

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**“ANÁLISIS DEL PROCESO DE INYECCIÓN DEL POLIETILENO Y
SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA
PLASTELEC”**

Informe de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

AUTOR:

Juan Carlos Arellano Beltrán

TUTOR:

Ing. Christian Iza

QUITO – ECUADOR

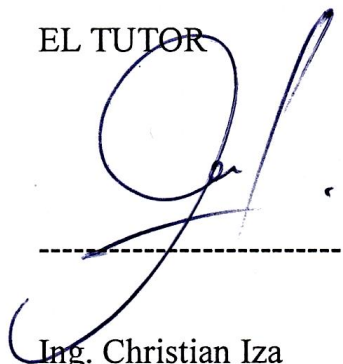
2017

APROBACIÓN DEL TUTOR

En Calidad de Director del Proyecto: “ANÁLISIS DEL PROCESO DE INYECCIÓN DEL POLIETILENO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA PLASTELEC”, presentado por Juan Carlos Arellano Beltrán para optar por el título de Ingeniero Industrial, CERTIFICO que dicho proyecto de tesis ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

Quito, 20 de febrero del 2017

EL TUTOR



A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'C' followed by 'ristian Iza'. The signature is written over a horizontal dashed line.

Ing. Christian Iza

CC: 171243826-4

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

AUTORÍA

Los criterios contenidos en el trabajo de investigación: **“ANÁLISIS DEL PROCESO DE INYECCIÓN DEL POLIETILENO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA PLASTELEC”**, como también en los contenidos, ideas, criterios, condiciones y propuesta son de exclusiva responsabilidad del autor de este trabajo de titulación.

Quito, Febrero de 2017

Autor:

Juan Carlos Arellano Beltrán

CC: 1713863072

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y, PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo Juan Carlos Arellano Beltrán, declaro ser autor del proyecto de titulación titulado: **“ANÁLISIS DEL PROCESO DE INYECCIÓN DEL POLIETILENO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA PLASTELEC”**, como requisito para optar al grado de “Ingeniero Industrial”, autorizo al sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, par que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios de RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con los cuales la Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo acepto que los Derechos de Autor, Morales y Parciales, sobre esta obra serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 20 días del mes de Febrero del 2017, firmo conforme:

AUTOR: Juan Carlos Arellano Beltrán

Firma

Número de Cédula: 1713863072

Dirección: Avenida Cusubamba Oe4-232 Y Avenida Apuela

Correo Electrónico: jcarellanob@hotmail.com

Teléfono: 0984901761

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

APROBACIÓN DEL COMITÉ DE GRADO

Luego de analizar el trabajo de grado “ANÁLISIS DEL PROCESO DE INYECCIÓN DEL POLIETILENO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA PLASTELEC”, del señor estudiante JUAN CARLOS ARELLANO BELTRÁN, egresado de la carrera de Ingeniería Industrial, se ha determinado que el presente trabajo de investigación reúne todos los requisitos de fondo y de forma para que el señor estudiante pueda presentarse a la defensa respectiva el momento que el Consejo Directivo lo disponga.

Quito,.....

.....

PRESIDENTE

.....

VOCAL

.....

VOCAL

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su sabiduría brindada a mi persona para cumplir con mi formación educativa, a la Universidad Tecnológica Indoamérica por abrirme las puertas de la educación superior y formarme como profesional, a mis queridos docentes por compartirme sus sabios conocimientos durante mi transcurso estudiantil, a las personas que hicieron posible el desarrollo de la investigación, a la fábrica Plastelec por la ayuda brindada para la ejecución del presente proyecto y de forma especial a mis padres, esposa, hijos, hermanos y amigos por su apoyo incondicional.

Juan Carlos Arellano Beltrán

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a mi padre José María Arellano Borja que desde el cielo me protege, cuida y me inspira para seguir adelante, a mi esposa Ana Lucía Mafla Carrillo, mis hijos Linda Micaela Arellano Mafla, Karla Luciana Arellano Mafla, Juan Diego Arellano Mafla, mi madre María Mercedes Beltrán, hermanos y amigos que desinteresadamente están junto a mí en la buenas y en las malas.

Juan Carlos Arellano Beltrán

INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	i
AUTORÍA.....	ii
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y, PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL COMITÉ DE GRADO	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
INDICE DE TABLAS	xxii
INTRODUCCIÓN.....	1
Tema.....	3
Línea de Investigación.....	3
Empresarial y Productividad.....	3
Contextualización.....	4
Macro.....	4
Meso	5
Micro	7
Misión.....	8
Visión	8
Política.....	8

Objetivos de Calidad	8
Árbol de problema.....	9
Análisis crítico.....	10
Prognosis	10
Formulación del problema.....	11
Delimitación del objeto de investigación.	11
Justificación.....	11
Aporte a la Misión y Visión.....	12
Beneficio	13
OBJETIVOS.....	13
Objetivo General.	13
Objetivos Específicos.....	13
CAPITULO II.....	14
MARCO TEÓRICO	14
Antecedentes investigativos	14
Fundamentación técnica.	16
Fundamentación legal.....	18
Constitución Política del Ecuador.....	18
Código de la producción.....	19
Categorías fundamentales.....	20
Red de categorías	20

Constelación de ideas	21
Marco conceptual	23
Ingeniería industrial	23
Procesos de producción.....	23
Proceso de inyección.....	23
Etapas del proceso de inyección. -	24
Cierre del molde. -	25
Inyección de polietileno. -	25
Carga. -	28
Apertura del molde y expulsión de la pieza. -.....	29
Enfriamiento. -	29
Identificación de las variables más importantes. -	30
Temperatura de inyección. -.....	30
Temperatura de molde. -	32
Tiempo de inyección. -.....	32
Tiempo de rechupe. -.....	33
Tiempo de mantenimiento. -.....	33
Tiempo de enfriamiento. -.....	33
Tiempo de ciclo. -	34
Presión de inyección. -	35
Presión de mantenimiento. -.....	35

Gestión del proceso	36
Control del proceso	36
Mejora del proceso	36
Ingeniería de métodos	37
Programación de producción.....	37
Productividad.	37
Proceso de Producción.	38
Proceso de producción industrial. -	39
Proceso productivo en serie. -	39
Calibración de maquinaria.	39
Materia prima.	40
Hipótesis.....	41
Variables.....	41
Variable independiente.....	41
Variable dependiente.....	41
CAPITULO III	42
Metodología.....	42
Enfoque de la modalidad	42
Enfoque de la modalidad cuantitativa	42
Modalidad básica de la investigación.....	42
Investigación de campo.....	42

Bibliográfica documental	42
Tipos de investigación.....	43
Investigación exploratoria.....	43
Investigación descriptiva.....	43
Investigación correlacional	43
Población y muestra	43
Operacionalización de variables.....	45
Recolección de información.....	47
CAPÍTULO IV	50
Análisis e interpretación de resultados	50
Situación actual del proceso de inyección del polietileno	50
Proceso de inyección de polietileno en la empresa Plastelec.....	51
Proceso de inyección de polietileno en modo manual	51
Proceso de Inyección de Polietileno en Modo Automático	52
Diagrama de flujo del proceso de inyección de polietileno situación actual	54
Diagrama de flujo del proceso de inyección modo automático situación actual	55
Diagrama de flujo del proceso de inyección modo manual en la situación actual	56
Tiempos de cada etapa del proceso de inyección de polietileno.....	57
Presión hidráulica general en cada etapa del proceso de inyección.....	59
Gráfica de presión vs tiempo.....	59
Análisis de la gráfica presión vs tiempo.	60

Potencia de cada etapa del proceso	60
Temperatura del proceso de inyección.....	61
Relación de las variables	62
Verificación de Hipótesis	68
Formulación de la Hipótesis.....	69
Selección del nivel de Significación	69
Elección de la prueba estadística.....	69
Frecuencias observadas	70
Frecuencias esperadas	71
Grados de libertad	71
Cálculo para la verificación de hipótesis	72
Análisis.....	73
Decisión.....	73
Diagrama de P.E.R.T.	73
Actividades a desarrollarse en la implementación de la propuesta.....	73
Tiempo optimista (t_o).....	75
Tiempo pesimista (t_p).	75
Tiempo esperado para una actividad (t_e).	75
Ruta Crítica. -	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	78
CONCLUSIONES.....	78

RECOMENDACIONES	79
CAPÍTULO V	80
PROPUESTA	80
Tema:	80
Datos informativos de la empresa	80
Beneficiarios	80
Antecedentes de la propuesta	80
Objetivos.....	81
Objetivo general	81
Objetivos específicos	81
Justificación de la propuesta	81
Justificación técnica	81
Justificación económica	82
Alternativas de solución.....	82
Análisis del costo de las alternativas de solución	83
Selección de la alternativa.....	86
Análisis.....	90
Interpretación	90
Factibilidad.....	90
Fundamentación teórica.....	90
Sistemas de control.....	90

Señales comunes	91
Respuesta transitoria y respuesta en estado estable	91
Sistemas de primer orden	92
Sistemas de segundo orden	92
Respuesta oscilante	92
Respuesta con amortiguamiento o critica	93
Respuesta para sistemas sobreamortiguamientos.....	93
Tipos de sistemas de control	94
Lazo abierto.....	94
Lazo cerrado.....	94
A Entradas o Sensores.....	96
Sensor análogo.....	96
Clasificación de los sensores análogos.....	96
De posición lineal o angular	96
Sensores de velocidad	97
Sensores de fuerza.....	97
Sensores de nivel.....	98
Sensor o transductor de presión capacitivo.....	98
Ventajas.....	99
Desventajas	99
Sensor o transductor de presión resistivo.....	99

.....	100
B Salidas o actuadores	100
Electroválvulas convencionales	100
Válvula proporcional.....	101
C Controlador lógico programable “PLC”	102
Módulos de entradas y salidas análogas.	103
Controlador PID	103
Selección del PLC	105
Desarrollo de la propuesta	106
Procedimientos Iniciales	106
Cálculo de parámetros de control PID	106
Ajuste de parámetros PID	107
Gráfica de presión vs tiempo medio en cada etapa del proceso.....	108
Determinación de la constante proporcional.....	110
Determinación del tiempo de integración	110
Determinación del tiempo de derivación	110
Software de programación Twidosoft.....	110
Algoritmo	111
Lenguaje de programación.....	111
Lenguaje de lista de instrucciones.....	111
Lenguaje de programación Ladder (Escalera)	112

Lenguaje de programación diagrama de bloques.....	112
Procedimiento para configuración de parámetros K_p , T_d , T_i	113
Programación PID.....	117
Pruebas de funcionamiento.....	119
Diagrama de flujo del proceso de inyección, con la propuesta.....	120
Diagrama de flujo del proceso de inyección, modo automatico, con propuesta.....	121
Diagrama de flujo del proceso de inyección, modo manual, con propuesta.....	122
Análisis del diagrama de flujo con la propuesta.	123
Tiempos de cada etapa del proceso de inyección de polietileno.....	123
Gráfica de presión vs tiempo.....	125
Análisis de la gráfica presión vs tiempo.	126
Análisis financiero.....	126
Análisis financiero situación inicial.....	126
Capacidad de producción diaria.....	126
Productividad.....	127
Productividad del trabajo.....	127
Costos de producción.....	128
Costos variables.....	128
Costos fijos.....	129
Costos totales.....	129
Punto de equilibrio.....	129

Cálculo de la cantidad Q	130
Cálculo del ingreso total.....	130
Utilidad mensual del producto	131
Análisis financiero con la propuesta	132
Productividad en la empresa Plastelec con la implementación de la propuesta	132
Capacidad de proyectada.....	132
Capacidad efectiva	132
Eficiencia.....	134
Capacidad de producción diaria	134
Capacidad de producción mensual.....	135
Productividad del trabajo	135
Ingresos mensuales por ventas	136
Cálculo de la utilidad	136
Resumen comparativo de utilidades.....	136
Resumen comparativo de las Variables.....	137
Incremento de la productividad.....	137
Indicadores financieros VAN y TIR	137
Cálculo de la tasa de interés	138
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	142
CONCLUSIONES.....	142
RECOMENDACIONES	144

BIBLIOGRAFÍA.....	145
ANEXOS.....	148

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Árbol de problema.....	9
Figura 2: Categorías fundamentales.....	20
Figura 3: Constelación de ideas variable independiente.....	21
Figura 4: Constelación de ideas variable dependiente.....	22
Figura 5: Proceso de inyección de elementos plásticos.....	35
Figura 6: Producción y productividad.....	38
Figura 7: Diagrama de flujo del proceso de inyección.....	54
Figura 8: Diagrama de flujo del proceso de inyección en modo automático.....	55
Figura 9: Diagrama de flujo del proceso de inyección en modo manual.....	56
Figura 10: Esquema del proceso de inyección de polietileno.....	57
Figura 11. Gráfica de la presión versus el tiempo de trabajo.....	60
Figura 12: Potencia requerida para cada etapa del ciclo de inyección.....	60
Figura 13: Temperatura de la pieza y del molde de inyección.....	61
Figura 14: Representación gráfica de valores de pregunta No. 1.....	62
Figura 15: Representación gráfica de valores de pregunta No. 2.....	63
Figura 16: Representación gráfica de valores de pregunta No. 3.....	64
Figura 17: Representación gráfica de valores de pregunta No. 4.....	65
Figura 18: Representación gráfica de valores de pregunta No. 5.....	66
Figura 19: Representación gráfica de valores de pregunta No. 6.....	68
Figura 20: Zona de aceptación y rechazo de la hipótesis.....	72
Figura 21: Diagrama de P.E.R.T.	76
Figura 22: Diagrama C.P.M. y ruta crítica.....	77

Figura 23: Respuesta oscilante de un sistema de segundo orden.....	92
Figura 24: Respuesta con amortiguamiento de un sistema de segundo orden....	93
Figura 25: Respuesta sobreamortiguada de un sistema de segundo orden.....	93
Figura 26: Sistema de lazo abierto.....	94
Figura 27: Sistema de lazo cerrado.....	94
Figura 28: Potenciómetro o sensor a) lineal y b) angular.....	96
Figura 29: Estructura de un tacodínamo.....	97
Figura 30: Galga extensiométrica.....	97
Figura 31: Sensor de nivel.....	98
Figura 32: Transductor capacitivo de presión.....	98
Figura 33: Transductor resistivo de presión.....	99
Figura 34: Transductor de presión.....	100
Figura 35: Válvula hidráulica proporcional.....	102
Figura 36: Controlador lógico programable y software de programación.....	103
Figura 37: Módulo analógico de salida.....	104
Figura 38: Forma de procesar la información del controlador PID.....	105
Figura 39: Cableado de un controlador PID.....	101
Figura 40: PLC twido y módulo de ampliación de entradas y salidas.....	106
Figura 41: Curva de respuesta del proceso.....	107
Figura 42: Curva de respuesta inicial del proceso de inyección.....	109
Figura 43: Fórmulas de constante de proporcionalidad K_p , tiempo de integración T_i , tiempo de derivación T_d	109
Figura 44: Lenguaje de programación lista de instrucciones.....	111
Figura 45: Lenguaje de programación ladder.....	112
Figura 46: Lenguaje de programación diagrama de bloques.....	112

Figura 47: Configuración de controladores a utilizar.....	113
Figura 48: Configuración general PID.....	114
Figura 49: Configuración entrada PID.....	115
Figura 50: Configuración PID.....	116
Figura 51: Configuración salida PID.....	117
Figura 52: Programa de control PID.....	118
Figura 53: Transferencia de datos de PC a PLC.....	119
Figura 54: Tablero de control y elementos internos.....	119
Figura 55: Diagrama de flujo del proceso de inyección con la propuesta.....	120
Figura 56: Diagrama de flujo del proceso de inyección, modo automático con propuesta.....	121
Figura 57: Diagrama de flujo del proceso de inyección, modo manual, con propuesta.....	122
Figura 58: Gráfica de presión versus tiempo de trabajo.....	125
Figura 59: Capacidad efectiva de inyección en máquina Negri Bossi NB 90..	133

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Participación de productos plásticos en Ecuador.....	6
Tabla 2: Fábricas de plástico por provincias.....	7
Tabla 3: Población.....	44
Tabla 4: Operacionalización de variable independiente.....	45
Tabla 5: Operacionalización de variable dependiente.....	46
Tabla 6: Plan de recolección de información.....	47
Tabla 7: Instrumentos de recolección de información.....	48
Tabla 8: Tiempo de ciclo del proceso de inyección del polietileno.....	58
Tabla 9: Presiones de ciclo del proceso de inyección del polietileno.....	59
Tabla 10: Presión y tiempo de trabajo.....	59
Tabla 11: Temperaturas de ciclo del proceso de inyección del polietileno.....	61
Tabla 12: Tabulación pregunta No. 1.....	62
Tabla 13: Tabulación pregunta No. 2.....	63
Tabla 14: Tabulación pregunta No. 3.....	64
Tabla 15: Tabulación pregunta No. 4.....	65
Tabla 16: Tabulación pregunta No. 5.....	66
Tabla 17: Tabulación pregunta No. 6.....	67
Tabla 18: Tabulación de datos pregunta No. 2 para prueba del Chi cuadrado.....	70
Tabla 19: Tabulación de datos pregunta No. 6 para prueba del Chi cuadrado.....	70
Tabla 20: Frecuencias observadas.....	70
Tabla 21: Frecuencias esperadas.....	71
Tabla 22: Cálculo para verificación de hipótesis.....	72
Tabla 23: Actividades y tiempos empleados en la automatización.....	74

Tabla 24: Actividades y tiempos esperados empleados en la automatización...	74
Tabla 25: Precio de reparación del control PID existente.....	83
Tabla 26: Precio del cambio del control PID existente.....	84
Tabla 27: Precios de material a utilizarse en propuesta.....	85
Tabla 28: Análisis de alternativas.....	86
Tabla 29: Importancia relativa.....	86
Tabla 30: Matriz de ponderación.....	87
Tabla 31: Matriz de ponderación para evaluar precio.....	87
Tabla 32: Matriz de ponderación para evaluar repuestos.....	88
Tabla 33: Matriz de ponderación para evaluar garantía.....	88
Tabla 34: Matriz de ponderación para cada elemento.....	88
Tabla 35: Matriz de ponderación de criterios.....	89
Tabla 36: Matriz final de ponderación de criterios.....	89
Tabla 37: Medición de tiempos T_u y T_g	108
Tabla 38: Tiempo de ciclo del proceso de inyección del polietileno con la propuesta.....	124
Tabla 39: Presiones de ciclo del proceso de inyección del polietileno con la propuesta.....	124
Tabla 40: Presiones de ciclo del proceso de inyección del polietileno con la propuesta.....	125
Tabla 41: Producción por hora.....	128
Tabla 42: Costos de producción mensual.....	129
Tabla 43: Datos para el cálculo del punto de equilibrio.....	130
Tabla 44: Peso de inyección a máxima capacidad.....	133
Tabla 45: Datos para el cálculo del flujo de efectivo neto.....	140
Tabla 46: Flujo de efectivo neto.....	140
Tabla 47: Cálculo del VAN y TIR.....	141

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: “ANÁLISIS DEL PROCESO DE INYECCIÓN DEL POLIETILENO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA PLASTELEC”

Autor: Juan Carlos Arellano

Tutor: Ing. Christian Iza

RESUMEN EJECUTIVO

El moldeo por inyección ha sido una de las herramientas de fabricación más importantes para la industria del plástico desde que se patentó la máquina de tornillo recíprocante en 1956. En la actualidad es prácticamente imposible hacer algo sin partes moldeadas por inyección. Se utilizan en interiores de automóviles, cubiertas de dispositivos electrónicos, artículos para el hogar, equipos médicos, discos compactos e incluso casas para perros. El moldeo por inyección se utiliza para fabricar pallets, juguetes, cajones, y baldes, contenedores para alimentos de paredes delgadas, tazas de promoción para bebidas, y tapas de botellas de leche.

