto.

E. El beneficio costo del presente proyecto sería:

Así mismo Los indicadores de rentabilidad del proyecto Sistema Automatizado para mejorar la producción en la empresa Fabrication Technology Company S.A.C., resulta ser rentable por que se ha comprobado que el Valor Actual Neto (VAN) es positivo, la tasa de ingreso de retorno de la inversión es 63% y la relación Beneficio Costos es 1.3 nuevos soles por cada sol invertido se tendrá un retorno del capital invertido.

Tabla 52: Costo beneficio.

VAN DE INGRESEOS	S/.154 074,61
VAN DE EGRESOS	S/.107 765,94
INVERSION	S/.118 462.10
B/C	S/.1,3

Elaboración: propia

IV. CONCLUSIONES

- Al realizar el diagnóstico del proceso actual de pavonado que realiza la empresa FABRICATION TECHNOLOGY COMPANY S.A.C., le logro identificar los principales problemas de la baja producción que se tiene en el proceso de pavonado ya que se carece de un sistema automatizado. Así mismo las causas de dichos problemas son, maquinaria inadecuada, exceso de utilización de los equipos por reproceso, exceso de consumo de gas por reproceso, reproceso de productos y productos defectuosos. Así mismo a través de esos problemas la empresa genera una pérdida de 314 214,38 nuevos soles.
- Para mejorar de la producción, la propuesta de mejora se basó en un diseño de un sistema automatizado. Se diseñó y se calculó el sistema de transporte o es decir faja transportadora para aumentar el paso de los ejes de trapecio, cálculo de la potencia del motor para poder accionar la faja transportadora, se realizó el cálculo y diseño del horno para reducir el tiempo del proceso de pavonado que es cuello de botella, se añadió también una termokupla la cual nos reflejara la cantidad de temperatura que se utilizara en el horno, se utilizaran válvulas proporcionales encargadas de controlar el fluido del paso del gas por el conducto. Se realizó el diseño como parte final de la propuesta; con ello se logra un incremento en la producción de un 34 % y mejora la calidad del producto al 99%.
- También con el nuevo diseño automatizado se reduce la utilización de mano de obra a un 0,24% y a su vez se obtienen un incremento de participación de la maquina en un 0,24%. Así mismo se logra eliminar los productos defectuosos reduciendo a un 0%, gracias a ello se logra eliminar el reproceso de productos, el exceso de utilización de equipos y el consumo adicional de gas teniendo como resultados una reducción al 0%
- A través de la simulación en el programa SOMACHINE del sistema de control automático en el proceso de pavonado, se llega a comprobar que el sistema es capaz de trabajar con los nuevos tiempos del proceso de pavonado; así mismo cabe destacar que es de suma importancia y de gran utilidad estar a la par con la tecnología en estos tiempos y le será de gran ayuda tanto a la empresa como a los operarios.
- Finalmente, la empresa obtendrá un incremento de su beneficio mediante la propuesta en un 0,43%. Al realizar el costo-beneficio de la investigación se obtiene que por cada sol invertido se genera una ganancia de S/. 0,30 céntimos.

V. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda realizar un análisis de riesgos laborales en las diferentes áreas del proceso por lo que se trabaja a altas temperaturas y se necesita evaluar los riesgos laborales como el estrés térmico, las cuales se pueden presentar en los puestos de trabajo, todo esto con el fin de asegurar el bienestar de los colaboradores de la empresa.
- Se recomienda realizar estudios relacionado al aprovechamiento y reutilización de los desechos generados en la producción del eje de trapecio como la viruta para obtener un beneficio adicional para la empresa.
- Se recomienda para futuras investigaciones relacionadas con la fabricación de piezas metálicas trabajadas en altas temperaturas el uso de nuevas tecnologías aplicadas para el enfriamiento rápido de metales ya que el producto sale a alta temperaturas y se necesita enfriar para su manipulación.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alejandro, Porras, y Montañero. 1991. Autómatas programables. España: Madrid. Mcgraw-hill.
- Antonio, Aguilera N. 2011. Montaje Mecánico en Instalaciones Solares Fotovoltaicas. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=pAa5hR2cz0oC&printsec=f](https://books.google.com.pe/books?id=pAa5hR2cz0oC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false) (consultado el 20 de marzo del 2016)
- Antonio, Creus, S. 2011. Instrumentación Industrial. México: Alfaomega S.A.
- Apraiz J. Barreiro. 2000. Tratamiento térmico de los aceros. España. Ed Dossat 2000.
- Arnaldo Verdeza, Leonardo Di Mare, Marco Sanjuán y Antonio Bula. 2016. Diseño de Ecuaciones de Sintonía para Controladores PID (Proporcional-Integral-Derivativo) Implementados en Fotobiorreactores. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642016000400013&lang=es)
- Arturo D. Marín, Jesus A. Lopez, Andres F Navas. 2016. Sintonización de un controlador PID implementado en un PLC haciendo uso de inteligencia de enjambres. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-82612017000100035&lang=es)
- Chong H. 2011. Lima: Directivo del Capítulo de Ingeniería Electrónica. Colegio de Ingenieros del Perú.
- Daniel Cera-Martínez , Jesús Eduardo Ortiz-Sandoval, Oscar Eduardo Gualdrón Guerrero. 2018. Sintonización de un controlador de temperatura a través de un autómata programable. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2027-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2027-83062018000200177&lang=es)
- George kanawaty. 2006. Introducción al estudio del trabajo. Mexico: limusa.
- Gonzales, miguel. 2003. Automatización e Integración en el Sector de Industrias Metálicas y Maquinarias Peruano. Disponible en: <http://altec-dl.org/index.php/altec/article/view/226/226> (consultado el 5 de mayo del 2016)