La Inyección de productos plásticos en Ingeniería Industrial, es un proceso semicontinuo que consiste en inyectar un polímero en estado fundido en un molde cerrado a presión y este debe estar frío, a través de un orificio pequeño llamado compuerta. En ese molde el material se solidifica, la pieza o parte final se obtiene al abrir el molde y sacar de la cavidad la pieza moldeada, depende del adecuado funcionamiento de la máquina Inyectora de Plásticos, por este motivo se realizará este estudio en donde se analizará el proceso y la incidencia en la Productividad de la empresa Plastelec.

Palabras Claves: Moldeo por inyección, proceso, inyectar, polímero, presión, molde, cavidad, pieza moldeada, máquina inyectora de plásticos, productividad.

TECHNOLOGICAL UNIVERSITY INDOAMERICA

CAREER OF INDUSTRIAL ENGINEERING

TOPIC: "ANALYSIS OF THE POLYETHYLENE INJECTION PROCESS AND ITS INCIDENCE IN PRODUCTIVITY IN THE PLASTELEC COMPANY"

Author: Juan Carlos Arellano

Tutor: Ing. Christian Iza

SUMMARY

Injection molding has been one of the most important manufacturing tools for the plastics industry since the reciprocating screw machine was patented in 1956. At present it is practically impossible to do anything without injection molded parts. They are used in interiors of automobiles, covers of electronic devices, articles for the home, medical equipment, compact discs and even houses for dogs. Injection molding is used to manufacture pallets, toys, crates, and buckets, thin-walled food containers, beverage promotion cups, and milk bottle caps.

Injection of plastic products in Industrial Engineering is a semi-continuous process that consists of injecting a polymer in a molten state in a closed mold under pressure and it must be cold, through a small hole called a gate. In this mold the material solidifies, the piece or final part is obtained when opening the mold and remove the molded part from the cavity, depends on the proper operation of the Injection Molding Machine, for this reason will be carried out this study where it will be analyzed the process and the impact on the Productivity of the company Plastelec.

Key Words: Injection molding, process, inject, polymer, pressure, mold, cavity, molded part, plastic injection machine, productivity. Keywords: Injection molding, process, injecting, polymer, pressure, mold, cavity, molded part , Plastic injection machine, productivity.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación desarrolla un análisis en el proceso de inyección de polietileno para posteriormente verificar la incidencia que tiene con la productividad y poder dar soluciones de mejora en la empresa Plastelec de la ciudad de Quito. Actualmente es necesario permanecer constantemente actualizado tanto en información personal como tecnología para maquinarias y equipos para poder competir en este mundo globalizado y de constantes cambios cumpliendo con las necesidades y satisfacción de los clientes.

Para que la empresa tenga una ventaja competitiva es necesario tener algo diferente como pueden ser: procedimientos especiales, disciplina, mejora continua, calidad total, entre otros; en esta investigación se tratará de aplicar la mejora continua analizando un proceso de producción para dar soluciones adecuadas y mejorar la productividad de la empresa.

Para iniciar con el análisis de esta investigación es necesario construir un marco teórico que ayude con información que permita definir y explicarlo, previo planteamiento del problema para luego analizar de modelo más adecuado que se debe aplicar en la investigación.

Es esencial el análisis planteado debido a que permitirá a la empresa desarrollarse de mejor manera ampliando diferencias entre empresas, mejorando el servicio hacia el cliente con entregas de productos en menores tiempos manteniendo la calidad de los mismos.

Para el análisis del proceso de inyección del polietileno y su incidencia en la productividad en la empresa Plastelec, se estudian los siguientes aspectos:

En el Capítulo I, se realiza un estudio de las empresas dedicadas a la producción de elementos plásticos en el Ecuador en forma Macro, meso y micro, se ejecuta el Planteamiento del Problema que tiene la empresa se trazan los objetivos tanto general como específicos.

En el Capítulo II, se desarrolla el Marco Teórico el mismo que se estructura de acuerdo a las variables dependiente e independiente analizadas, para en lo posterior organizar los elementos con temas relacionados entre sí, a continuación, se procede con el planteamiento de hipótesis y declaración de Variables.

En el Capítulo III, se puntualiza la metodología que se utilizará para poder realizar el análisis de manera correcta, se delimita el universo a estudiar y se crean instrumentos adecuados para la recolección de Datos que permitirá obtener información clara y real de los aspectos analizados.

En el Capítulo IV, se presenta el análisis e interpretación de datos por medio de tablas explicativas y gráficos que ayudan al entendimiento y explicación de los resultados de la investigación, estableciendo conclusiones a las que se ha llegado, poniendo en conocimiento sobre la realidad en producción por las que pasa la empresa, se establecen más recomendaciones que se sugieren deben realizarse en base al sustento metodológico científico.

En el Capítulo V, se detalla la propuesta, se proponen alternativas de solución, para seleccionar la automatización con un Controlador Lógico Programable “PLC”, se implementa la propuesta se obtienen los resultados, conclusiones y recomendaciones finales.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

Tema

Análisis del proceso de inyección del polietileno y su incidencia en la productividad en la empresa Plastelec.

Línea de Investigación

Empresarial y Productividad.

(INDOAMÉRICA, 2011) “Esta línea de investigación se orienta por un lado a la orientación de la capacidad de emprendimiento o empresarialidad de la región, así como su entorno jurídico-empresarial; es decir, de repotenciación y/o creación de nuevos negocios o industrias que ingresan al mercado con un componente de innovación. Por otro lado, el estudio de las empresas existentes en un mercado, en una región, se enmarcará en la productividad de este tipo de empresas, los factores que condicionan su productividad, la gestión de la calidad de las mismas, y que hacen que estas empresas crezcan y sobrevivan en los mercados. En éste ámbito es de interés estudiar aspectos como exportaciones, diversificación de la producción y afines.”

De acuerdo al enunciado anterior se verifica la orientación de la línea de investigación, que se basará en la repotenciación o innovación de elementos que contribuyen con el desarrollo adecuado de la producción, manteniendo una productividad adecuada analizando los resultados de una actividad productiva crítica y los recursos utilizados en la obtención de dicha producción, con el fin principal que la

empresa se desarrolle y se mantenga en las mejores condiciones de competencia y no entre en riesgo de desaparición.

Contextualización

En la fábrica Plastelec debido a que la producción de piezas plásticas depende del trabajo que realizan las diferentes maquinarias, se ha creído conveniente analizar todo el proceso de producción para poder optimizarlo. Se logrará esto utilizando los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Industrial.

Macro

En el 2012 el Ministerio de Industrias y Productividad (Mipro) y la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (Flacso), realizaron un estudio que dice: la industria del plástico en Ecuador es una de las más dinámicas de la economía. Se aprecia el crecimiento de otros sectores, como el de la construcción, que ha tenido una mayor necesidad de artículos como tubos, cables, soportes, láminas, mangueras, tanques, baldes, organizadores, cestos de basura, canastos plásticos, armadores de ropa, abecedarios didácticos, entre otros.

La industria del plástico en Ecuador ha encontrado en la incorporación de nuevos productos, la inversión en tecnología, ahorro de materia prima, innovación de productos, un desarrollo que ha permitido un adecuado crecimiento, pese al alto costo mundial de la materia prima necesaria para la producción.

Existen varios aspectos negativos que han limitado el desarrollo de este subsector industrial en Ecuador tales como: alta dependencia de las importaciones, sus productos no se han posicionado significativamente en el país, tiene dificultad para competir con los productos chinos porque son más baratos, requiere financiamiento,

genera limitados puestos de trabajo, y sus gastos en investigación y desarrollo, así como sus gastos en desechos e inversión son mínimos.

En Ecuador los estudios realizados por la industria del plástico para el aumento de la productividad han sido considerables en los últimos años, por ejemplo ya no se está realizando la producción de estos elementos solamente con material virgen sino que también se está reutilizando material reciclado lo que abarata costos de producción, cabe aclarar que esto debe conllevar a un análisis minucioso porque al abaratar costos en materia prima con material reciclado que suele contener impurezas que pueden provocar daños en maquinarias y pérdida de calidad en productos, lo que puede ser más costoso que trabajar con material virgen.

Meso

En la provincia de Pichincha existe una gran cantidad de empresas dedicadas a la fabricación de productos plásticos, el proceso de producción es similar en cada una de ellas, forma de trabajar, elementos y herramientas utilizadas, pero lo que marca la diferencia está en la disciplina que los trabajadores mantienen al realizar sus tareas, de ahí nacen los productos con calidad, el trabajo en equipo, la mejora continua, lo que da paso a la implementación de nuevas técnicas de trabajo, innovación en procesos y productos, actualización de tecnología en máquinas y equipos.

En la actualidad la industria de la provincia de Pichincha ha invertido mucho dinero en la compra de nueva maquinaria, mejora de procesos, aumento en calidad de los productos lo que da como resultado algo muy importante la satisfacción de la demanda del cliente.

Pichincha se encuentra en segundo lugar en producción de elementos plásticos después de la provincia del Guayas, lo que quiere decir que la competencia es alta y es

necesario ir innovando y mejorando continuamente, más de 80 empresas trabajan en la transformación de polietileno en la provincia de Pichincha.

(Saenz, 2011) “Para el año 2008, se pudo constatar con la Encuesta de Manufactura y Minería (INEC, 2008), pues sólo siete provincias abarcan más del 100% de la producción total y tres de ellas comprenden más del 90%. Así, Guayas pasó a representar el 60, 57%, Pichincha el 30,43%, y Azuay el 6,64%.”

En la Tabla 1 se resume la participación por provincias de la industria del plástico para el año 2008 según la publicación de Saenz, en donde se observa que entre las provincias de Guayas y Pichincha sobrepasan el 90 % de producción lo que significa que en estas se concentra la industria del plástico, y con el número de productos plásticos fabricados se puede decir que la producción de estos elementos es alta.

Tabla 1: Participación de productos plásticos en Ecuador

DESCRIPCIÓN	FABRICACIÓN DE PRODUCTOS PLASTICOS	PARTICIPACIÓN (%)
Guayas	610.832.711	60,57
Pichincha	306.924.267	30,43
Azuay	66.972.079	6,64
El Oro	12.959.948	1,29
Cotopaxi	6.380.702	0,63
Manabí	2.847.330	0,28
Tungurahua	1.634.185	0,16
Total general	1.008.551.223,37	100,00

Elaborado Por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Elaboración de artículos plásticos para el hogar.

Para el año 2015 se tuvieron empresas dedicadas a la fabricación de elementos plásticos en algunas provincias del país, pero como era de suponerse de acuerdo a los datos estadísticos del año 2008 la mayoría se encuentran en las provincias de Guayas y Pichincha. En la Tabla 2 se puede observar las cantidades de fábricas dedicadas a la producción de elementos plásticos que existen en Ecuador por provincias.

Tabla 2: Fábricas de plástico por provincias.

PROVINCIA	# DE EMPRESAS
Guayas	135
Pichincha	93
Azuay	13
El Oro	13
Manabí	8
Otras	9
Total	271

Elaborado Por: Juan Carlos Arellano.
Fuente: Centro de Investigaciones Económicas

Micro

Plastelec es una empresa dedicada a la fabricación de elementos plásticos, se encuentra ubicada al sur del Distrito Metropolitano de Quito en el sector de Santa Rita en la avenida Apuela Oe 4 – 65 y avenida La Mana, su actividad comercial inició en el año 2008 con la fabricación de armadores de ropa para lavanderías.

Conforme ha avanzado el tiempo se han ido construyendo nuevos moldes para inyección de polietileno, como son basureros papeleros, organizadores, baldes, canastos plásticos, juegos didácticos de letras, con lo cual se ha ingresado al mercado, teniendo buena acogida de sus productos por la buena calidad en sus acabados y sus bajos precios de venta al público, esto se ha logrado debido a la buena negociación con proveedores de materia prima los cuales se han mantenido con los precios constantes en el tiempo y al correcto mecanizado en los moldes.

La empresa Plastelec se dedica a la fabricación de productos plásticos en los que la herramienta principal del proceso de producción son las inyectoras de material plástico el mismo que se presenta puro o virgen en forma granulada y reciclado la

empresa presenta algunos problemas en producción que pueden ser debido a falta de un proceso de producción, maquinaria mal calibrada, maquinaria no automatizada.

Misión

Hacer que los clientes se sientan satisfechos al comprar productos de alta calidad fabricados con la optimización de recursos, buscando la mejora continua, establecer en el recurso humano una disciplina adecuada de producción manteniendo estándares de producción y calidad en la fábrica Plastelec.

Visión

Ser una empresa reconocida a nivel nacional e internacional por nuestro adecuado cumplimiento en la fabricación de productos plásticos de alta calidad, ampliar en un 50% la variedad de nuestros productos, aplicar tecnología actualizada e innovación para el año 2025.

Política

Valorar a los clientes internos y externos mediante un adecuado servicio que principalmente consiste en una adecuada atención, puntualidad, garantía y respeto. Capacitar al recurso humano continuamente para obtener una mejora continua en servicio al cliente como en producción.

Objetivos de Calidad

- El cliente interno y externo está, sobre todo.
- Trabajar con la mejora continua.
- Incentivar constantemente el trabajo en equipo.

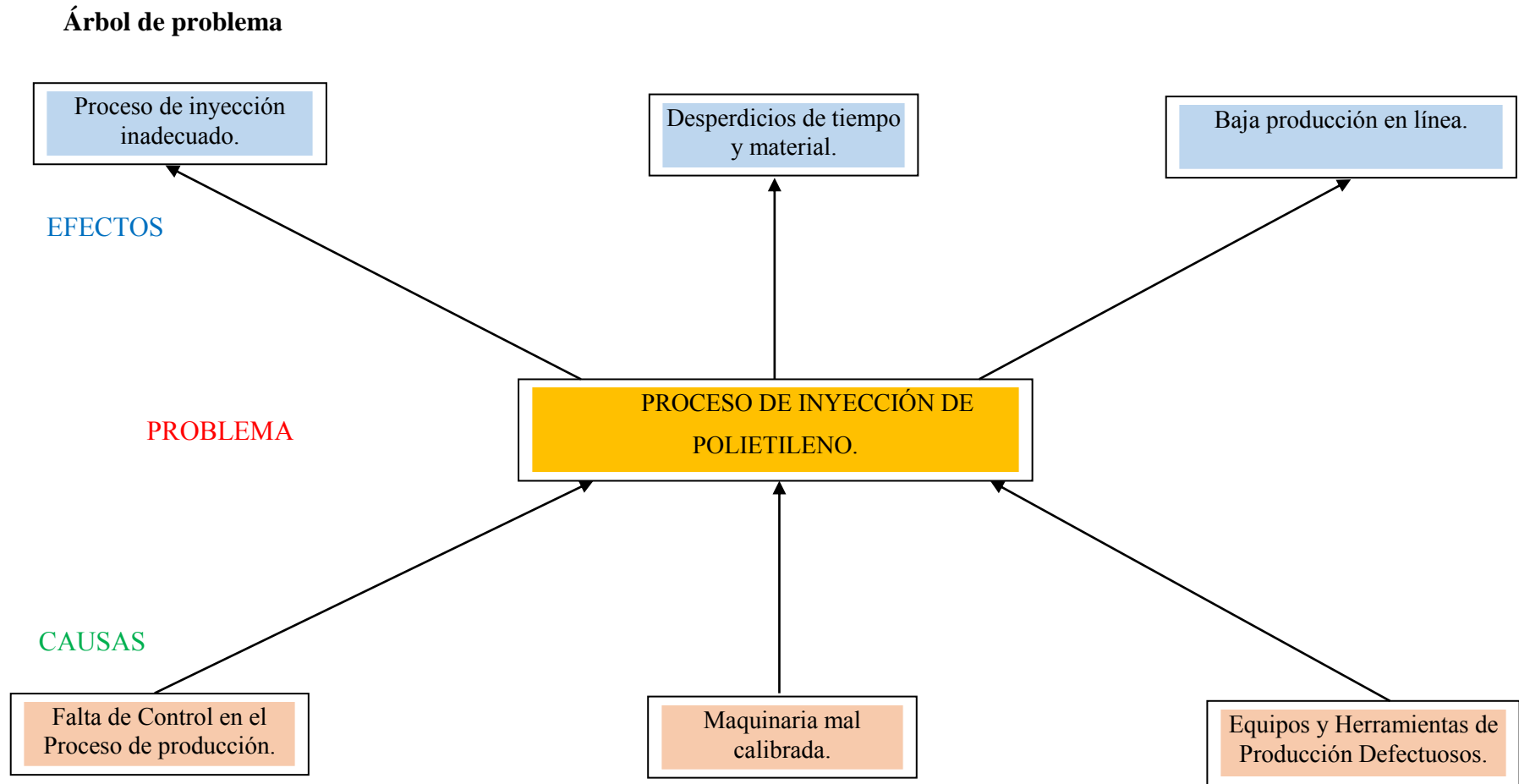


Figura 1: Árbol de Problema.
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Investigación directa

Análisis crítico

La falta de un proceso de inyección de productos plásticos puede llevar a cometer muchos errores por parte del operador, es necesario que se encuentren documentados paso a paso la secuencia de trabajo del operario, para eliminar en la mayor parte posible errores humanos en el proceso.