- Gómez, B. 2003. Bases y Evolución de Empresas artesanales. España: Madrid.
- Guadalupe c. garza, Medición de temperaturas con termopares. Monterrey, N.L. diciembre 1979.
- Ivan F. Betancourt, (2013) *Control de temperatura para una mufla utilizando el plc moller ec4p-200*.
- Juliana de S. G. Barros, Luiz A. Rossi, Karina Sartor. 2015. Uso de un controlador PID como tecnología eficiente en un sistema de calefacción de cría de cerdos. Disponible en: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662015000500476&lang=es
- Luis, Gómez. 2011. Automatización Industriales: Principios y Aplicaciones – Sistemas Neumáticos. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/29338450/AUTOMATIZACION-INDUSTRIAL> (consultado el 02 de abril del 2016)
- Schneider Electric. Catálogo local. Primer capítulo: Protección y control de motores. Disponible en página web: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/catalogos/ci/cap1.PDF>

VI. ANEXOS

Anexo 1: Tabla de observación de tiempos de línea de proceso.

FECHA	DESCRIPCIÓN	TIEMPO MINIMO	UND
MARZO -2016	almacenamiento de varillas	1.1	mint
	llevado a cortado	8	seg
	cortado de varillas	2	mint
	llevado a despuntado	9	seg
	despuntado del perno	2.1	mint
	Llevado a forjado	8	seg
	forjado del perno	3	mint
	llevado prensado	8	seg
	prensado del perno	1.9	mint
	llevado a roscado	8	seg
	roscado del perno	2	mint
	llevado a pavonar	10	seg
	pavonado del perno	8	mint
	llevado a limpiado	1.7	seg
	limpieza del perno	2	mint
	llevado a almacenado	9.1	seg
almacenamiento del producto terminado	1	mint	

Fuente: La Empresa.

Anexo 2: Tabla de observación de tiempos de línea de proceso.

FECHA	DESCRIPCIÓN	TIEMPO MINIMO	UND
MARZO- 2016	almacenamiento de varillas	0.8	mint
	llevado a cortado	8.2	seg
	cortado de varillas	1.9	mint
	llevado a despuntado	8.9	seg
	despuntado del perno	2	mint
	Llevado a forjado	8.2	seg
	forjado del perno	3	mint
	llevado prensado	8	seg
	prensado del perno	2.2	mint
	llevado a roscado	8	seg
	roscado del perno	2	mint
	llevado a pavonar	10	seg
	pavonado del perno	8.1	mint
	llevado a limpiado	1.9	seg
	limpieza del perno	2	mint
	llevado a almacenado	9.2	seg
almacenamiento del producto terminado	1	mint	

Fuente: La Empresa.

Anexo 3: Tabla de observación de tiempos de línea de proceso.

FECHA	DESCRIPCIÓN	TIEMPO MINIMO	UND
MARZO-2016	almacenamiento de varillas	1.2	mint
	llevado a cortado	8.2	seg
	cortado de varillas	2	mint
	llevado a despuntado	8.9	seg
	despuntado del perno	1.9	mint
	Llevado a forjado	7.7	seg
	forjado del perno	3	mint
	llevado prensado	8	seg
	prensado del perno	1.9	mint
	llevado a roscado	8.2	seg
	roscado del perno	2	mint
	llevado a pavonar	10	seg
	pavonado del perno	8	mint
	llevado a limpiado	2.2	seg
	limpieza del perno	2	mint
	llevado a almacenado	9.1	seg
almacenamiento del producto terminado	1	mint	

Fuente: La Empresa.

Anexo 4: Tabla de observación de tiempos de línea de proceso.

FECHA	DESCRIPCIÓN	TIEMPO MINIMO	UND
MARZO 2016	almacenamiento de varillas	1	mint
	llevado a cortado	8	seg
	cortado de varillas	2	mint
	llevado a despuntado	9	seg
	despuntado del perno	2	mint
	Llevado a forjado	8.1	seg
	forjado del perno	3	mint
	llevado prensado	8	seg
	prensado del perno	1.9	mint
	llevado a roscado	7.9	seg
	roscado del perno	2	mint
	llevado a pavonar	10	seg
	pavonado del perno	8	mint
	llevado a limpiado	2.1	seg
	limpieza del perno	2	mint
	llevado a almacenado	8.8	seg
almacenamiento del producto terminado	1	mint	

Fuente: La Empresa.

Anexo 5: Tabla de observación de tiempos de línea de proceso.

FECHA	DESCRIPCIÓN	TIEMPO MINIMO	UND
MARZO 2016	almacenamiento de varillas	1	mint
	llevado a cortado	8.1	seg
	cortado de varillas	2.1	mint
	llevado a despuntado	9.2	seg
	despuntado del perno	2	mint
	Llevado a forjado	8	seg
	forjado del perno	2.8	mint
	llevado prensado	8	seg
	prensado del perno	2	mint
	llevado a roscado	7.8	seg
	roscado del perno	2	mint
	llevado a pavonar	10	seg
	pavonado del perno	8	mint
	llevado a limpiado	2.1	seg
	limpieza del perno	2	mint
	llevado a almacenado	8.8	seg
almacenamiento del producto terminado	1	mint	

Fuente: la empresa

Anexo 6: Tabla análisis de tiempos para diagrama hombre-máquina.

FECHA	TIEMPO EN SEGUNDOS	HOMBRE		MAQUINA (HORNO)		
ABRIL 2016	7.4	x	llevado de material hacia la maquina	x	ociosa	
	1.8	x	puesta de pernos en el horno	x	ociosa	
	119.2	x	alineamiento y accionado de valvulas de gas y aire	x	opera	
	640.2	x	pavonado de pernos	x	opera	x
	119.8	x	alineamiento y accionado de valvulas de gas y aire	x	ociosa	
	2.6	x	retiro del perno del horno	x	ociosa	
	891	tiempo total en segundos				

Fuente: la empresa

Anexo 7: Tabla análisis de tiempos para diagrama hombre-máquina.

FECHA	TIEMPO EN SEGUNDOS		HOMBRE		MAQUINA (HORNO)	
	ABRIL 2016	7.8	x	llevado de material hacia la maquina	x	ociosa
2.3		x	puesta de pernos en el horno	x	ociosa	
120		x	alineamiento y accionado de valvulas de gas y aire	x	opera	
639.3		x	pavonado de pernos	x	opera	x
119.6		x	alineamiento y accionado de valvulas de gas y aire	x	ociosa	
3.4		x	retiro del perno del horno	x	ociosa	
892.4		tiempo total en segundos				

Fuente: la empresa

Anexo 8: Tabla análisis de tiempos para diagrama hombre-máquina.

FECHA	TIEMPO EN SEGUNDOS		HOMBRE		MAQUINA (HORNO)	
	ABRIL 2016	8	x	llevado de material hacia la maquina	x	ociosa
1.7		x	puesta de pernos en el horno	x	ociosa	
120.4		x	alineamiento y accionado de valvulas de gas y aire	x	opera	
639.4		x	pavonado de pernos	x	opera	x
119.8		x	alineamiento y accionado de valvulas de gas y aire	x	ociosa	
2.7		x	retiro del perno del horno	x	ociosa	
892		tiempo total en segundos				

Fuente: la empresa

Anexo 9: Tabla análisis de tiempos para diagrama hombre-máquina.

FECHA	TIEMPO EN SEGUNDOS		HOMBRE		MAQUINA (HORNO)	
	ABRIL 2016	8.3	x	llevado de material hacia la maquina	x	ociosa
2.2		x	puesta de pernos en el horno	x	ociosa	
119.8		x	alineamiento y accionado de valvulas de gas y aire	x	opera	
640.9		x	pavonado de pernos	x	opera	x
120		x	alineamiento y accionado de valvulas de gas y aire	x	ociosa	
2.9		x	retiro del perno del horno	x	ociosa	
894.1		tiempo total en segundos				

Fuente: la empresa

Anexo 10: Tabla análisis de tiempos para diagrama hombre-máquina.

FECHA	TIEMPO EN SEGUNDOS		HOMBRE		MAQUINA (HORNO)	
	ABRIL 2016	8.2	x	llevado de material hacia la maquina	x	ociosa
1.7		x	puesta de pernos en el horno	x	ociosa	
119.7		x	alineamiento y accionado de valvulas de gas y aire	x	opera	
640.2		x	pavonado de pernos	x	opera	x
120.4		x	alineamiento y accionado de valvulas de gas y aire	x	ociosa	
3.5		x	retiro del perno del horno	x	ociosa	
893.7		tiempo total en segundos				

Fuente: la empresa

Anexo 11: Tabla análisis de tiempos para diagrama hombre-máquina.

FECHA	TIEMPO EN SEGUNDOS		HOMBRE		MAQUINA (HORNO)	
ABRIL 2016	7.9	x	llevado de material hacia la maquina	x	ociosa	
	1.8	x	puesta de pernos en el horno	x	ociosa	
	120.2	x	alineamiento y accionado de valvulas de gas y aire	x	opera	
	640	x	pavonado de pernos	x	opera	x
	119.9	x	alineamiento y accionado de valvulas de gas y aire	x	ociosa	
	2.5	x	retiro del perno del horno	x	ociosa	
	892.3		tiempo total en segundos			

Fuente: la empresa

Anexo 12: Tabla de calibres THW.