Sin un procedimiento adecuado el proceso de inyección puede sufrir variaciones en su fabricación, con lo cual los tiempos establecidos serán variables incluso mayores a los necesarios, pudiendo aumentar los desperdicios y las pérdidas debido a causas humanas.

La maquinaria mal calibrada o con tecnología antigua puede provocar una disminución en la productividad de una empresa debido a cambios repentinos no planificados por mantenimiento o recalibraciones provocando gastos adicionales para conseguir el producto, con la pérdida de tiempos importantes que pudieran ser dedicados a la producción y aumento en el desperdicio de materia prima.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, se realizará una propuesta de solución a problemas que pueden depender de maquinarias, infraestructuras, talento humano o métodos de trabajo que se relacionan con la productividad la misma que ayudará a lograr cambios positivos a favor de la organización.

Prognosis

Al no darse las correcciones adecuadas en la empresa, se corre el riesgo aumento de: costos de producción, perdidas de material, paras de producción lo que provocaría aumento en los precios de productos, de pérdida de credibilidad, seguridad, confianza, prestigio por ende pérdida de clientes lo que conducirá a la quiebra total.

Formulación del problema

Del análisis crítico surgen las siguientes preguntas que serán contestadas con el desarrollo de esta investigación.

- ¿Cómo se realiza el proceso de inyección actualmente?
- ¿Qué máquinas y herramientas se utilizan en el proceso de inyección del polietileno?
- ¿Cómo influye el proceso de inyección en la productividad de la empresa Plastelec?

Delimitación del objeto de investigación.

Campo:	Empresarial y Productividad.
Área:	Ingeniería Industrial.
Aspecto:	Productividad.
Delimitación Espacial:	Barrio Santa Rita, Av Apuela y Maná esquina, parroquia Chillogallo, provincia de Pichincha
Delimitación Temporal:	Octubre 2016 – Marzo 2017

Justificación.

La investigación que se lleva a cabo es realizada por las siguientes razones:

Es **importante** realizar esta investigación porque permitirá a la empresa conocer su situación actual con respecto a su productividad para poder tomar decisiones acertadas para el mejoramiento de la misma y permanecer dentro de la competencia con el mercado nacional e internacional.

Esta investigación es de vital **trascendencia** porque permitirá realizar cambios importantes en la empresa de plásticos Plastelec, los mismos que permitirán obtener la misma cantidad de productos a menores costos y estos serán verificados mediante datos de costos de producción actuales y costos de producción con la propuesta, con lo cual se obtendrá información importante para la empresa.

Esta investigación es **factible** realizarla, porque se cuenta con el apoyo de las autoridades, operadores y administrativos de la empresa que están dispuestos a apoyar desinteresadamente para dar una mejora en la productividad de la empresa, también se cuenta con herramienta bibliográfica y conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera de ingeniería Industrial, la tutoría necesaria para la culminación de dicho proyecto.

La aplicación de este estudio es **original** porque no se ha realizado en este tipo de empresas dedicadas a la fabricación de productos plásticos y en un proceso de producción como el de inyección de polietileno, lo que permitirá conocer la situación de la empresa, las condiciones actuales de producción y a las que se pueden llegar al implementar una solución adecuada al problema que dará mejoría a la productividad y resultados como reducción de costos y aumento de producción.

Aporte a la Misión y Visión

Con esta investigación se contribuiría con la misión de la empresa porque trata de optimizar los recursos utilizados en la fabricación de sus productos y se aplica la mejora continua por lo tanto se mantendría la satisfacción del cliente y sería positiva al contribuir con la visión porque al aumentar la productividad disminuiría el tiempo de entrega de productos al cliente, lo que daría un mayor prestigio ayudando que aumente el reconocimiento a nivel nacional de la empresa.

Beneficio

Al implementar esta investigación se espera tener un beneficio para la empresa debido que aumentará su prestigio aumentando los niveles de productividad en la fabricación de productos plásticos, clientes internos, externos, además servirá para la culminación académica del investigador el mismo que con esfuerzo, tiempo y dinero podrá hacer realidad el sueño de obtener el título de Ingeniero Industrial para en el futuro poder contribuir con el país aportando los conocimientos aplicados en la investigación.

OBJETIVOS

Objetivo General.

Analizar el proceso de inyección del polietileno y su incidencia en la productividad en la empresa Plastelec.

Objetivos Específicos.

- Analizar el proceso de inyección del polietileno.
- Examinar la situación productiva actual con el fin de analizar la incidencia en la productividad.
- Proponer la mejor alternativa para aumentar la productividad.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes investigativos

A continuación, se presentan algunos trabajos que tienen relación y han dado su valioso aporte a esta investigación:

(Calle, 2010)“Estudio de métodos en el área de producción y propuesta fundamentada en la empresa Mundiplast. Cia. Ltda.” El objetivo del presente estudio es realizar un estudio de métodos donde se evaluará la materia prima, mano de obra, maquinaria, método y el medio, con el objetivo de reducir los tiempos improductivos provocados por movimientos innecesarios, demoras y desperdicios, mejorando los procesos de producción, permitiendo que los productos ofertados por la empresa cuenten con la calidad que los clientes requieren, un trabajo eficiente, entregando los pedidos en un lapso de tiempo oportuno.

De acuerdo al Sr. Calle es importante que se realice en la empresa Plastelec un análisis profundo de la materia prima, mano de obra, maquinaria, método y el medio para poder reducir los tiempos improductivos los mismos que causan pérdidas a la empresa, corrigiendo los movimientos innecesarios, las demoras y los desperdicios se obtendrá como resultado una mejora en los procesos de producción brindando al cliente interno y externo una entrega de producto en el tiempo deseado, aumentando así la eficiencia de la empresa.

(Moreno, 2005) “Reducción de SCRAP en sección de inyección y soplado área de producción de plásticos Industriales C.A.” Este trabajo se realiza en la planta de Plásticos Industriales CA. Y se determina que: En el área de nyección y soplado las

distintas máquinas presentan variación de inyección, en los productos terminados presenta rebabas debido a la vida útil de los moldes, se utiliza materia prima de mala calidad, el personal no capacitado para ejercer funciones encomendadas, no tienen un plan de mantenimiento preventivo, el objetivo principal de esta investigación es la reducción de SCRAP en el área de producción de la sección de inyección y soplado de la fábrica.

Según el autor con esta investigación se podrán encontrar soluciones para la reducción de SCRAP industrial que no es otra cosa que los desechos que se producen, estos son interpretados como pérdidas para la empresa, el análisis realizado se lo hará en el proceso de inyección de polietileno en la empresa Plastelec, analizando las diferentes causas que provocan variaciones al momento de inyectar, el tipo de materia prima utilizada, verificando al personal si se encuentra capacitado o no para realizar las tareas a él encomendadas.

(Mayorga, 2012) “El mejoramiento continuo y su incidencia en los procesos de producción de la empresa Calzado “LOMBARDIA” de la ciudad de Ambato”, cuyo problema es la inexistencia de un plan de mejoramiento continuo incide en los procesos de producción de calzado en la empresa Calzado “LOMBARDIA” de la ciudad de Ambato, su objetivo general es determinar cómo incide la inexistencia de un plan de mejoramiento continuo en los procesos de producción de calzado en la empresa Calzado “LOMBARDIA” de la ciudad de Ambato, y objetivo específico es analizar las causas y efectos que ocasiona la inexistencia de un plan de mejoramiento continuo en la empresa de Calzado “LOMBARDIA” de la ciudad de Ambato.

De acuerdo al documento anterior el autor se inclina por la implementación de un plan de mejoramiento continuo en los procesos de producción de una empresa de

calzado, este tema es importante porque la empresa que no se encuentra comprometida con la mejora continua es probable que la competencia la supere y provoque su desaparición, este estudio tendrá relación con este documento porque al analizar el proceso de inyección de polietileno y su incidencia en la productividad en la empresa Plastelec, también se está aplicando la mejora continua.

(Gómez, 2010) “Manual de Calidad para mejorar los procesos productivos en la “Imprenta y Encuadernación Gómez” de la ciudad de Ambato.” El problema es la inexistencia de un manual que impide optimizar los Procesos Productivos en la “Imprenta y Encuadernación Gómez M” de la ciudad de Ambato, cuyo objetivo general es Determinar si la carencia de un Manual de Calidad bajo los requisitos establecidos bajo la Norma ISO 9001:200 en la Empresa “Imprenta y Encuadernación Gómez M” genera ineficiencia en sus procesos productivos.

De acuerdo al autor es indispensable la implementación de un manual de calidad para poder optimizar los procesos productivos esta carencia también puede influir en la eficiencia de la producción, esto quiere decir que, si no se tienen estandarizados los procedimientos mediante normas nacionales o internacionales, en los procesos productivos cualquier momento se pueden presentar ineficiencias causando pérdidas a la empresa.

Fundamentación técnica.

Norma ISO 9000 Apartado (3.4.1) “Proceso.- Único consistente en un conjunto de actividades coordinadas y controladas con fechas de inicio y de finalización, llevadas a cabo para lograr un objetivo conforme con requisitos (3.1.2) específicos, incluyendo las limitaciones de tiempo, costo y recursos.”

El apartado 3.4.1 se refiere al proceso y a las actividades que influyen en él, que con los requisitos necesarios como son tiempos adecuados que conlleva una producción, costos de fabricación, materia prima, mano de obra, mantenimiento, infraestructura y recursos se pueden conseguir el objetivo final que en este tema son los productos plásticos, con lo cual es posible reducir limitaciones de tiempo y costos.

Norma ISO 9000 Apartado 3.5.3 “Mejora Continua. – El objetivo es incrementar la probabilidad de aumentar la satisfacción de los clientes y de otras partes interesadas.”

Con el desarrollo de la investigación se analizarán los aspectos que influyen en el proceso de inyección, posteriormente se verificará la incidencia que existe en la productividad y las posibilidades de lograr una mejora en el proceso de inyección de polietileno, con el fin de mantener o aumentar la satisfacción en el cliente interno y externo, con esto se contribuye con el apartado 3.5.3 que es el de la mejora continua y la satisfacción de clientes.

NORMA ISO 9004:2009 Apartado 3.1 “Éxito Sostenido. - (organización) resultado de la capacidad de una organización para lograr y mantener sus objetivos a largo plazo.”

Se sabe que una organización está expuesta a constantes cambios con lo cual es necesario analizar el entorno de la empresa Plastelec y su desempeño regularmente para poder identificar los riesgos que se pueden sufrir a largo o corto plazo, también se deben establecer procesos adecuados para poder responder en un tiempo deseado a las condiciones cambiantes, adicional es necesario establecer procesos para la innovación y la mejora continua.

NORMA ISO 9004:2009 En el Apartado 4.3. “El entorno. - de la organización estará sometido a cambios continuamente, independientemente de su tamaño, sus actividades y productos, o su tipo; en consecuencia, la organización debería realizar el seguimiento de esto de manera constante. Este seguimiento debería permitir a la organización identificar, evaluar y gestionar los riesgos relacionados con las partes interesadas y sus necesidades y expectativas cambiantes.”

En este enunciado se puede apreciar que la norma dice que se debe realizar un seguimiento constante para identificar y evaluar riesgos, con esta investigación se analizará un proceso de inyección de polietileno para poder identificar y evaluar los riesgos que se pueden correr con respecto a la productividad de la empresa Plastelec para después poder dar la solución adecuada y mejorarla.

Fundamentación legal.

Este proyecto se realiza con la fundamentación legal de:

Constitución Política del Ecuador.

“Art. 304.- Fortalecer el aparato productivo y la producción nacionales”

“Art. 320.- En las diversas formas de organización de los procesos de producción se estimulará una gestión participativa, transparente y eficiente. La producción en cualquiera de sus formas, se sujetará a principios y normas de calidad, sostenibilidad, productividad sistémica, valoración del trabajo y eficiencia económica social.”

De acuerdo a este artículo de la constitución política del Ecuador se estimula una gestión participativa transparente y eficiente con lo que se cumple al participar

dando sostenibilidad a los procesos de producción en la investigación, para mantener la productividad y la calidad de los productos.

Código de la producción.

“Del desarrollo Productivo, Mecanismos y Órganos de Competencia

Del Desarrollo Productivo y su Institucionalidad

Art 5.- Literal 2: Impulsar y apoyar el desarrollo y la difusión de conocimientos y tecnologías orientados a los procesos de producción. Desarrollar políticas de fomento a la producción nacional en todos los sectores, en especial para garantizar la soberanía alimentaria y la soberanía energética, generar empleo y valor agregado.

De la democratización de la transformación productiva y el acceso a los factores de producción.”

De acuerdo al código de la producción este artículo dice que impulsará al desarrollo de los conocimientos y tecnologías adquiridos que se orientan a los procesos productivos para generar y mantener el empleo dando valor agregado a los productos fabricados, contribuyendo con la empresa y con el estado ecuatoriano.

“Art. 59.- Literal c: Apoyar al desarrollo de la productividad y de la MYPIMES, grupos o unidades productivas organizadas, por medio de la innovación para el desarrollo de nuevos productos, nuevos mercados y nuevos procesos productivos.”

El artículo 59 habla de la productividad mejorada por medio de la innovación, el presente estudio comprende el análisis de un proceso y su influencia en la productividad con esto se dice que el proceso puede tener algunas variables las mismas que pueden afectar o no a la productividad de ser así se harán las respectivas correcciones.

Categorías fundamentales

Red de categorías

Variable Independiente. - Proceso de inyección del polietileno

Variable Dependiente. – Productividad

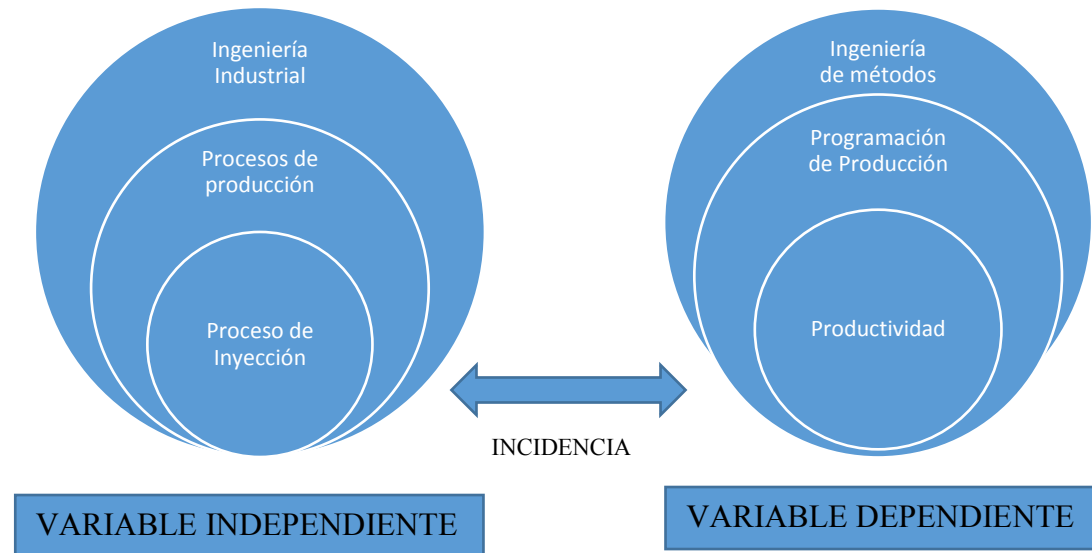


Figura 2: Categorías fundamentales
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Investigación Directa

Constelación de ideas

VARIABLE INDEPENDIENTE

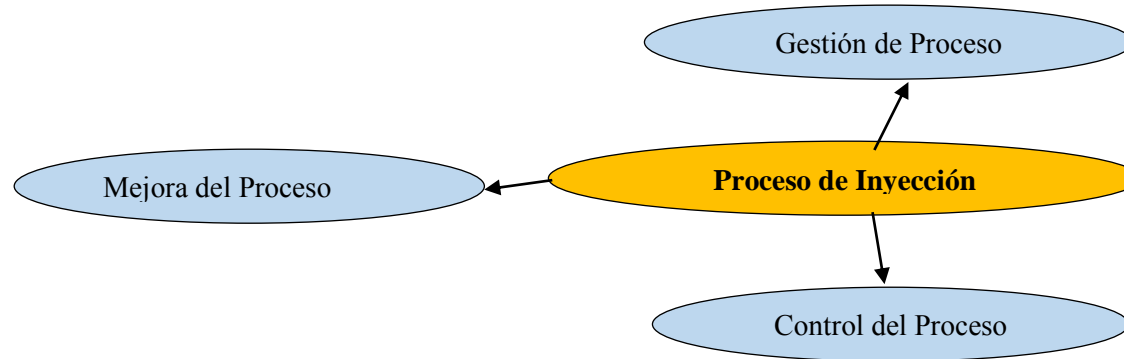


Figura 3: Constelación de ideas variable independiente
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Investigación Directa

VARIABLE DEPENDIENTE

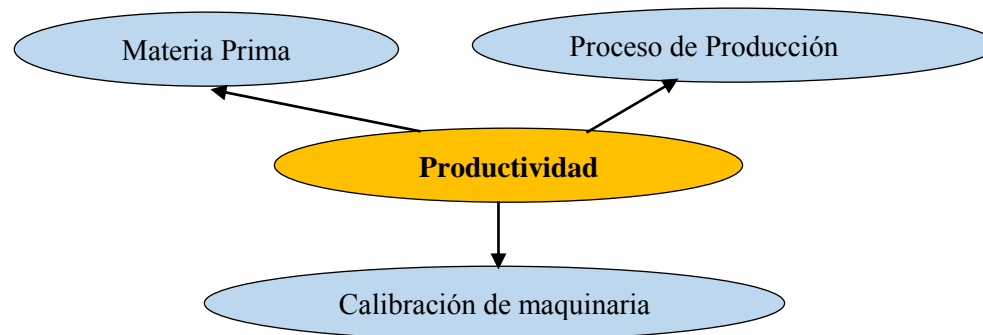


Figura 4: Constelación de Ideas Variable Dependiente
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Investigación Directa

Marco conceptual

Ingeniería industrial

Es una de las ramas de la ingeniería que se encarga de planificar diseñar implantar, mantener y controlar eficientemente a las organizaciones manejando de manera óptima los recursos humanos, materiales, maquinarias para un buen desempeño de la organización y lograr el máximo rendimiento de sus procesos.

La Ingeniería Industrial se relaciona con la comprensión de los fenómenos que influyen en los procesos productivos de la industria para de una manera práctica aplicar los conocimientos de la ciencia y mejorar las condiciones productivas y el entorno de una empresa.

Procesos de producción

Un proceso de producción es el conjunto de actividades orientadas a la transformación de recursos o factores productivos en bienes y/o servicios. En este proceso intervienen la información y la tecnología, que interactúan con personas. Su objetivo último es la satisfacción de la demanda.

Se denomina el sistema dinámico constituido por un conjunto de procedimientos técnicos de modificación o transformación de materias primas, sean estas de origen animal, vegetal o mineral, y que puede valerse tanto de mano de obra humana, como de maquinaria o tecnología para la obtención de bienes y servicios.

Proceso de inyección

La inyección por moldeo es un proceso que consiste en inyectar un polímero a altas presiones en un molde a temperatura fría, herméticamente cerrado a través de un orificio pequeño llamado compuerta, en el molde el material se enfría y se solidifica para finalmente abrir el molde y obtener la pieza inyectada.

La inyección de elementos plásticos por moldeo, es un proceso adecuado para piezas de gran consumo, la materia prima se puede transformar en un producto acabado en un solo paso, en el proceso de inyección de plásticos se pueden obtener piezas de variado peso y con geometrías complicadas, para la economía del proceso es decisivo el número de piezas por unidad de tiempo, se mencionará al tiempo de ciclo y al consumo de Energía que son parámetros que pueden ser calibrados y optimizados para una adecuada producción.

Por tratarse de la descripción del proceso de inyección por moldeo no se pueden seleccionar ni aplicar ecuaciones o fórmulas para conocer la secuencia de funcionamiento, las principales características y parámetros que influyen en el trabajo.

Tiempo de ciclo del proceso. - Para aumentar la producción será necesario minimizar, en lo posible, el tiempo de ciclo de cada pieza, la calibración adecuada de cada parámetro presión y temperatura es clave para optimizar los tiempos de producción en el proceso de inyección de polietileno.

Consumo de energía. - Una disminución del consumo de energía implicará un menor costo de producción, esto se logra automatizando la maquinaria que interviene en el proceso de inyección de polietileno, los equipos que no cuentan con tecnología actualizada tienden a consumir más energía eléctrica como son contactores, relés, temporizadores y otros.

Etapas del proceso de inyección. - El proceso de inyección de polietileno, sigue un orden de operaciones que se repite constantemente para cada pieza, este orden es conocido como ciclo de inyección, se divide en las siguientes etapas:

- a) Cierre del molde.
- b) Inyección: Carga y Fase de mantenimiento.

c)Plastificación o dosificación y enfriamiento

d)Apertura del molde y expulsión de la pieza.

Cierre del molde. - Es el inicio del proceso, se prepara al molde para recibir la inyección del material fundido. Es el momento donde se aplica la fuerza de cierre, la que permite mantener cerrado el molde mientras se inyecta el material, depende de la superficie proyectada de la pieza y de la presión que se tiene en la cavidad del molde.

Inyección de polietileno. - Una vez cerrado el molde y aplicada la fuerza de cierre, se inicia la fase de llenado del molde o inyección. El husillo de la unidad de inyección inyecta el material fundido, dentro del molde a alta presión, este avance se realiza con el husillo sin rotación, en esta fase se llena el molde con una cantidad suficiente de material sin exceso ni falta del mismo, en la inyección son muy importantes las siguientes variables:

- Velocidad de inyección.
- Presión de inyección.
- Temperatura del material.

La unidad de cierre mueve una mitad del molde para unirlos y cerrarlos herméticamente, la unidad de plastificación se mueve hacia el canal en el molde, luego la boquilla que está abierta y el material polietileno que se encuentra delante del husillo es inyectado dentro del molde, por el movimiento de avance del mismo, los sistemas hidráulicos deben ejercer grandes esfuerzos en la fase de inyección, También mantener la fuerza de cierre, son capaces de inyectar el material dentro de la cavidad, a una presión elevada y precisa, así, el sistema hidráulico debe superar la resistencia ofrecida por la boquilla y por el molde.

Al iniciar la etapa de inyección, el polietileno fundido y homogeneizado se encuentra en la cámara de inyección, de esta forma, la unidad de plastificación se desplaza contra el molde para dejar pasar material dentro del molde, el sistema hidráulico ejerce presión sobre el husillo, el cual se mueve axialmente. Esta presión hace que el mismo se mueva hacia delante o hacia la boquilla, el material se expulsa fuera de la cámara de inyección y se introduce en la cavidad dentro del molde, el material fundido solidifica dentro de la cavidad para que la pieza moldeada pueda ser expulsada, los moldes usados para materiales termoplásticos están sujetos al control de temperatura o enfriamiento, este transporta el calor, el cual ha sido introducido al fundir el material, para permitir solidificar el material.

Tan pronto como el material que se moldea contacta con el molde en la operación de inyección, comienza a enfriarse y a solidificar, por este motivo la inyección debe ocurrir rápidamente, con lo que la cavidad se llena mientras que el material se encuentre fundido.

Esto requiere presiones muy grandes ya que el compuesto es muy viscoso, a pesar de las temperaturas elevadas, el material fundido debe superar la resistencia ofrecida por la fricción, en la boquilla y cavidad. las presiones, en el interior del molde, son altísimas a causa de la inyección; por lo que la unidad de cierre debe ser capaz de mantener el molde cerrado, en oposición a estas presiones.

La presión dentro del molde crece hasta un máximo valor, cuando ha sido transportado material suficiente; llenando completamente las cavidades (si bien, bajo ciertas condiciones, la presión máxima se puede alcanzar durante el mantenimiento), de esta manera, durante la inyección, las dos mitades del molde están completamente presionadas por el efecto de la fuerza de cierre, ésta contrarresta a aquella que resulta

de la inyección, ejercida desde el interior por el material, si la presión de inyección dentro del molde es mayor que la fuerza de cierre, la línea de partición está forzada a abrirse, permitiendo al compuesto que se moldea escapar de la cavidad (con lo que se produce rebaba y se requiere un trabajo adicional con tal de eliminarla).

Durante el enfriamiento el material se contrae dentro del molde por esto se ha de añadir más material para que el volumen de la pieza sea el deseado, en esta fase de mantenimiento, que es posterior a la del llenado en la inyección, la presión interior de la pieza va disminuyendo, esto ocurre ya que se va enfriando y aumentan las pérdidas de carga desde el husillo hasta el interior del molde, de esta manera, la velocidad de inyección del tornillo es baja porque tiene la finalidad de alimentar, con una cantidad suficiente de material, la cavidad, además de compensar las contracciones que sufre la pieza durante la solidificación.

Cuando la presión ha caído hasta el valor del entorno se puede dar por finalizada la fase de mantenimiento, esta fase condiciona ciertas características de la pieza final, tales como el peso total, sus tolerancias dimensionales y características internas. Las variables que más afectan en esta fase son:

- Temperatura del molde.
- Presión de mantenimiento.
- Tiempo de mantenimiento.

Este tiempo dependerá mucho del material que se esté inyectando y del grosor que tenga la pieza inyectada, tiene mucha importancia cuando se emplean materiales semicristalinos, pues las diferencias de volúmenes específicos son considerables entre su estado líquido y el sólido.

Tiempo de mantenimiento o tiempo de compactación es el tiempo que se mantiene elevada la presión al momento de inyectar, al tener este tiempo correcto, se pueden obtener piezas con la compactación adecuada, estabilidad dimensional, ausencia de deformaciones y buenas propiedades mecánicas, sin embargo, el conseguir dicho tiempo no es una garantía cuando se tiene un punto de inyección demasiado pequeño, pues este solidificará antes de que se llene la cavidad.

Tan pronto como el material llena el molde, comienza a enfriarse desde las paredes del molde y se desplaza hacia el interior de la pieza, durante un cierto tiempo, el material permanece fluido en la región interna de la pieza moldeada, al enfriarse, este se contrae, si la presión o un porcentaje de ella con la que se inyectó, se retira después de la fase de llenado, no será posible controlar las dimensiones de la pieza.

Carga. - Después de aplicar la presión de mantenimiento, comienza a girar el husillo, de forma que el material va pasando progresivamente de la tolva de alimentación a la cámara de inyección, homogeneizándose tanto su temperatura como su grado de mezcla, esta fase se realiza en forma simultánea a la etapa de enfriamiento, disminuyendo así el tiempo total de ciclo, conforme el husillo va transportando el material hacia delante, éste sufre un retroceso debido a la acumulación que se produce en la zona delantera, el retroceso del husillo finaliza cuando éste ha llegado a una posición definida con anterioridad, en este momento ya está todo preparado para poder inyectar la siguiente pieza.

En la etapa de plastificación también intervienen otros factores importantes como:

- La velocidad de giro del husillo.
- La contrapresión.

- La succión o rechupe.

La velocidad de giro del husillo debe escogerse en función del diámetro del mismo y de la viscosidad del material. La velocidad óptima, es aquella para la que el tiempo de carga es igual al tiempo de refrigeración que necesita la pieza inyectada. Un tiempo largo de carga provoca una masa fundida homogénea. Una velocidad excesivamente alta puede generar la presencia de infundidos y una homogeneización insuficiente del material en el interior del cilindro.

La contrapresión tiene como función principal, garantizar una adecuada plastificación y homogenización del material, también tiene como función, frenar el retroceso del husillo en la etapa de carga. Un aumento de la contrapresión implica que aumente el tiempo de plastificación, la compresión sobre el material y, por tanto, la cantidad de material acumulado y la temperatura de la masa fundida.

Apertura del molde y expulsión de la pieza. - Cuando se considera que el material (polietileno) de la pieza ha reducido suficientemente la temperatura denominada de extracción, el molde se abre y se expulsa la pieza de su interior para reiniciar el ciclo de inyección, si se abre el molde teniendo una temperatura todavía alta, la pieza se pandeará o deformará.

Enfriamiento. - Esta fase comienza simultáneamente con la de inyección, dado que el material empieza a enfriarse tan pronto y toca la pared del molde, finaliza cuando la pieza alcanza la temperatura adecuada para su extracción, en ocasiones es necesario esperar un tiempo, entre la etapa de plastificación y la de apertura de molde, para que se produzca el enfriamiento requerido de la pieza, el objetivo de ello es conseguir una consistencia tal, que impida su deformación al ser expulsada, la variable que más afecta en esta fase es la temperatura de molde.

El enfriamiento es más lento hacia el centro de la pieza ya que los plásticos son poco conductores del calor, el calor cedido por la solidificación se disipa a través de las capas más externas de las paredes del molde, el tiempo de enfriamiento depende del tipo de pieza que se enfría dentro del molde, no es necesario esperar que toda la pieza enfríe hasta la temperatura del mismo; sino que, es suficiente que estén frías las regiones externas de la pieza, para poder extraerla en condiciones estables, con esto se consigue optimizar el tiempo de producción y así poder realizar el siguiente ciclo, durante la fase de enfriamiento se prepara el material en la unidad de plastificación, para la próxima inyección.

Identificación de las variables más importantes. - Existen numerosas variables que pueden afectar al proceso de inyección de forma directa o indirecta, para determinar cuáles son las mejores condiciones de operación, desde el punto de vista de productividad, es importante conocer muy bien el proceso y saber cuáles de estas variables tienen más efecto sobre este aspecto, a partir de los conocimientos que se tienen sobre el proceso de inyección, se puede hacer una clasificación de las variables que influyen, de forma más significativa, en la productividad del proceso, de mayor a menor importancia, según pertenezcan a una de estas cuatro categorías: temperaturas, tiempos y presiones, es importante mencionar la interdependencia existente entre estas cuatro categorías de variables, de modo que cada una depende de las demás, el cambio de cualquiera de ellas afectará a las otras.

Temperatura de inyección. - Este parámetro es importante debido a que los materiales poliméricos requieren alcanzar cierto valor de temperatura, para obtener buenas condiciones de viscosidad y fluidez para poder ser inyectado, esto difiere con que esta temperatura debe ser lo adecuadamente baja, como para que no se aceleren los procesos fisicoquímicos que lleven al daño del material.

Una vez introducido en la tolva, el material en forma de grano, pasa al cilindro de inyección. La fusión de éste se debe fundamentalmente, al calor producido por las resistencias calefactoras que se encuentran incrustadas en el husillo las cuales se utilizan principalmente para mantener el polietileno a la temperatura de fusión deseada.

La unidad de inyección tiene tres zonas de temperatura en el cilindro. El perfil de temperaturas utilizado depende de factores como: la forma o geometría del husillo, la viscosidad del material, la longitud necesaria de flujo, normalmente, en la zona de la tolva se selecciona la temperatura más baja y se va aumentando gradualmente, en el resto de las zonas, es importante refrigerar la salida de la tolva por tres motivos:

- Evitar que se forme un tapón de material.
- Prevenir la degradación del fluido hidráulico del motor que acciona el husillo, debido a una temperatura demasiado alta.
- Favorecer el arrastre del material para una correcta plastificación.

En la zona de alimentación la temperatura se ha de mantener relativamente baja, obligado por el diseño de los husillos, por último, en la zona de la boquilla, la temperatura ha de ser uniforme; para evitar la degradación del material, a causa del estrechamiento en esa zona o de un tiempo de permanencia demasiado grande en el cilindro, la temperatura utilizada finalmente para inyectar, afectará la calidad de la pieza porque influirá en el grado de contracción de la misma, así, a mayor temperatura de inyección, mayor será el cambio volumétrico entre el plástico fundido y sólido, por tanto, existirá una mayor contracción, a pesar de ello, utilizar una temperatura de inyección mayor, supondrá que la viscosidad del material sea menor, permitirá

entonces una mejor compactación, en el interior de la cavidad del molde, con lo que la contracción disminuirá.

Temperatura de molde. - La temperatura del molde es muy importante en el proceso de inyección, ya que afecta de forma directa a la calidad de la pieza inyectada, el objetivo del enfriamiento del molde es extraer calor de la cavidad, a fin de disminuir la temperatura hasta la solidificación del material plástico, de forma que este enfriamiento se produzca homogéneamente en toda la pieza.

El enfriamiento se consigue haciendo pasar por los conductos de refrigeración del molde agua, gracias a este flujo de líquido y a la excelente conductividad del metal que forma el molde, se produce el intercambio de calor y se logra la disminución de la temperatura de la pieza moldeada. La temperatura prefijada se mantiene calentando o enfriando el líquido mediante un sistema refrigerante, a pesar de esto, la temperatura media de la cavidad puede ser unos 10 ó 20 (°C) mayor que la temperatura del refrigerante, durante el proceso de inyección, la temperatura del molde afecta directamente al tiempo de ciclo, la contracción, el alabeo, el acabado o brillo superficial y la cristalinidad.

Cuando la temperatura del molde se enfría lentamente, se obtendrá una pieza con más brillo y cristalinidad, por el contrario, un enfriamiento rápido tendrá como consecuencia la formación de una capa exterior deformada y acortará significativamente el tiempo de ciclo.