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm²)								
CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (AWG / MCM)									
CALIBRE CONDUCTOR	SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
								AIRE	DUCTO
AWG/MCM	mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
14	2.1	7	0.60	1.75	0.8	3.4	28	35	25
12	3.3	7	0.76	2.20	0.8	3.8	40	40	30
10	5.3	7	0.96	2.78	0.8	4.4	59	56	40
8	8.4	7	1.20	3.61	1.1	5.9	98	80	56
6	13.3	7	1.53	4.60	1.5	7.6	161	107	75
4	21.1	7	1.93	5.80	1.5	8.9	240	141	96
2	33.6	7	2.44	7.31	1.5	10.4	363	192	130
1/0	53.4	19	1.87	8.58	2	12.7	570	260	170
2/0	67.4	19	2.10	9.64	2	13.8	704	300	197
3/0	85.1	19	2.35	10.82	2	15	871	350	226
4/0	107.2	19	2.64	12.15	2.4	17.1	1109	406	260
250	126.7	37	2.06	13.25	2.4	18.2	1289	457	290
300	151.9	37	2.25	14.51	2.4	19.5	1527	505	321
350	177.5	37	2.44	15.69	2.4	20.6	1769	569	350
500	253.1	37	2.91	18.73	2.8	24.5	2512	699	429

Anexo 13: Elección de contactores

Contadores tripolares A

Tablas de elección



Tipos

A9 A12 A16

A26 A30 A40

A50 A63 A75

A95 A110

Elección según IEC

Potencia nominal de empleo AC-3

220-230-240 V	kW	2.2	3	4	6.5	9	11	15	16.5	22	25	30	
Motores trifásicos 1500 rev. / min. 50 Hz	380-400 V	kW	4	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55
ó 1800 rev. / min. 60 Hz	415 V	kW	4	5.5	9	11	15	18.5	25	37	40	55	59
temperatura medida a proximidad del contactor:	440 V	kW	4	5.5	9	15	18.5	22	25	37	40	55	59
$\theta \leq 55\text{ }^{\circ}\text{C}$	500 V	kW	5.5	7.5	9	15	18.5	22	30	37	45	55	59
	690 V	kW	5.5	7.5	9	15	18.5	22	30	37	40	55	75
	1000 V	kW	-	-	-	-	-	-	30	33	37	40	40

Corriente nominal de empleo I_n / AC-3

220-230-240 V	A	9	12	17	26	33	40	53	65	75	96	110	
Motores trifásicos 380-400 V	A	9	12	17	26	32	37	50	65	75	96	110	
415 V	A	9	12	17	26	32	37	50	65	72	96	110	
temperatura medida a proximidad del contactor:	440 V	A	9	12	16	26	32	37	45	65	70	93	100
$\theta \leq 55\text{ }^{\circ}\text{C}$	500 V	A	9	12	14	22	28	33	45	55	65	80	100
	690 V	A	7	9	10	17	21	25	35	43	46	65	82
	1000 V	A	-	-	-	-	-	-	23	25	28	30	30

Corriente nominal de empleo I_n / AC-1

$\theta \leq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$	A	25	27	30	45	55	60	100	115	125	145	160	
temperatura medida a proximidad del contactor:	$\theta \leq 55\text{ }^{\circ}\text{C}$	A	22	25	27	40	55	60	85	95	105	135	145
	$\theta \leq 70\text{ }^{\circ}\text{C}$	A	18	20	23	32	39	42	70	80	85	115	130

sección transversal

del cable de conexión	mm ²	2.5	4	4	6	10	16	35	50	50	50	70
-----------------------	-----------------	-----	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----

Máx. calibre del fusible gG (gl)	A	25	32	32	50	63	63	100	125	160	160	200
----------------------------------	---	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----

Símbolo comercial		A9-30-10	A12-30-10	A16-30-10	A26-30-10	A30-30-10	A40-30-10	A50-30-00	A63-30-00	A75-30-00	A95-30-00	A110-30-00
-------------------	--	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------

Anexo 14: milivoltios respecto a la temperatura

TERMOCUPLA °C	K milivolts									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-270	-6.458									
-260	-6.441	-6.444	-6.446	-6.448	-6.450	-6.452	-6.453	-6.455	-6.456	-6.457
-250	-6.404	-6.408	-6.413	-6.417	-6.421	-6.425	-6.429	-6.432	-6.435	-6.438
-240	-6.344	-6.351	-6.358	-6.364	-6.371	-6.377	-6.382	-6.388	-6.394	-6.399
-230	-6.262	-6.271	-6.280	-6.289	-6.297	-6.306	-6.314	-6.322	-6.329	-6.337
-220	-6.158	-6.170	-6.181	-6.192	-6.202	-6.213	-6.223	-6.233	-6.243	-6.253
-210	-6.035	-6.048	-6.061	-6.074	-6.087	-6.099	-6.111	-6.123	-6.135	-6.147
-200	-5.891	-5.907	-5.922	-5.936	-5.951	-5.965	-5.980	-5.994	-6.007	-6.021
-190	-5.730	-5.747	-5.763	-5.780	-5.796	-5.813	-5.829	-5.845	-5.860	-5.876
-180	-5.550	-5.569	-5.587	-5.606	-5.624	-5.642	-5.660	-5.678	-5.695	-5.712
-170	-5.354	-5.374	-5.394	-5.414	-5.434	-5.454	-5.474	-5.493	-5.512	-5.531
-160	-5.141	-5.163	-5.185	-5.207	-5.228	-5.249	-5.271	-5.292	-5.313	-5.333
-150	-4.912	-4.936	-4.959	-4.983	-5.006	-5.029	-5.051	-5.074	-5.097	-5.119
-140	-4.669	-4.694	-4.719	-4.743	-4.768	-4.792	-4.817	-4.841	-4.865	-4.889
-130	-4.410	-4.437	-4.463	-4.489	-4.515	-4.541	-4.567	-4.593	-4.618	-4.644
-120	-4.138	-4.166	-4.193	-4.221	-4.248	-4.276	-4.303	-4.330	-4.357	-4.384
-110	-3.852	-3.881	-3.910	-3.939	-3.968	-3.997	-4.025	-4.053	-4.082	-4.110
-100	-3.553	-3.584	-3.614	-3.644	-3.674	-3.704	-3.734	-3.764	-3.793	-3.823
-90	-3.242	-3.274	-3.305	-3.337	-3.368	-3.399	-3.430	-3.461	-3.492	-3.523
-80	-2.920	-2.953	-2.985	-3.018	-3.050	-3.082	-3.115	-3.147	-3.179	-3.211
-70	-2.586	-2.620	-2.654	-2.687	-2.721	-2.754	-2.788	-2.821	-2.854	-2.887
-60	-2.243	-2.277	-2.312	-2.347	-2.381	-2.416	-2.450	-2.484	-2.518	-2.552
-50	-1.889	-1.925	-1.961	-1.996	-2.032	-2.067	-2.102	-2.137	-2.173	-2.208
-40	-1.527	-1.563	-1.600	-1.636	-1.673	-1.709	-1.745	-1.781	-1.817	-1.853
-30	-1.156	-1.193	-1.231	-1.268	-1.305	-1.342	-1.379	-1.416	-1.453	-1.490
-20	-0.777	-0.816	-0.854	-0.892	-0.930	-0.968	-1.005	-1.043	-1.081	-1.118
-10	-0.392	-0.431	-0.469	-0.508	-0.547	-0.585	-0.624	-0.662	-0.701	-0.739
0	-0.000	-0.039	-0.079	-0.118	-0.157	-0.197	-0.236	-0.275	-0.314	-0.353
0	-0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.162
30	1.203	1.244	1.285	1.325	1.366	1.407	1.448	1.489	1.529	1.570
40	1.611	1.652	1.693	1.734	1.776	1.817	1.858	1.899	1.940	1.981
50	2.022	2.064	2.105	2.146	2.188	2.229	2.270	2.312	2.353	2.394
60	2.436	2.477	2.519	2.560	2.601	2.643	2.684	2.726	2.767	2.809
70	2.850	2.892	2.933	2.975	3.016	3.058	3.100	3.141	3.183	3.224
80	3.266	3.307	3.349	3.390	3.432	3.473	3.515	3.556	3.598	3.639
90	3.681	3.722	3.764	3.805	3.847	3.888	3.930	3.971	4.012	4.054
100	4.095	4.137	4.178	4.219	4.261	4.302	4.343	4.384	4.426	4.467
110	4.508	4.549	4.590	4.632	4.673	4.714	4.755	4.796	4.837	4.878
120	4.919	4.960	5.001	5.042	5.083	5.124	5.164	5.205	5.246	5.287
130	5.327	5.368	5.409	5.450	5.490	5.531	5.571	5.612	5.652	5.693
140	5.733	5.774	5.814	5.855	5.895	5.936	5.976	6.016	6.057	6.097
150	6.137	6.177	6.218	6.258	6.298	6.338	6.378	6.419	6.459	6.499
160	6.539	6.579	6.619	6.659	6.699	6.739	6.779	6.819	6.859	6.899
170	6.939	6.979	7.019	7.059	7.099	7.139	7.179	7.219	7.259	7.299
180	7.338	7.378	7.418	7.458	7.498	7.538	7.578	7.618	7.658	7.697
190	7.737	7.777	7.817	7.857	7.897	7.937	7.977	8.017	8.057	8.097
200	8.137	8.177	8.216	8.256	8.296	8.336	8.376	8.416	8.456	8.497
210	8.537	8.577	8.617	8.657	8.697	8.737	8.777	8.817	8.857	8.898
220	8.938	8.978	9.018	9.058	9.099	9.139	9.179	9.220	9.260	9.300
230	9.341	9.381	9.421	9.462	9.502	9.543	9.583	9.624	9.664	9.705
240	9.745	9.786	9.826	9.867	9.907	9.948	9.989	10.029	10.070	10.111
250	10.151	10.192	10.233	10.274	10.315	10.356	10.396	10.437	10.478	10.519