Tiempo de inyección. - Este tiempo se relaciona con la velocidad de inyección de manera inversa, así, tiempos de inyección pequeños se relacionan con velocidades muy elevadas, además, la velocidad de inyección también está relacionada directamente con la presión de inyección, a velocidades muy altas la presión de

inyección crece muy rápidamente, a causa de la resistencia al flujo en la boquilla y en la entrada de la cavidad, con velocidades menores en cambio, el plástico se va solidificando a medida que se inyecta el material, aumentando la viscosidad y disminuyendo la sección de paso.

A la hora de fijar las condiciones de operación de un proceso de inyección, es recomendable seleccionar un tiempo de inyección. Esto debe permitir minimizar la presión de inyección y la diferencia de temperaturas, entre la entrada del molde y el final de la pieza inyectada, siempre dentro de los márgenes de productividad de la empresa.

Tiempo de rechupe. - La duración de la etapa de rechupe se conoce como tiempo de rechupe y tiene una influencia decisiva, si este tiempo es demasiado corto el plástico puede seguir saliendo por la boquilla luego de haber inyectado y si el tiempo es muy alto puede salir de la cavidad hacia el sistema de alimentación y la unidad de inyección; con los consiguientes cambios de orientación y disminución de la tenacidad de la pieza, cambios en el peso y algunos defectos en la pieza inyectada.

Tiempo de mantenimiento. – El tiempo de mantenimiento o de compactación es el tiempo que después de realizar la inyección de material hace que mantenga al tornillo en posición de avance para mantener la presión del material dentro del molde, hasta que este se enfríe y solidifique.

Tiempo de enfriamiento. - Como ya se ha mencionado en las etapas del proceso de inyección, el tiempo de enfriamiento del molde comienza en la inyección, cuando el material se solidifica en la pared del molde, sin embargo, este tiempo de enfriamiento debe prolongarse más allá de la fase de rechupe, porque no se completaría la secuencia y el material continuaría fluyendo a pesar de haber

inyectado, esto sucede porque todavía queda presión en el husillo, y el rechupe lo que hace es eliminar esa presión.

De todas formas, es suficiente que estén frías las regiones externas de la pieza para poder extraerla del molde en condiciones estables sin que ésta se deforme, así, se consigue acortar el tiempo de ciclo significativamente mejorando la productividad del proceso, un aspecto decisivo para la economía de un proceso de inyección es el número de piezas producidas por unidad de tiempo, que depende en gran medida del tiempo de enfriamiento y éste, a su vez, varía proporcionalmente en relación con el cuadrado del espesor de la pared de la pieza, por tanto, no es recomendable inyectar piezas excesivamente gruesas. Además, para que el enfriamiento se produzca de forma homogénea en toda la pieza es mejor que los espesores de ésta sean uniformes.

Tiempo de ciclo. - El tiempo de ciclo depende, principalmente, de los tiempos de las etapas o fases de:

- Cierre del molde.
- Inyección.
- Enfriamiento de la pieza.
- Apertura del molde y expulsión de la pieza.

De esta manera, la variable más importante en el diseño de una pieza de plástico es la velocidad de enfriamiento, debido a la gran influencia en el tiempo de ciclo en los costos de transformación, de esta manera, el tiempo de enfriamiento ocupa la mayor parte del tiempo de ciclo.

Como ya se dijo, el tiempo de enfriamiento depende del tipo de pieza que se enfría en el molde, no es necesario esperar hasta que toda la pieza enfríe hasta la

temperatura del molde, sin que estén lo suficientemente enfriadas las regiones externas de la pieza para poderla extraer del molde en condiciones estables, con esto se consigue optimizar el tiempo de producción, así el tiempo de enfriamiento.

Presión de inyección. - La presión de inyección durante la fase de llenado ha de ser la necesaria para que se pueda conseguir la velocidad deseada, por tanto, el tiempo de inyección deseado, de esta manera, la presión de inyección depende de los mismos factores que la velocidad de inyección.

Presión de mantenimiento. - La presión de mantenimiento se aplica una vez ha finalizado la etapa de inyección de material en el molde, el objetivo es completar el llenado del molde y compactar el material del interior de la cavidad para minimizar la contracción que tiene lugar durante su solidificación.

El momento del cambio a presión de mantenimiento es importante, si se cambia demasiado pronto, la pieza no queda lo necesariamente compacta y aparecen burbujas, mientras que un cambio demasiado calmoso provoca una sobrepresión y la formación de rebabas en la pieza.

En la Figura 5 se puede observar el proceso de inyección de elementos plásticos.

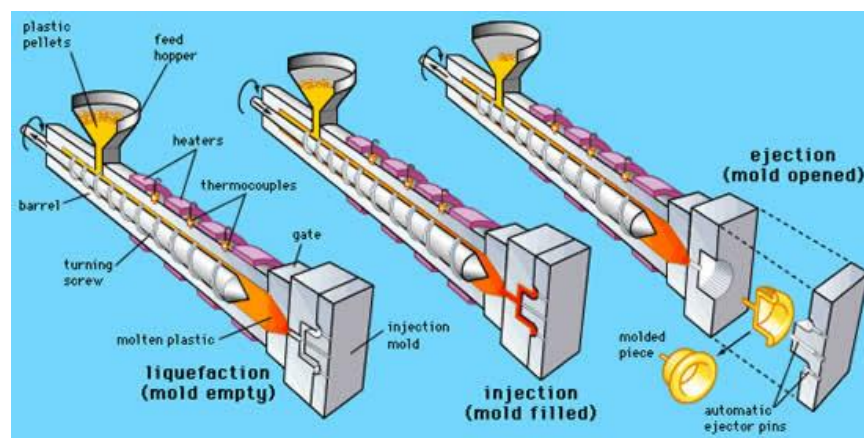


Figura 5: Proceso de Inyección de elementos plásticos.

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Procesos Plásticos Inyectados (Plásticos Inyectados S.A., 2013)

Gestión del proceso

Es una metodología y disciplina de la gestión cuyo objetivo es mejorar la eficiencia y eficacia del proceso de inyección de polietileno, por medio de esta gestión se debe diseñar, documentar y analizar el proceso en forma continua, verificando los recursos necesarios para su cumplimiento adecuado.

Es la forma de gestionar toda la organización basándose en los procesos, siendo estos una secuencia de actividades orientadas a generar un valor añadido sobre una entrada para conseguir un resultado en una salida que satisfaga los requerimientos del cliente.

Control del proceso

Se entiende por control de un proceso a la verificación de que la producción salga de acuerdo a lo planificado, reduciendo al mínimo las diferencias que puedan existir entre lo planificado y lo producido, además se pueden establecer medios para la evaluación de distintos factores como pueden ser demanda del cliente, capacidad productiva, de esta manera se puede evaluar la situación actual del proceso y la situación para el futuro, para poder tomar decisiones y acciones necesarias para corregir el desarrollo del proceso de manera que sea lo más parecido a la producción planificada.

Mejora del proceso

Como primer punto es necesario identificar las oportunidades de mejora, Luego es necesario describir y analizar el proceso actual, para esto es necesario considerar los siguientes elementos: Salida y flujo de salida del proceso, destinatarios del flujo de salida, quienes intervienen en el proceso, secuencia de actividades del proceso, recursos utilizados en el proceso e indicadores, esto se logra conociendo bien al

proceso, para posteriormente definirlo como un conjunto de instrucciones de cómo deben ser ejecutadas las actividades del proceso, luego verificar que el proceso se ha desarrollado de acuerdo a lo planificado, verificar las desviaciones del proceso con respecto a lo descrito y cómo se pueden corregir, solucionar o evitar, medir y monitorear continuamente los cambios realizados.

Ingeniería de métodos

Es la técnica más importante para incrementar la productividad es decir con los mismos recursos producir más u obtener lo mismo con menos dentro de una organización, empleando para ello un estudio sistemático y crítico de las operaciones, procedimientos y métodos de trabajo.

Programación de producción

Uno de los aspectos que más influyen en la organización de una industria o empresa es la programación de la producción con esto se determina cuando iniciar o terminar un lote de producción, que operaciones se realizarán con que equipos, máquinas y operadores.

La aplicación de un programa de producción trae algunas ventajas como son:

- Los pedidos de los clientes se pueden entregar en las fechas establecidas.
- Buena utilización de recursos como mano de obra, equipos y maquinarias.
- Disminución de costos de fabricación.

Productividad.

Es la relación que existe entre la cantidad de bienes o servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados, también se puede determinar el rendimiento entre maquinarias y equipos de trabajo.

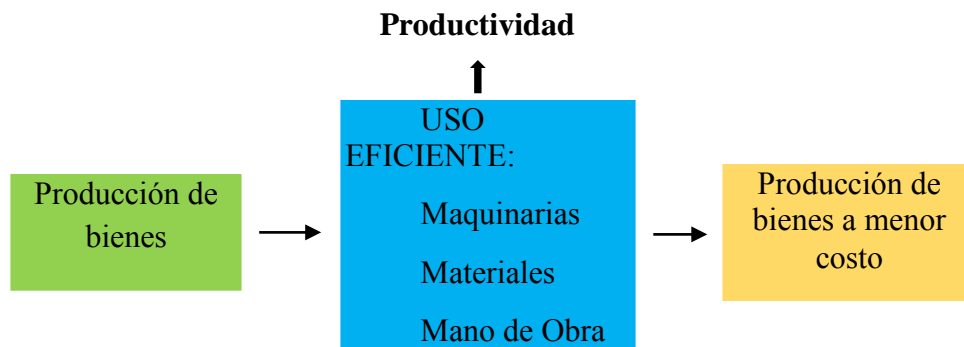


Figura 6: Producción y Productividad.
Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Para los siguientes cálculos de productividad se utilizará la fórmula de (Laverde, 2015) (p. 84).

$$Productividad = \frac{Unidades\ Producidas\ al\ día}{Horas\ Hombre\ Trabajadas}$$

Proceso de Producción.

Un proceso de producción es el conjunto de actividades orientadas a la transformación de recursos o factores productivos en bienes y/o servicios. En este proceso intervienen la información y la tecnología, que interactúan con personas. Su objetivo último es la satisfacción de la demanda.

Se denomina el sistema dinámico constituido por un conjunto de procedimientos técnicos de modificación o transformación de materias primas, sean estas de origen animal, vegetal o mineral, y que puede valerse tanto de mano de obra humana, como de maquinaria o tecnología para la obtención de bienes y servicios.

El proceso productivo se desarrolla por etapas sucesivas que constan de una serie de operaciones interrelacionadas que deben desembocar en la consecución de un producto final cuyo valor, como resultado, se ha incrementado y está apto para su venta y consumo. Actividades que van desde la extracción de las materias primas

hasta la puesta en venta del producto, puede decirse que forman parte del proceso de producción.

Proceso de producción industrial. - Se denomina aquel que utiliza la industria y que comprende una serie de procedimientos, métodos y técnicas para el tratamiento, la transformación o la modificación de las materias primas, con intervención de mano de obra calificada y mediante el uso de maquinaria y tecnología, cuyo objetivo es la obtención de un bien o servicio de valor acrecentado para su consiguiente comercialización.

Proceso productivo en serie. - Es aquel cuyo objetivo es la fabricación de una elevada cantidad de réplicas de un mismo producto que, en este sentido, tenderá a la homogeneidad y a la indiferenciación, y que se destinará al consumo masivo. Debido a los niveles de eficiencia y rendimiento a que propenden los procesos de producción en serie, los productos obtenidos a partir de este sistema serán más rentables para el productor y, asimismo, más accesibles para el consumidor final.

Calibración de maquinaria.

La calibración es el proceso de comparar valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia. Según la oficina internacional de pesas y medidas, la calibración es "una operación que, bajo condiciones específicas, establece en una primera etapa una relación entre los valores y las incertidumbres de medida provistas por estándares e indicaciones correspondientes con las incertidumbres de medida asociadas y, en un segundo paso, usa esta información para establecer una relación para obtener un resultado de la medida a partir de una indicación". (JCGM, 2008)

De esta definición se puede decir que para calibrar un instrumento o un equipo se necesita disponer de uno de mayor precisión o patrón que proporcione el valor convencionalmente verificable, el cual se utilizará para compararlo con la indicación del instrumento que está siendo sometido a la calibración, en caso de la calibración de una máquina inyectora de plásticos es necesario tener como referencia los parámetros establecidos de presión, temperatura y tiempo mediante pruebas de funcionamiento que han dado como resultado un producto adecuado, esto se realiza mediante una cadena ininterrumpida y completamente documentada de comparaciones hasta llegar a obtener un dato patrón para un cierto producto, el objetivo de la calibración es mantener y verificar el buen funcionamiento de los equipos, responder los requisitos establecidos en las normas de calidad y garantizar la fiabilidad y la trazabilidad de las medidas que no es más que una serie de procedimientos que permiten seguir la evolución de un producto en cada etapa.

Materia prima.

La materia prima utilizada en este proceso es el polietileno es el más utilizado por que los productos hechos van desde materiales de construcción, aislantes eléctricos, material de empaque, material para el hogar y la industria, su precio no es elevado y puede moldearse a casi todas las formas.

Los plásticos se encuentran entre los materiales industriales de mayor crecimiento en la industria moderna, debido a su amplia variedad y sus propiedades los hacen los más adaptables de todos los materiales en términos de aplicación, la molécula básica (polímero) del plástico se basa en el carbono, las materias primas para la producción de plásticos son los gases de petróleo y del carbón. La resina básica se produce por la reacción química de monómeros para formar moléculas de

cadena larga llamada polímeros. Existen dos tipos de materia prima, virgen y reciclada, en el proceso de inyección de polietileno de la empresa Plastelec se utiliza material en estado virgen.

Materia prima virgen. – Esta materia prima es un derivado del petróleo que no ha sufrido ninguna transformación, añadidura de algún elemento o cambio desde que se lo fabricó, con este se pueden obtener las piezas requeridas con gran calidad, a diferencia del material reciclado.

Materia prima reciclada. – Es el material que ya ha sido utilizado para la elaboración de un producto y que se lo ha transformado nuevamente en materia prima luego de haber sido utilizada, existen algunos procesos, para el caso de la empresa Plastelec se muelen en un molino eléctrico los ramales que salen en la inyección de cada pieza, para volverlos a reutilizar y minimizar el desperdicio.

Hipótesis

La reducción en los tiempos del proceso de inyección de polietileno aumentará la productividad en la empresa Plastelec

Variables

- **Variable independiente**

(X) = Proceso de inyección del polietileno.

- **Variable dependiente**

(Y) = Productividad.

CAPITULO III

Metodología

Enfoque de la modalidad

Enfoque de la modalidad cuantitativa

La actual investigación tendrá un enfoque de carácter cuantitativo ya que permitirá determinar el problema para poder corregirlo y dar una mejoría en la productividad de la empresa para esto se tomarán los tiempos en los diferentes procesos de producción de los elementos plásticos por medio de este enfoque se establecerá el rendimiento tanto de personal como de maquinaria.

Modalidad básica de la investigación

Investigación de campo

La información se levantará en el lugar de los hechos esto es en la fábrica de plásticos Plastelec, se recolectarán datos de las diferentes etapas del proceso de producción, así como los tiempos empleados en la fabricación del producto plástico, para con ésta información poder analizar el proceso de Inyección de Polietileno y su incidencia en la productividad de la empresa.

Bibliográfica documental

Es necesario tener un amplio conocimiento sobre la investigación a realizarse para de esta forma saber por qué caminos guiarse qué herramientas utilizar, guiarse por medio del internet, libros, revistas, catálogos, entre otros con el fin de que la investigación sea bien sustentada y comprendida.

Tipos de investigación

Investigación exploratoria

Investigación que permitirá detallar y especificar las características del problema en análisis su origen y evolución con el transcurso del tiempo, mediante la utilización de métodos y técnicas de control con esto se realizarán mediciones estadísticas de relación que existe entre variables de la investigación.

Investigación descriptiva

Esta investigación permite determinar las características fundamentales del objeto de estudio, se analizan los procesos y al personal involucrado y sus actitudes frente a problemas que en ellos se presenta, para recolectar información y determinar los factores que inciden en la productividad y afectan al proceso de inyección de polietileno.

Investigación correlacional

Ésta técnica permite determinar el grado de incidencia entre la variable dependiente (productividad en la empresa Plastelec) y la variable independiente (Proceso de inyección del polietileno) utilizando estadística referencial con la técnica los mínimos cuadrados.

Población y muestra

Consiste en obtener al azar a individuos que forman parte de una muestra de la población, esto se realiza cuando los individuos tienen diferentes características y en alto número, para el presente análisis se tomará en cuenta a toda la población por tener un reducido número de acuerdo a la Tabla No. 3, esto se realiza según (Almeida, 2014), (pg. 40)

Se realiza este muestreo al personal operativo de la empresa Plastelec porque es el quien día a día inspecciona, revisa, calibra los diferentes parámetros necesarios para la producción en el proceso de inyección de polietileno, además conocen de los diferentes problemas que se presentan constantemente en el proceso.

Tabla 3: Población.

Personal Operativo	Cantidad
Operadores	8
Total	8

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Investigación Directa

Operacionalización de variables

Variable independiente: Proceso de inyección de polietileno.

Tabla 4: Operacionalización de variable independiente.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Es el proceso productivo mediante el cual se funde el polietileno en un husillo para luego ser inyectado a temperaturas y presiones adecuadas en un molde frío, obteniendo la pieza de forma idéntica a la del molde.	Proceso productivo.	Presión Temperatura Tiempo Piezas sin falla por hora	¿Qué parámetro considera usted que afecta al proceso de inyección? ¿Considera usted que el tiempo de producción del proceso de inyección de polietileno es el óptimo? ¿Considera usted que los moldes se encuentran en buenas condiciones de producción?	Encuesta al personal Operativo de la empresa Plastelec/ Registros de Producción.

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Investigación Directa

Variable dependiente: Productividad en la empresa Plastelec.

Tabla 5: Operacionalización de variable dependiente.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	ITEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Productividad la relación que existe entre la cantidad de bienes o servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. Sirve también para determinar el rendimiento entre maquinarias y equipos de trabajo.	Relación entre bienes y recursos. Rendimiento de máquina.	Materia Prima/unidad Mano de Obra/unidad Capacidad de Maquinaria Tiempo de ciclo. Número de piezas por unidad de tiempo	¿Qué factor considera usted que incide en la productividad de la empresa? ¿Considera usted que la producción diaria satisface la demanda existente? ¿En el proceso de Inyección de polietileno es variable el número de piezas producidas por hora?	Encuesta al personal Operativo de la empresa Plastelec, Observación Medición Registros de Producción

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

Recolección de información.

En la Tabla 6 se puede observar la matriz del plan de recolección de información con nueve preguntas y sus explicaciones que contribuirán al desarrollo del estudio para poder comprender de mejor manera la situación actual que se presenta en el proceso de inyección del polietileno.

Tabla 6: Plan de Recolección de Información.

PREGUNTAS	EXPLICACIÓN
¿Para qué?	Para relacionar el tema de investigación con los conocimientos teóricos científicos y explicar hechos y fenómenos del problema planteado.
¿A qué personas?	La información se recolectará encuestando a toda la población de la empresa Plastelec.
¿Sobre qué contenidos?	La información será sobre el proceso de inyección y los parámetros que inciden en la productividad de la empresa.
¿Quién?	El encargado de recolectar la información es el investigador: Juan Carlos Arellano
¿Cuándo?	La recolección se realizará en enero del 2017
¿Dónde?	Los datos se recolectarán en la planta de producción de la empresa Plastelec ubicada al sur de Quito.
¿Qué técnica de recolección?	Se emplearán las técnicas de encuesta y observación de datos.
¿Con Qué?	Se elaborará un cuestionario estructurado. Hoja de toma de tiempos Registros de Producción Registro de control de materia prima
¿En qué situación?	En la ejecución del proceso productivo, bajo las reglas y lineamientos de la empresa.

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

En la Tabla 7 se observan los instrumentos utilizados en la recolección de datos como son las técnicas de información utilizadas para la recolección de datos, se puede apreciar que se han tomado técnicas de observación y encuesta como información primaria y como información secundaria se ha dado lectura y análisis científico a catálogos, informes de producción e internet.

Tabla 7: Instrumentos de recolección de información.

Técnicas de información	Instrumentos de recolección de información	Técnicas de recolección de información
Información Primaria	Información de Campo. Cuestionario.	Observación. Encuesta.
Información Secundaria	Catálogos, informes de producción. Internet.	Lectura y análisis científicos.

Elaborado por: Juan Carlos Arellano.

Fuente Investigación Directa

Luego de establecida la operacionalización de variables se procederá con el diseño de la encuesta, la misma que será dirigida al personal operativo que trabaja en la empresa Plastelec, el completar el cuestionario será de vital importancia para aclarar dudas relacionadas con el tema de investigación, como son los factores del proceso de inyección de polietileno que inciden en la productividad de la empresa Plastelec.

La recopilación de la información se la realizará en la planta de la empresa que se encuentra ubicada en la ciudad de Quito provincia de Pichincha también se aplicará la técnica de observación utilizando registros de tomas de tiempos y un cronómetro lo que facilitará la interpretación de los datos obtenidos que posteriormente se los tabulará en una hoja de cálculo para su mejor entendimiento.

Para obtener gráficos y cuadros estadísticos que facilitarán su comprensión e interpretación de resultados, finalmente ver la solución que se pueda dar al problema de esta investigación, comprobando su hipótesis, después de encuestar a los empleados la información es ordenada para su revisión a fin de corregir posibles errores.

Luego se codificarán los datos para su tabulación, posteriormente se analizarán los datos, se realizará la prueba del Chi cuadrado para poder obtener los resultados y poderlos analizar con la hipótesis de la investigación para finalmente validarla o rechazarla.

CAPÍTULO IV

Análisis e interpretación de resultados

Para desarrollar la investigación e interpretación de resultados se aplicó la encuesta dirigida al personal operativo de la empresa Plastelec, se obtuvieron datos para el desarrollo del marco estadístico, se realizó un análisis e interpretación para cada pregunta planteada, considerando los aspectos reales que pueden influir en la producción.

Para el desarrollo de la investigación de campo se acudió a las instalaciones de la planta de producción de la empresa Plastelec, donde se observó las secuencias del proceso de inyección de polietileno en donde se tomaron datos de presión, temperatura y tiempo, a continuación, se muestra, la información tabulada de manera numérica y gráfica para posteriormente analizar e interpretar los resultados con las tendencias a las alternativas de respuesta a las preguntas planteadas en el cuestionario.

Situación actual del proceso de inyección del polietileno

El proceso de inyección de polietileno tiene la secuencia adecuada de producción, se inicia con la carga de material en la tolva ejecutada por el operador, posteriormente se encienden resistencias calefactoras y se espera hasta que llegue a la temperatura de trabajo, si se coloca el selector Manual/Automático en modo automático se cumple la secuencia en forma automática, al colocar el selector en modo manual el operador completa la secuencia manualmente pulsando botones, se puede comprender de mejor manera en el diagrama de flujo que se muestra a continuación.

Proceso de inyección de polietileno en la empresa Plastelec

El proceso de inyección inicia con el ingreso de polietileno a la tolva, operación realizada manualmente por el operador, luego se energizan las resistencias por medio de un selector OFF/ON, de acuerdo al material ingresado en la tolva para el caso del Polietileno las temperaturas de trabajo deben alcanzar los 170 °C, en la parte intermedia del Husillo 180°C y en la boquilla 190°C, tablas de estas calibraciones no se han encontrado, esto es realizado por el operador en base a experiencia.

Una vez que se ha alcanzado la temperatura de trabajo se enciende el motor del sistema de bombeo de aceite hidráulico, se coloca el selector de trabajo en modo MANUAL/AUTOMÁTICO de acuerdo a la manera que se desee trabajar, generalmente modo manual se utiliza para calibraciones de máquina como cambios de molde, distancias de apertura y cierre de molde, cantidad de material a inyectar, distancia de salida y retorno de sistema expulsor de pieza, luego se pulsa el botón de arranque y se inicia la

El modo automático se utiliza para echar a andar la producción sin intervención del operador, únicamente actúa para la recolección de piezas inyectadas, revisión de calidad y paso del material al siguiente proceso u ocasionalmente a recuperación de producto inconforme, en la Figura 7 se puede ver el diagrama de flujo de esta parte del proceso.

Proceso de inyección de polietileno en modo manual

Este proceso depende de la activación o desactivación de pulsadores que realizan una determinada actividad en la máquina inyectora de polietileno, al pulsar un botón este accionará una electroválvula hidráulica modo digital que abre o cierra una compuerta que permite o no respectivamente el paso de fluido hidráulico

produciéndose una acción en el equipo, al dejar de pulsar el botón la acción se detendrá, es decir que los pulsadores en modo manual no tienen enclavamiento eléctrico.

Al pulsar el botón de marcha se inicia el control de presión en este caso es realizado por un sistema electrónico original de la máquina que presenta imperfecciones en su funcionamiento, a continuación, se describirá la secuencia en modo manual que el operador debe seguir para completar un ciclo de producción.

Inicia la secuencia pulsando el botón de “Cierre de Molde”, el cual activa a la electroválvula hidráulica (EV) que realiza el cierre, el molde debe estar cerrado es una condición necesaria para que pueda activarse la siguiente electroválvula con el botón que sigue a continuación el de “Avance Sistema de Inyección” , este sistema debe estar pegado contra el orificio de alimentación del molde para que pueda activarse la electroválvula hidráulica de inyección de polietileno, si la inyección ha terminado permite activar el pulsador de “Carga de Material”.

Al terminar la carga de material permite activar el botón “Rechupe de Material” sobrante, posteriormente es necesario esperar un tiempo en el que la pieza pueda enfriarse dentro del molde y activar el botón “Abre Molde”, al estar el molde abierto, permite activar el botón “Sale Expulsor” que es el sistema que retira la pieza del molde, una vez que se encuentra afuera el sistema expulsor permite activar el botón “Regresa Expulsor”, es la parte final del ciclo, en la Figura No. 8 se puede ver el diagrama de flujo de esta parte del proceso en modo manual.

Proceso de Inyección de Polietileno en Modo Automático

El proceso de inyección en modo automático casi no requiere de la intervención del operador, se inicia al colocar el selector MANUAL/AUTOMÁTICO en modo

AUTOMÁTICO, luego se pulsa el botón de arranque e inicia la secuencia de funcionamiento del proceso.

Al encontrarse abierto el molde, un fin de carrera ubicado en esta posición da la señal para que se accione la electroválvula hidráulica (EV) de “Cierre de Molde”, produciéndose el cierre y accionando un fin de carrera que da la señal para que “Avance Sistema de Inyección” hasta que la boquilla tenga contacto con el orificio de alimentación de material del molde y accionando a un fin de carrera que desactiva a la electroválvula de “Avance Sistema de Inyección” y activando la electroválvula de “Inyección”

Al terminar de inyectar el polietileno activará a un fin de carrera que enviará una señal eléctrica para que se active la electroválvula de “Carga de Material” y desactivará la electroválvula “Inyección”, al terminar la “Carga de Material” activará a un fin de carrera que permitirá que se active la electroválvula de “Rechufe” la que hará el rechufe de material sobrante, desactivará a la electroválvula de “Carga de Material” y activará al temporizador On Delay (al activarse inicia el conteo) para que inicie el conteo de enfriamiento que en este caso es de 4 segundos.

Al finalizar el conteo se activará la electroválvula ”Abre Molde”, al abrirse el molde se activará un fin de carrera activará a la electroválvula “Sale Expulsor” que es el que retirará a la pieza del molde, al terminar de salir el expulsor activará a un fin de carrera que desactivará a la electroválvula “Sale Expulsor” y activará a la electroválvula “Regresa Expulsor” con los que se finaliza un ciclo en modo Automático, en la figura No. 9 se puede ver el Diagrama de Flujo de esta parte del proceso.

Diagrama de flujo del proceso de inyección de polietileno situación actual

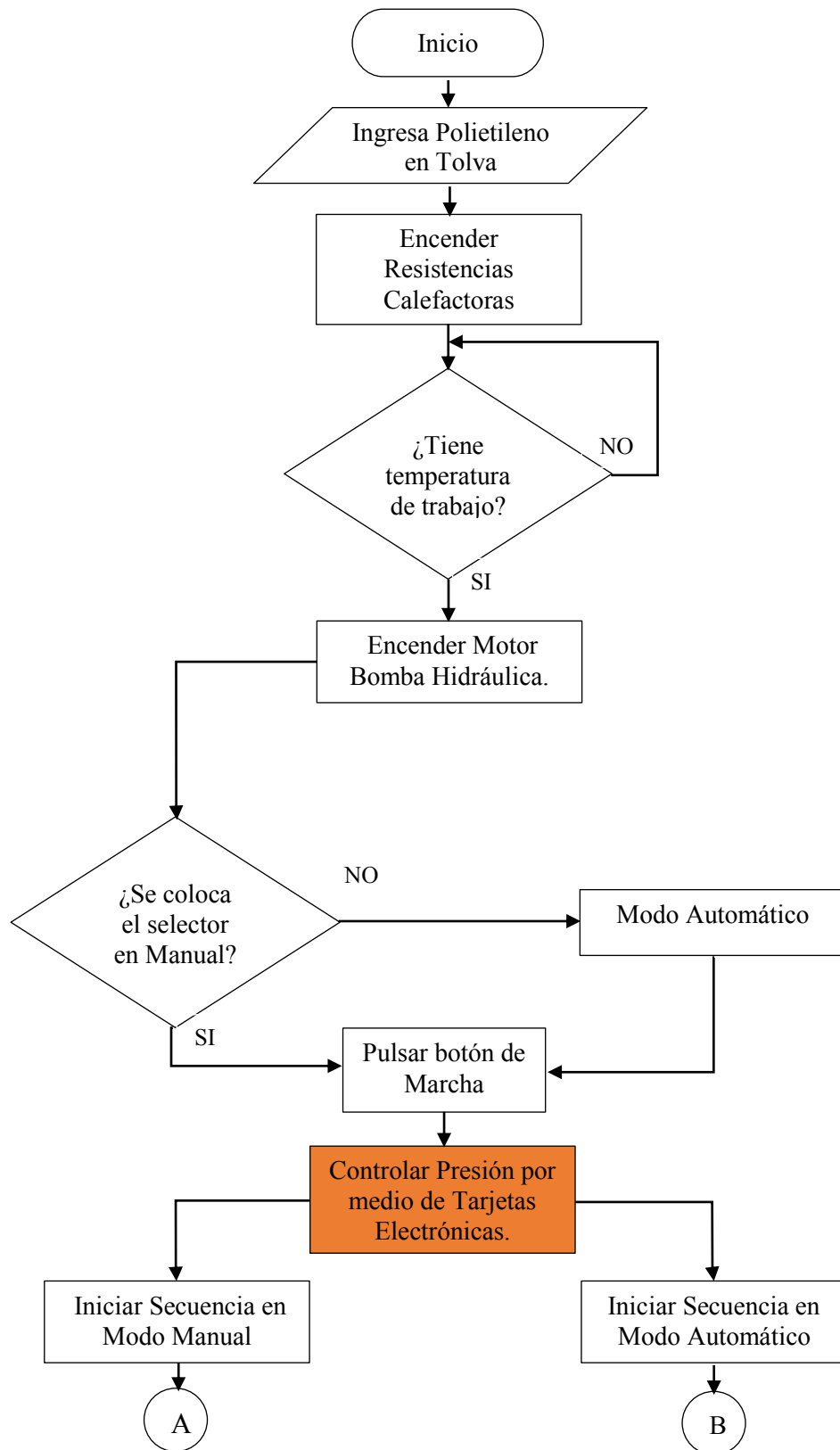


Figura 7: Diagrama de flujo del proceso de inyección en la situación actual.

Elaborado Por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

Diagrama de flujo del proceso de inyección modo automático situación actual

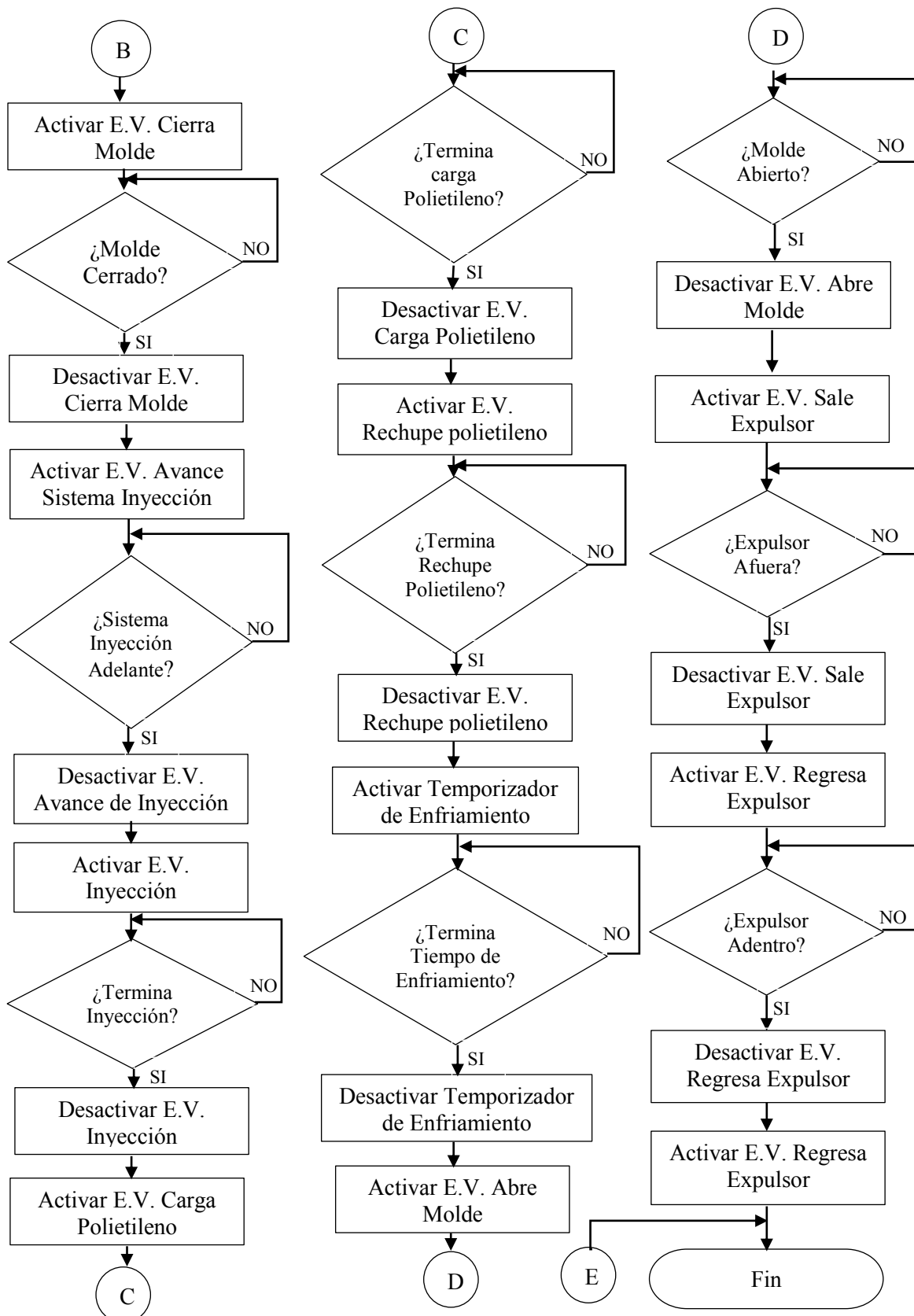


Figura 8: Diagrama de flujo del proceso de inyección modo automático situación actual.