Anexo 15 : milivoltios respecto a la temperatura

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
260	10.560	10.600	10.641	10.682	10.723	10.764	10.805	10.846	10.887	10.928
270	10.969	11.010	11.051	11.093	11.134	11.175	11.216	11.257	11.298	11.339
280	11.381	11.422	11.463	11.504	11.546	11.587	11.628	11.669	11.711	11.752
290	11.793	11.835	11.876	11.918	11.959	12.000	12.042	12.083	12.125	12.166
300	12.207	12.249	12.290	12.332	12.373	12.415	12.456	12.498	12.539	12.581
310	12.623	12.664	12.706	12.747	12.789	12.831	12.872	12.914	12.955	12.997
320	13.039	13.080	13.122	13.164	13.205	13.247	13.289	13.331	13.372	13.414
330	13.456	13.497	13.539	13.581	13.623	13.665	13.706	13.748	13.790	13.832
340	13.874	13.915	13.957	13.999	14.041	14.083	14.125	14.167	14.208	14.250
350	14.292	14.334	14.376	14.418	14.460	14.502	14.544	14.586	14.628	14.670
360	14.712	14.754	14.796	14.838	14.880	14.922	14.964	15.006	15.048	15.090
370	15.132	15.174	15.216	15.258	15.300	15.342	15.384	15.426	15.468	15.510
380	15.552	15.594	15.636	15.679	15.721	15.763	15.805	15.847	15.889	15.931
390	15.974	16.016	16.058	16.100	16.142	16.184	16.227	16.269	16.311	16.353
400	16.395	16.438	16.480	16.522	16.564	16.607	16.649	16.691	16.733	16.776
410	16.818	16.860	16.902	16.945	16.987	17.029	17.072	17.114	17.156	17.199
420	17.241	17.283	17.326	17.368	17.410	17.453	17.495	17.537	17.580	17.622
430	17.664	17.707	17.749	17.792	17.834	17.876	17.919	17.961	18.004	18.046
440	18.088	18.131	18.173	18.216	18.258	18.301	18.343	18.385	18.428	18.470
450	18.513	18.555	18.598	18.640	18.683	18.725	18.768	18.810	18.853	18.895
460	18.938	18.980	19.023	19.065	19.108	19.150	19.193	19.235	19.278	19.320
470	19.363	19.405	19.448	19.490	19.533	19.576	19.618	19.661	19.703	19.746
480	19.788	19.831	19.873	19.916	19.959	20.001	20.044	20.086	20.129	20.172
490	20.214	20.257	20.299	20.342	20.385	20.427	20.470	20.512	20.555	20.598
500	20.640	20.683	20.725	20.768	20.811	20.853	20.896	20.938	20.981	21.024
510	21.066	21.109	21.152	21.194	21.237	21.280	21.322	21.365	21.407	21.450
520	21.493	21.535	21.578	21.621	21.663	21.706	21.749	21.791	21.834	21.876
530	21.919	21.962	22.004	22.047	22.090	22.132	22.175	22.218	22.260	22.303
540	22.346	22.388	22.431	22.473	22.516	22.559	22.601	22.644	22.687	22.729
550	22.772	22.815	22.857	22.900	22.942	22.985	23.028	23.070	23.113	23.156
560	23.198	23.241	23.284	23.326	23.369	23.411	23.454	23.497	23.539	23.582
570	23.624	23.667	23.710	23.752	23.795	23.837	23.880	23.923	23.965	24.008
580	24.050	24.093	24.136	24.178	24.221	24.263	24.306	24.348	24.391	24.434
590	24.476	24.519	24.561	24.604	24.646	24.689	24.731	24.774	24.817	24.859
600	24.902	24.944	24.987	25.029	25.072	25.114	25.157	25.199	25.242	25.284
610	25.327	25.369	25.412	25.454	25.497	25.539	25.582	25.624	25.666	25.709
620	25.751	25.794	25.836	25.879	25.921	25.964	26.006	26.048	26.091	26.133
630	26.176	26.218	26.260	26.303	26.345	26.387	26.430	26.472	26.515	26.557
640	26.599	26.642	26.684	26.726	26.769	26.811	26.853	26.896	26.938	26.980
650	27.022	27.065	27.107	27.149	27.192	27.234	27.276	27.318	27.361	27.403
660	27.445	27.487	27.529	27.572	27.614	27.656	27.698	27.740	27.783	27.825
670	27.867	27.909	27.951	27.993	28.035	28.078	28.120	28.162	28.204	28.246
680	28.288	28.330	28.372	28.414	28.456	28.498	28.540	28.583	28.625	28.667
690	28.709	28.751	28.793	28.835	28.877	28.919	28.961	29.002	29.044	29.086
700	29.128	29.170	29.212	29.254	29.296	29.338	29.380	29.422	29.464	29.505
710	29.547	29.589	29.631	29.673	29.715	29.756	29.798	29.840	29.882	29.924
720	29.965	30.007	30.049	30.091	30.132	30.174	30.216	30.257	30.299	30.341
730	30.383	30.424	30.466	30.508	30.549	30.591	30.632	30.674	30.716	30.757
740	30.799	30.840	30.882	30.924	30.965	31.007	31.048	31.090	31.131	31.173
750	31.214	31.256	31.297	31.339	31.380	31.422	31.463	31.504	31.546	31.587
760	31.629	31.670	31.712	31.753	31.794	31.836	31.877	31.918	31.960	32.001
770	32.042	32.084	32.125	32.166	32.207	32.249	32.290	32.331	32.372	32.414
780	32.455	32.496	32.537	32.578	32.619	32.661	32.702	32.743	32.784	32.825
790	32.866	32.907	32.948	32.990	33.031	33.072	33.113	33.154	33.195	33.236
800	33.277	33.318	33.359	33.400	33.441	33.482	33.523	33.564	33.604	33.645
810	33.686	33.727	33.768	33.809	33.850	33.891	33.931	33.972	34.013	34.054
820	34.095	34.136	34.176	34.217	34.258	34.299	34.339	34.380	34.421	34.461