Elaborado Por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

Diagrama de flujo del proceso de inyección modo manual en la situación actual

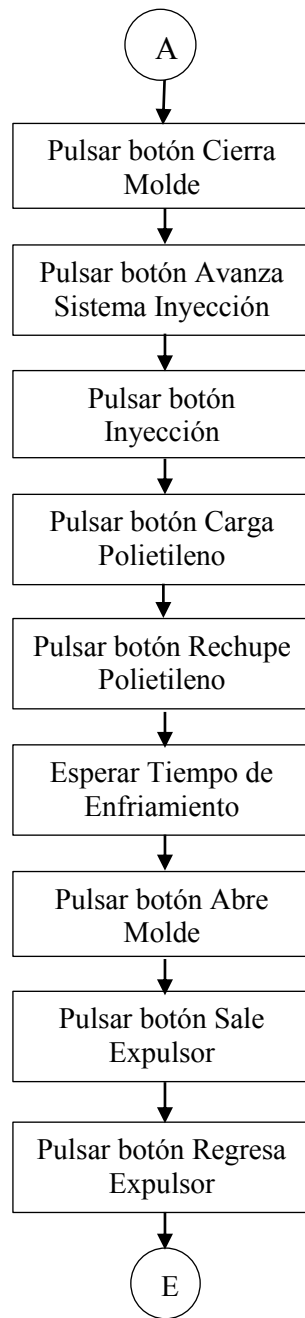


Figura 9: Diagrama de flujo del proceso de inyección modo manual en situación actual

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

Donde:

EV: Electroválvula hidráulica

Tiempos de cada etapa del proceso de inyección de polietileno

Se inicia la presentación de un esquema sobre el proceso de inyección de polietileno mostrado en la Figura 10, para comprender la toma de tiempos en cada etapa del ciclo del proceso de inyección de polietileno, esto permitirá establecer el estado actual del proceso y su influencia en la productividad de la empresa Plastelec.

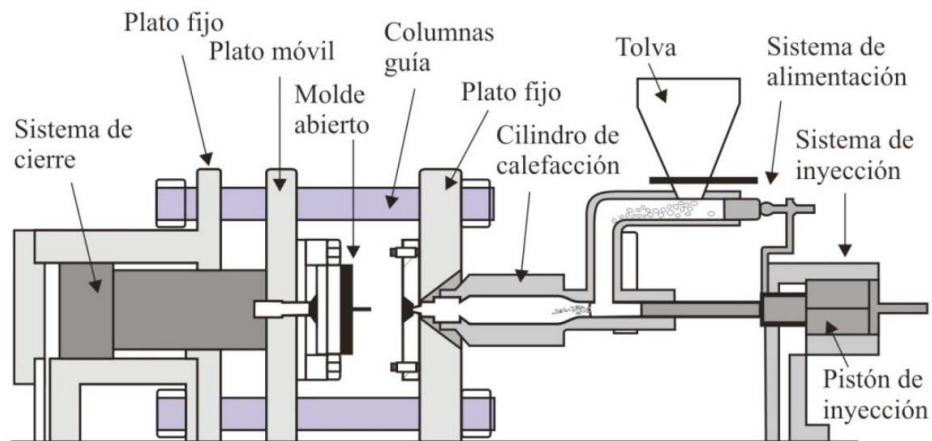


Figura 10: Esquema del proceso de inyección de polietileno.
Elaborado por Juan Carlos Arellano.
Fuente: (Marcilla, 2005)

Los tiempos de cada secuencia del proceso de inyección del polietileno se los comparará con los tiempos que se han de tomar luego de haber desarrollado la propuesta para poder analizar con datos reales las mejoras que se han dado con respecto a la productividad de la empresa Plastelec, se debe aclarar que para la toma de estos datos se utilizará siempre el mismo molde.

Los tiempos de cada etapa del ciclo de producción son promediados debido a sus continuas variaciones, se inicia con la carga de material en la tolva, en un tiempo promedio de 2 minutos, para fines de este estudio no se tomará en cuenta este tiempo debido a que la carga se realiza inicialmente mientras la máquina calienta sus resistencias.

Los tiempos de cierre y apertura del molde deberían ser iguales, pero en los datos tomados en el proceso de inyección de polietileno los tiempos son diferentes, en el Cierre de molde el tiempo promedio es de 3:08 segundos, la inyección de polietileno tiene un tiempo promedio de 8:15 segundos en toda la secuencia del proceso el tiempo es mayor al deseado o al óptimo de producción causado por las mismas razones mencionadas en el cierre de molde.

En la carga automática de material en husillo se toma un tiempo de 18:09 segundos, la pieza demora en enfriar un tiempo de 4:16 segundos luego de haberse realizado la carga de material a husillo, para posteriormente realizarse la apertura del molde que tiene un tiempo en abrir de 4:28 segundos.

Posteriormente entra en funcionamiento la salida de expulsores que es el sistema que expulsa a la pieza ya inyectada, el sistema expulsor se toma un tiempo de 4:43 segundos, el retorno de expulsores se toma un tiempo de 3:47 segundos en regresar a la posición inicial de trabajo, para continuar nuevamente con el ciclo, los tiempos de acuerdo con la pieza a inyectar son muy altos, como se dijo anteriormente esto sucede porque el sistema de control presenta defectos en su funcionamiento y no se puede calibrar manualmente, a continuación, se muestra en la Tabla 8 el resumen de los tiempos tomados.

Tabla 8 Tiempo de ciclo del proceso de inyección del polietileno

PROCESO	t1(s)	t2(s)	t3(s)	t4(s)	t5(s)	\bar{t} (s)
Cierre de molde	0:02:57	0:03:15	0:03:33	0:02:29	0:03:27	0:03:08
Inyección de Polietileno	0:07:43	0:08:22	0:08:55	0:07:17	0:08:57	0:08:15
Carga automática husillo	0:18:08	0:16:58	0:18:45	0:17:59	0:18:56	0:18:09
Enfriamiento pieza en molde	0:04:00	0:04:00	0:04:00	0:04:00	0:04:00	0:04:00
Apertura del molde	0:03:22	0:04:48	0:04:52	0:04:36	0:04:40	0:04:28
Salida de expulsores	0:05:01	0:03:43	0:04:36	0:04:57	0:05:19	0:04:43
Retorno de expulsores	0:02:55	0:03:15	0:04:02	0:03:44	0:04:57	0:03:47
					TOTAL	0:46:30

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Investigación Directa

Presión hidráulica general en cada etapa del proceso de inyección

La presión general promedio en cada etapa del proceso de inyección son las siguientes: en la etapa de cierre de molde es de 125 bar, en la inyección de polietileno 120 bar, carga automática en husillo 140 bar, apertura del molde 130 bar, salida de expulsos 125 bar, retorno de expulsos 135 bar, como se puede observar en los datos tabulados en la Tabla 9 las presiones no permanecen constantes para cada etapa del proceso de inyección del polietileno.

Tabla 9: Presiones de ciclo del proceso de inyección del polietileno

PROCESO	P1(bar)	P2(bar)	P3(bar)	P4(bar)	P5(bar)	\bar{P} (bar)
Cierre de Molde	135	115	130	120	125	125
Inyección de Polietileno	115	120	130	120	115	120
Carga Automática en Husillo	135	140	145	135	145	140
Apertura de Molde	125	135	130	120	140	130
Salida de Expulsos	115	125	135	130	120	125
Retorno de Expulsos	135	125	130	140	145	135

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

Gráfica de presión vs tiempo

En la Tabla 10 se han tabulado los datos de presiones y tiempos necesarios para cada etapa del proceso de inyección de polietileno los mismos que se utilizarán para obtener una gráfica que permita visualizar la forma de onda y la variación de presión con respecto al tiempo.

Tabla 10: Presión y tiempo de trabajo.

PROCESO	TIEMPO (s)	PRESIÓN (bar)
Tiempo Inicial	0:00:00	0
Cierre de Molde	0:03:08	125
Inyección de Polietileno	0:11:23	120
Carga Automática en Husillo	0:29:32	140
Apertura de Molde	0:34:00	130
Salida de Expulsos	0:38:43	125
Retorno de Expulsos	0:42:30	135

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

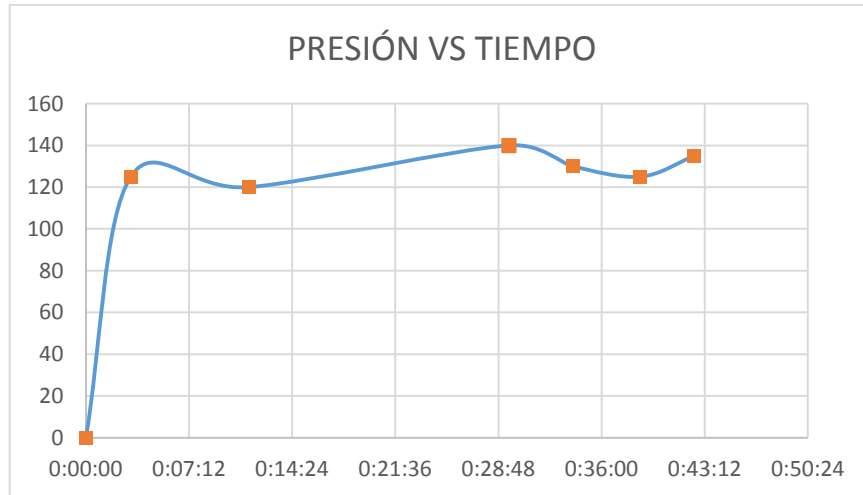


Figura 11. Gráfica de la presión vs el tiempo de trabajo.
 Elaborado por: Juan Carlos Arellano
 Fuente: Investigación Directa

Análisis de la gráfica presión vs tiempo.

En la Figura 11 se puede observar que la presión varía con respecto al tiempo en cada etapa del proceso, sin mantenerse en la presión de trabajo que es de 140 (bares), lo que causa inestabilidad en el proceso tomándose más tiempo del necesario para obtener un producto final.

Potencia de cada etapa del proceso

En la Figura 12 se muestra la potencia que se requiere en cada etapa del proceso de Inyección de Polietileno, se puede apreciar que la mayor potencia es necesaria en la inyección luego en la plastificación, es donde más presión hidráulica se requiere para completar el ciclo.

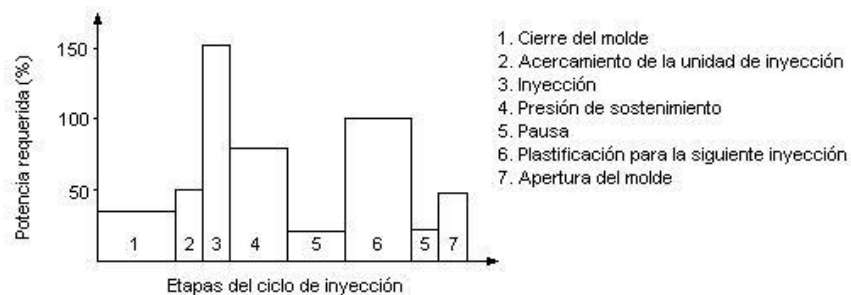


Figura 12: Potencia requerida para cada etapa del ciclo de inyección.
 Elaborado por: Juan Carlos Arellano
 Fuente: (Plásticos Inyectados S.A., 2013)

Temperatura del proceso de inyección

La temperatura de fundición del polietileno se controla mediante tres controladores de temperatura los que tienen conectadas tres resistencias en la carcasa porta husillo, estas se mantienen constantes y son independientes del funcionamiento de la maquinaria, las resistencias se encuentran ubicadas una en la salida de la alimentación o tolva, otra en la mitad del porta husillo y la última en la boquilla de inyección es la que se une con el molde, las temperaturas son las siguientes: resistencias de tolva 170 °C, resistencias intermedias 180°C, Resistencias de boquillas 190°C.

Tabla 11: Temperaturas de ciclo del proceso de inyección del polietileno

UBICACIÓN DE RESISTENCIAS	TEMPERATURA (°C)
Resistencias de tolva	170
Resistencias intermedias	180
Resistencias de boquillas	190

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Investigación Directa

En la Figura 13 se indican las temperaturas que tiene la pieza a ser inyectada y el molde en cada etapa del proceso, ingresa con una temperatura alta y va disminuyendo hasta que la pieza es expulsada, la disminución de la temperatura en el molde es más rápida porque tiene un sistema de refrigeración.

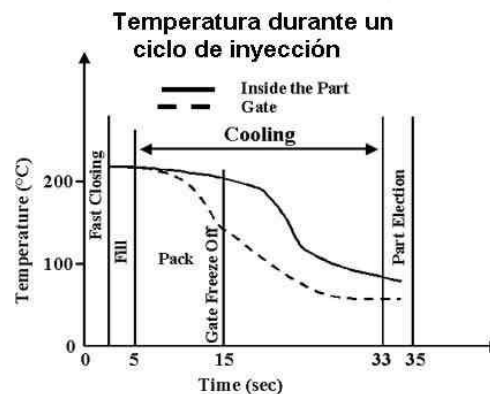


Figura 13: Temperatura de la pieza y del molde de inyección.

Elaborado por: Juan Carlos Arellano.
Fuente: (Plásticos Inyectados S.A., 2017)

Relación de las variables

Pregunta No. 1

¿Qué parámetro considera usted que afecta al proceso de inyección?

Tabla 12: Tabulación pregunta No. 1

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Presión	11	92
Temperatura	1	8
Total	12	100

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

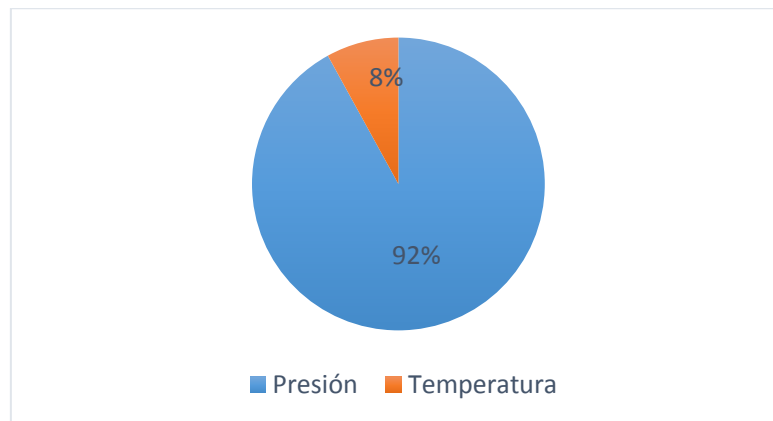


Figura 14: Representación gráfica de valores de pregunta No. 1

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Empresa Plastelec

Análisis

Como reflejan los datos Tabla 12 y graficados en la Figura 14, el 92 % del personal operativo considera que la presión de trabajo afecta al proceso de inyección de polietileno en la empresa Plastelec, mientras que el 8% considera que el parámetro que influye es la temperatura.

Interpretación

La mayoría de los empleados consideran que el parámetro fundamental que afecta al proceso de inyección en estos momentos es la presión debido a que es un

parámetro que no se puede calibrar, mientras que la temperatura es un parámetro que se mantiene constante y el personal la puede calibrar.

Pregunta No. 2

¿Considera usted que el tiempo de producción del proceso de inyección de polietileno es el óptimo?

Tabla 13: Tabulación pregunta No. 2

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	3	25
No	9	75
Total	12	100

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

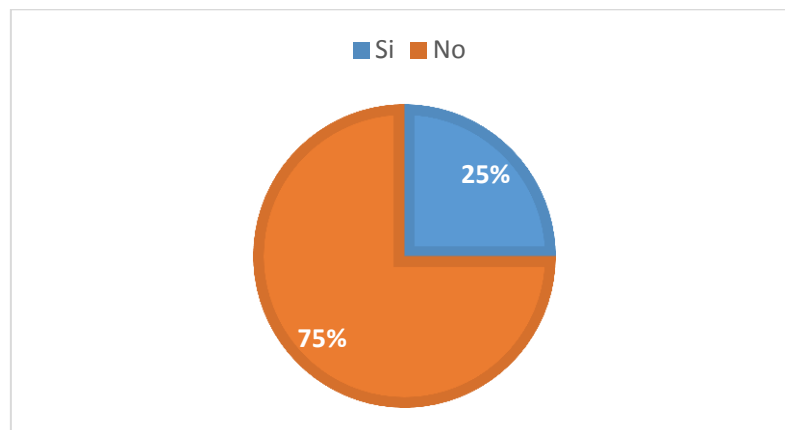


Figura 15: Representación gráfica de valores de pregunta No. 2

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Empresa Plastelec

Análisis

El 25% del personal operativo de la empresa Plastelec considera que el tiempo de producción del proceso de inyección de polietileno es el óptimo mientras que el 75% como se puede observar en la Tabla 13 y verificar en la Figura 15, considera que no lo es debido a variaciones en las presiones de trabajo que influyen en el tiempo de producción.

Interpretación

De acuerdo a esta pregunta, el 75 % de las respuestas contestaron que el tiempo de producción del proceso de inyección no es el óptimo porque depende de los parámetros temperatura y presión de trabajo, considerando que se trabaja siempre con un mismo material a la temperatura y presión constantes el tiempo de ciclo debería ser constante lo cual no lo es, esto es causado por variaciones de presiones de trabajo que no se las puede calibrar debido a que se trata de un control defectuoso mediante tarjetas electrónicas, provocando que a veces el ciclo se tome más tiempo del necesario.