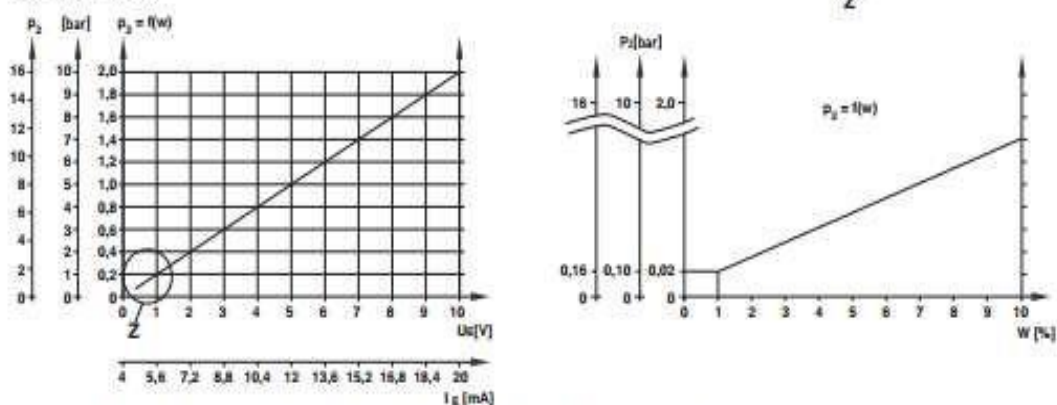
Anexo 14: Tabla del caudal de válvulas.



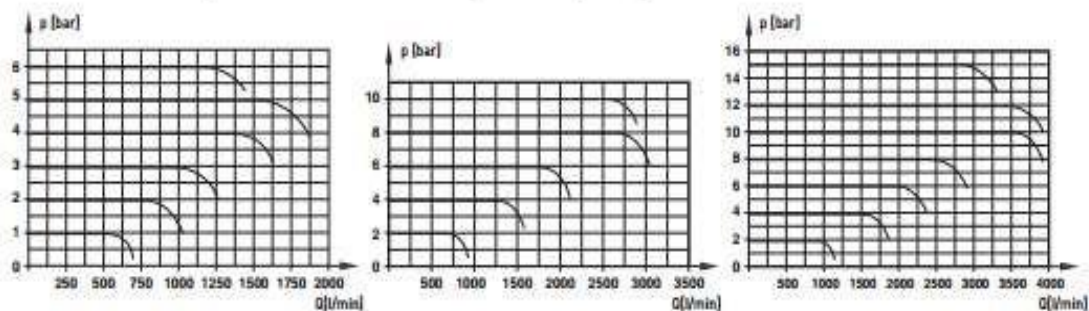
Características neumática

Características de caudal como función de la señal de control (voltaje/corriente) y presión de entrada 7 bar, 12 bar, 17 bar para valor nominal 8 y 16

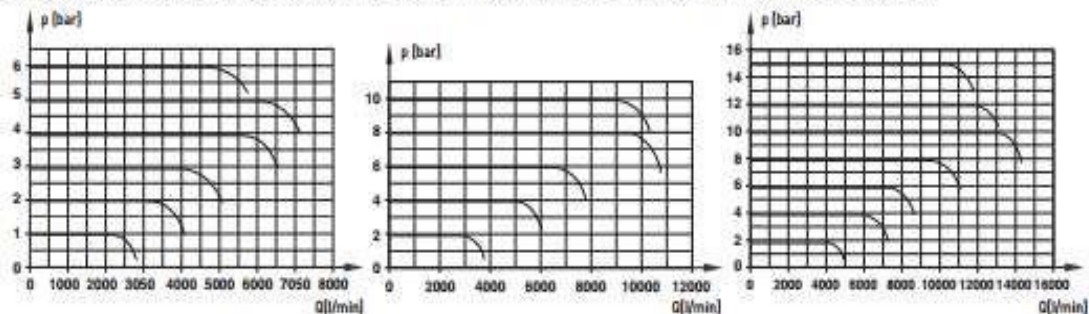
Características



Características de caudal para modelos con orificio de 8 mm y P1 con 7 bar, 12 bar, 17 bar



Características de caudal para modelos con orificio de 16 mm, placa de conexión 1/2" (NG12) y P1 con 7 bar, 12 bar, 17 bar



Anexo 15: Ficha técnica de válvula proporcional V23

Válvula proporcional

VP23

G 1/4 ... G 3/4



Control electrónico digital
Control de presión variable
Control de presión externo bajo demanda
Opcional: interface de serie con programa VP-Tool
Accionamiento opcional vía Haidbus
Válvula según CE
Exento de siliconas

DATOS TÉCNICOS

Fluido:
Aire comprimido o gases neutros filtrados a 50 μm ; no lubricados o lubricados, libre de condensados.
Debido a los aditivos de los lubricantes, el uso de aire comprimido lubricado puede afectar a la dinámica y la vida útil.

Funcionamiento:
Válvula de asiento de control de presión μP

Orificio (nominal):
8, 16 mm

Presión de trabajo p_1 (nominal):
7 bar, 12 bar, 17 bar máx.

Ajuste de presión p_2 :
0 [0,02] a 2 bar/0 [0,1] a 10 bar/0 [0,14] a 16 bar

Caudal:
Ver características del caudal

Dirección del caudal:
1 \rightarrow 2, 2 \rightarrow 3

Temperatura del fluido:
+5 a +50°C (condensación no permitida)

Ambiente:
La serie de válvulas está diseñada para su uso en interiores en ambientes industriales normales

Temperatura ambiente:
-5 a +60 °C
Consultar nuestro Servicio Técnico para temperaturas inferiores a -5°C.

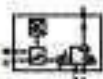
Grado de protección:
IP65 (variante M12 con conector insertado)

Vida útil:
> 10 millones de operaciones, carrera máx.

Tolerancia:
Linealidad: $\leq \pm 1,0$ (% p_2 máx.)
Precisión del control: $\leq \pm 1,0$ (% p_2 máx.)
Sensibilidad: $\leq \pm 0,2$ (% p_2 máx.)
Histéresis: $\leq \pm 0,5$ (% p_2 máx.)
Repetibilidad: $\leq \pm 0,5$ (% p_2 máx.)
valores relacionados con 20°C y alimentación de 24 V c.c.

Materiales:
Cuerpo de la válvula: aluminio
Cuerpo electrónica: PAA
Juntas: NBR, HNBR bajo demanda
Partes internas: PBT
Muelles: acero

Accionamiento	Orificio (mm)	Presión de salida (bar)	Señal de control	Valor real	MODELOS
	16	0 ... 16	4 ... 20 mA	0 ... 10 V/0 ... 20 mA	VP2316BE1461Mxxxx
	8	0 ... 16	4 ... 20 mA	0 ... 10 V/0 ... 20 mA	VP2316BD1461Mxxxx
	16	0 ... 16	0 ... 10 V	0 ... 10 V/0 ... 20 mA	VP2316BE1761Mxxxx
	8	0 ... 16	0 ... 10 V	0 ... 10 V/0 ... 20 mA	VP2316BD1761Mxxxx
	16	0 ... 10	4 ... 20 mA	0 ... 10 V/0 ... 20 mA	VP2310BE1461Mxxxx
	8	0 ... 10	4 ... 20 mA	0 ... 10 V/0 ... 20 mA	VP2310BD1461Mxxxx
	16	0 ... 10	0 ... 10 V	0 ... 10 V/0 ... 20 mA	VP2310BE1761Mxxxx
	8	0 ... 10	0 ... 10 V	0 ... 10 V/0 ... 20 mA	VP2310BD1761Mxxxx
	16	0 ... 2	4 ... 20 mA	0 ... 10 V/0 ... 20 mA	VP2302BE1461Mxxxx
	8	0 ... 2	4 ... 20 mA	0 ... 10 V/0 ... 20 mA	VP2302BD1461Mxxxx
	16	0 ... 2	0 ... 10 V	0 ... 10 V/0 ... 20 mA	VP2302BE1761Mxxxx
	8	0 ... 2	0 ... 10 V	0 ... 10 V/0 ... 20 mA	VP2302BD1761Mxxxx



Anexo 16: Ficha técnica de válvula proporcional V23



SELECTOR DE OPCIONES

VP23**B***1*****

Rango de presión	Sustituir	Option	Sustituir
0... 2 bar	02	Interface de serie:	B200
0... 10 bar	10	Interface de serie + Pantalla-LED*	B201
0... 16 bar	16		
Orificio	Sustituir	Conector	Sustituir
8 mm	D	M12x1, 8-pin	M
16 mm	E	Profibus DP (bajo demanda)	N
Señal de control	Sustituir	valor real	Sustituir
4 a 20 mA	4	0... 10 V / 4... 20 mA	6
0 a 10 V (diferencial)	7	Profibus DP (bajo demanda)	P
Profibus DP (bajo demanda)	P		

Pantalla-LED* para versión bus no disponible, control de presión externo bajo demanda (entrada sensor por separado incluyendo ajuste software)

Anexo 17: Tabla de sensores de temperatura.

TABLA No. 3

Límites de error

TIPO	Materiales del Termopar	Rango recomendado de temperatura °C	Rango de Temperatura	Std.	Especial
T	Cobre - Constant	-270 a 400	-184 a - 101	±	± 5/9 %
			-101 a - 59	± 1,1/9%	± 5/9 %
			- 59 a 93	± 0,83°C	± 0,40°C
K	Cromel-Alumel	-270 a 1370	93 a 371	± 5/12%	± 5/24 %
			0 a 277	± 2°C	± 1°C
E	Cromel-Constant	-270 a 1000	277 a 1260	± 15/36%	± 5/24 %
			0 a 316	± 1,6°C	± 1,25°C
J	Hierro-Constant	-210 a 1200	316 a 871	± 5/18%	± 5/24 %
			0 a 277	± 2°C	± 1°C
R	Platino-13% Rodio-Platino	- 50 a 1767	277 a 760	± 5/12 %	± 5/29 %
			0 a 530	± 1,5°C	± 1,5°C
S	Platino-10% Rodio-Platino	- 50 a 1767	530 a 1482	± 5/36%	
			0 a 538	± 1,5°C	
B	Platino-30% rodio-Platino 6% rodio	0 a 1820	538 a 1482	± 5/36 %	
			871 a 1705	± 5/18 %	