Pregunta No. 3

¿Considera usted que los moldes se encuentran en buenas condiciones de producción?

Tabla 14: Tabulación pregunta No. 3

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	10	83
No	2	17
Total	12	100

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Investigación Directa

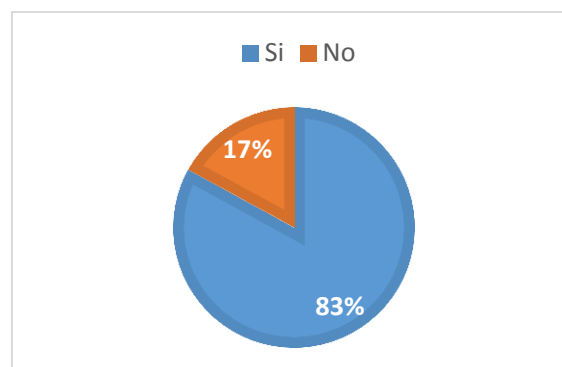


Figura 16: Representación gráfica de valores de pregunta No. 3

Fuente: Empresa Plastelec
Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Análisis

De acuerdo a los datos tabulados en la Tabla 14 se aprecia que el 83% considera que los moldes se encuentran en buenas condiciones de producción mientras que el 17% no lo considera así, en la Figura 16 se puede apreciar de mejor manera los porcentajes obtenidos.

Interpretación

Los moldes en malas condiciones de trabajo pueden afectar al tiempo de producción debido a que se pueden obtener piezas defectuosas que necesiten de la intervención del operador para recuperarlas, o pueden producir demasiada rebaba o desperdicio lo que se traduce en pérdidas para la empresa, en este caso se utilizan moldes en buenas condiciones para la producción.

Pregunta No. 4

¿Qué factor considera usted que incide en la productividad de la empresa?

Tabla 15: Tabulación pregunta No. 4

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Mano de Obra	2	17
Materia Prima	3	25
Maquinaria	7	58
Total	12	100

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Investigación directa

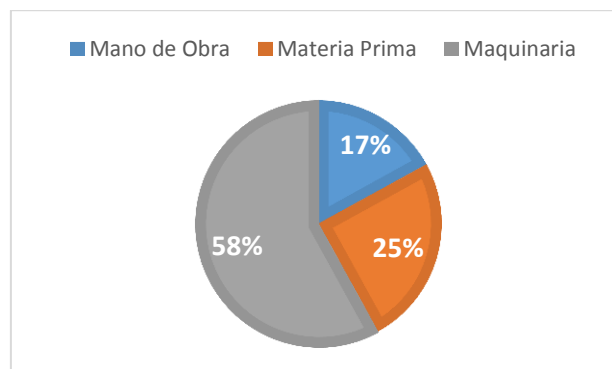


Figura 17: Representación gráfica de valores de pregunta No. 4

Fuente: Empresa Plastelec
Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Análisis

Según la Tabla 15 y la Figura 17 se pueden observar los porcentajes de los factores que inciden en la producción según el personal operativo de la empresa Plastelec, el 17% considera que la mano de obra incide en la productividad de la empresa, el 25% considera a la materia prima y el 58 % la maquinaria.

Interpretación

El personal que considera que la mano de obra expone que el personal desmotivado incide en la productividad, el 25% considera que la materia prima que a veces trae impurezas hace que se vuelvan a reprocesar ciertas piezas de polietileno, el 58% que es el personal más conocedor del proceso aseguran que la maquinaria es el principal factor que incide en la productividad de la empresa Plastelec.

Pregunta No. 5

¿Considera usted que la producción diaria satisface la demanda existente?

Tabla 16: Tabulación pregunta No. 5

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	2	17
No	10	83
Total	12	100

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Investigación Directa

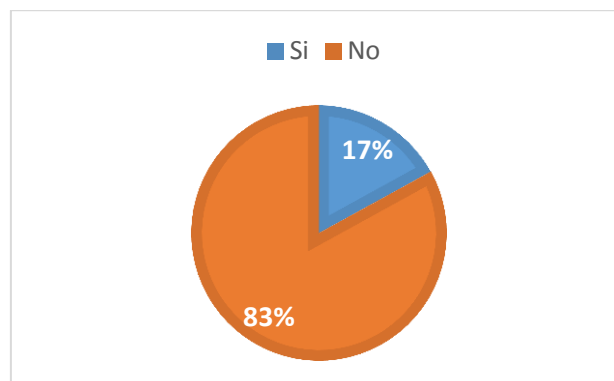


Figura 18: Representación gráfica de valores de pregunta No. 5

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Empresa Plastelec

Análisis

De acuerdo a la encuesta realizada al personal operativo de la empresa Plastelec de obtienen los datos que se muestran en la Tabla 16 y en la gráfica de la Figura 18 en donde el 83% de los operadores consideran que la producción diaria no satisface la demanda existente, mientras que el 17% considera que si satisface la demanda existente.

Interpretación

De acuerdo a esta pregunta el tiempo de ciclo depende de los parámetros antes mencionados que son temperatura y presión de trabajo, considerando que se trabaja siempre con un mismo material a la temperatura y presión constantes el tiempo de ciclo debería ser constante lo cual no es así, esto es causado por variaciones en la presión de trabajo que no se las puede calibrar debido a que se trata de un control mediante tarjetas electrónicas, provocando que a veces el ciclo se tome más tiempo del necesario.

Pregunta No. 6

¿En el proceso de inyección de polietileno es variable el número de piezas producidas por hora?

Tabla 17: Tabulación pregunta No. 6

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	11	92
No	1	8
Total	12	100

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

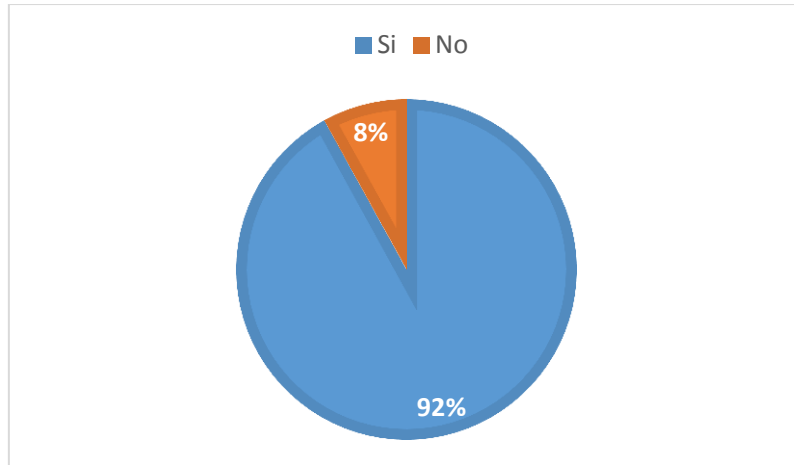


Figura 19: Representación gráfica de valores de pregunta No. 6
 Elaborado por: Juan Carlos Arellano
 Fuente: Empresa Plastelec

Análisis

Según los datos de la Tabla 20 y Figura 18, el 8% del personal operativo de la empresa Plastelec dice que no es variable el número de piezas producidas en el proceso de inyección de polietileno, mientras que el 92% dice que si es variable el número de piezas producidas por hora.

Interpretación

Dado que no es posible la calibración de presiones de trabajo las mismas que sufren constantes variaciones, la producción por hora también va a ser variada, esto sucede porque se tiene un control electrónico defectuoso que controla las presiones de trabajo de esto está de acuerdo el 92 % de los encuestados.

Verificación de Hipótesis

Para la verificación de la hipótesis se prueba buscando hechos observados para la hipótesis nula o alterna por lo tanto se utiliza el cálculo Chi cuadrado que relaciona los datos observados con los esperados.

Formulación de la Hipótesis

Para verificar la hipótesis es necesario plantear una hipótesis alterna o positiva H1 y una hipótesis negativa o nula Ho

Ho: La reducción en los tiempos del proceso de inyección de polietileno no aumenta la productividad en la empresa Plastelec

H1: La reducción en los tiempos del proceso de inyección de polietileno si aumenta la productividad en la empresa Plastelec

Selección del nivel de Significación

Para la verificación hipotética se utilizará un nivel de significación del 5% (0.05) utilizada habitualmente para rechazar Ho cuando esta es verdadera, por la tanto el nivel de confianza es del 95%, según (Arrondo, 2014), (p. 8).

Elección de la prueba estadística

Para los cálculos que se realizarán de la prueba del Chi cuadrado (x^2) se utilizará la fórmula de (Arrondo, 2014), (p. 4).

$$x^2 = \sum \frac{(fo-fe)^2}{fe}$$

Donde:

x^2 : Chi Cuadrado.

Σ : Sumatorio

fo : Frecuencia Observada

fe : Frecuencia esperada

Para comprobar la hipótesis se relacionan 2 preguntas realizadas al personal operativo de la empresa Plastelec, una tiene que ver con el tiempo de producción en el

proceso y la segunda con la variación de la producción por hora en el proceso de inyección de polietileno.

De la variable independiente se toma la pregunta No. 2

¿Considera usted que el tiempo de producción del proceso de inyección de polietileno es el óptimo?

Tabla 18: Tabulación de datos pregunta No. 2 para prueba del Chi cuadrado

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	3	25
No	9	75
Total	12	100

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

De la variable dependiente se toma la pregunta No. 6

¿En el proceso de inyección de polietileno es variable el número de piezas producidas por hora?

Tabla 19: Tabulación de datos pregunta No. 6 para prueba del Chi cuadrado

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Si	11	92
No	1	8
Total	12	100

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

Frecuencias observadas

Tabla 20: Frecuencias observadas

Pregunta	Alternativa		Total
	SI	NO	
No. 2	3	9	12
No. 6	11	1	12
Total	14	10	24
Total %	58	42	100

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

Frecuencias esperadas

Se calculan utilizando la siguiente fórmula:

$$fe = \frac{\text{Total (SI)} \times \text{Total (SI+ NO)}}{\text{Total Total}}$$

$$fe = \frac{14 \times 12}{24}$$

$$fe = 7$$

$$fe = \frac{10 \times 12}{24}$$

$$fe = 5$$

Tabla 21: Frecuencias esperadas

Pregunta	Alternativa		Total
	SI	NO	
No. 2	7	5	12
No. 6	7	5	12
Total	14	10	24
Total %	58	42	100

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

Grados de libertad

Los grados de libertad se obtienen utilizando la fórmula que relaciona las filas con las columnas de las encuestas según (Prieto, 2014) información que se encuentra en la (p. 9).

$$V = (f - 1)(c - 1)$$

Donde:

v = Grados de libertad

f = Número de filas

c = Número de columnas

Entonces reemplazando se tiene:

$$V = (f - 1)(c - 1)$$

$$V = (2 - 1)(2 - 1)$$

$$V = 1$$

El valor de Chi cuadrado con un nivel de significación igual a 0.05 y un grado de libertad igual a 1 según la tabla del ANEXO No. 1. nos da un valor crítico de 3,8415.

Cálculo para la verificación de hipótesis

Tabla 22: Cálculo para verificación de hipótesis

Fórmula	$x^2 = \sum \frac{(fo - fe)^2}{fe}$	fo	fe	fo - fe	$(fo - fe)^2$	$\frac{(fo - fe)^2}{fe}$
Pregunta No. 2	SI	3	7	-4	16	2.29
	NO	9	5	4	16	3.20
Pregunta No. 6	SI	11	7	4	16	2.29
	NO	1	5	-4	16	3.20
Total		24	24	0		10.98

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

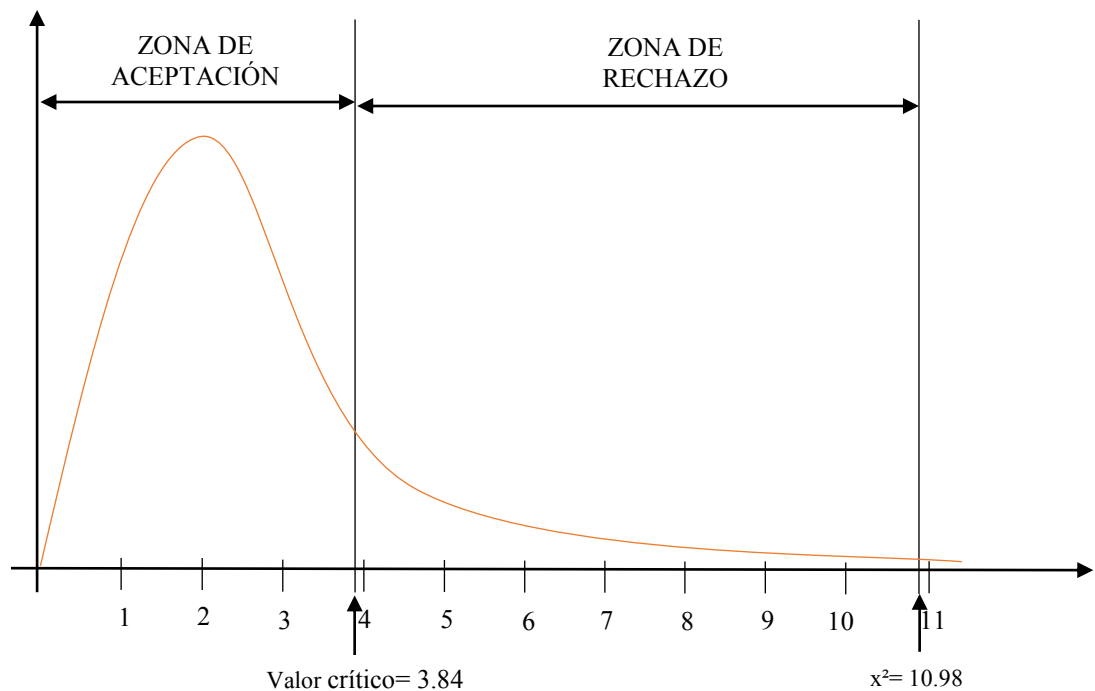


Figura 20: Zona de aceptación y rechazo de la hipótesis

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

Análisis

Para verificar el Chi cuadrado se toma el valor calculado en los grados de libertad que de acuerdo al cálculo realizado en este estudio es igual a 1, se toma un valor de referencia para el grado de significancia que es de 0.05 con estos valores se verifica el valor en la tabla de distribución del Chi cuadrado cuyo valor crítico es 3.84.

Decisión.

El Valor tabulado $x^2 = 3.84$ y el valor calculado es de $x^2 = 10.98$ como se observa el valor calculado es mayor que el valor tabulado, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna planteada en esta investigación, por lo tanto, la reducción en los tiempos del proceso de inyección de polietileno si aumenta la productividad en la empresa Plastelec.

Diagrama de P.E.R.T.

Actividades a desarrollarse en la implementación de la propuesta

- A. Seleccionar los elementos a utilizarse en la automatización del control de presión hidráulica en inyectora de plásticos.
- B. Cotizar los elementos a utilizarse en la automatización del control de presión hidráulica en inyectora de plásticos.
- C. Comprar elementos a utilizarse en la automatización del control de presión hidráulica en inyectora de plásticos.
- D. Obtener datos de presión y tiempos de trabajo en condiciones iniciales para la programación.
- E. Instalar los elementos de control en el tablero eléctrico de la inyectora de plásticos.
- F. Cablear los elementos de control.

G. Programar al controlador módulo de control PID.

H. Realizar pruebas de funcionamiento

Tabla 23: Actividades y tiempos empleados en la automatización

	Actividad	Predecesora	to	tm	tp	te
A	Seleccionar elementos	-	1	2	3	2
B	Cotizar elementos	A	1	2	3	2
C	Compra de elementos	B	0,5	1	1,5	1
D	Obtener datos de presión	-	3	4	5	4
E	Instalar elementos	C	1	2	3	2
F	Cablear elementos	E	3	4	5	4
G	Programar controlador	D	4	5	9	5
H	Realizar pruebas	F,G	1	2	4	2

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

Tabla 24: Actividades y tiempos esperados empleados en la automatización

	Actividad	Predecesora	te
A	Seleccionar elementos	-	2
B	Cotizar elementos	A	2
C	Compra de elementos	B	1
D	Obtener datos de presión	-	4
E	Instalar elementos	C	2
F	Cablear elementos	E	4
G	Programar controlador	D	5
H	Realizar pruebas	F,G	2

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

En la Figura 23 se muestra el diagrama P.E.R.T. de las actividades a desarrollar para la implementación de la propuesta, en la Figura 24 se muestra el diagrama CPM y la ruta crítica, se analizarán los tiempos de la siguiente manera:

ES	EF
LS	LF
H	

Donde:

ES: Tiempo inicial más temprano

EF: Tiempo final más temprano

LS: Tiempo inicial más tardío

LF: Tiempo final más tardío

H: Holgura

$$H = LF - EF$$

Tiempo optimista (to). Es el menor tiempo en el cual es probable que sea terminada una actividad si todo marcha a la perfección. Tiempo más probable (tm). Es el tiempo más probable que tome finalizar una actividad si se repitiera una y otra vez, en otras palabras, es el tiempo normal que se necesita en circunstancias ordinarias.

Tiempo pesimista (tp). Es el tiempo máximo o más largo posible en el cual es probable sea terminada una actividad bajo las condiciones más desfavorables.

Tiempo esperado para una actividad (te). Es el tiempo calculado en el PERT usando el promedio ponderado. Representa la esperanza matemática del tiempo de ejecución.

$$te = \frac{to + 4tm + tp}{6}$$

Fuente: (Carneiro, 2015)

Ruta Crítica. - Son las tareas que se deben realizar en la propuesta que afectan a la fecha de culminación del proyecto, es decir que si una tarea de la ruta crítica se retrasa entonces se retrasará todo el proyecto.

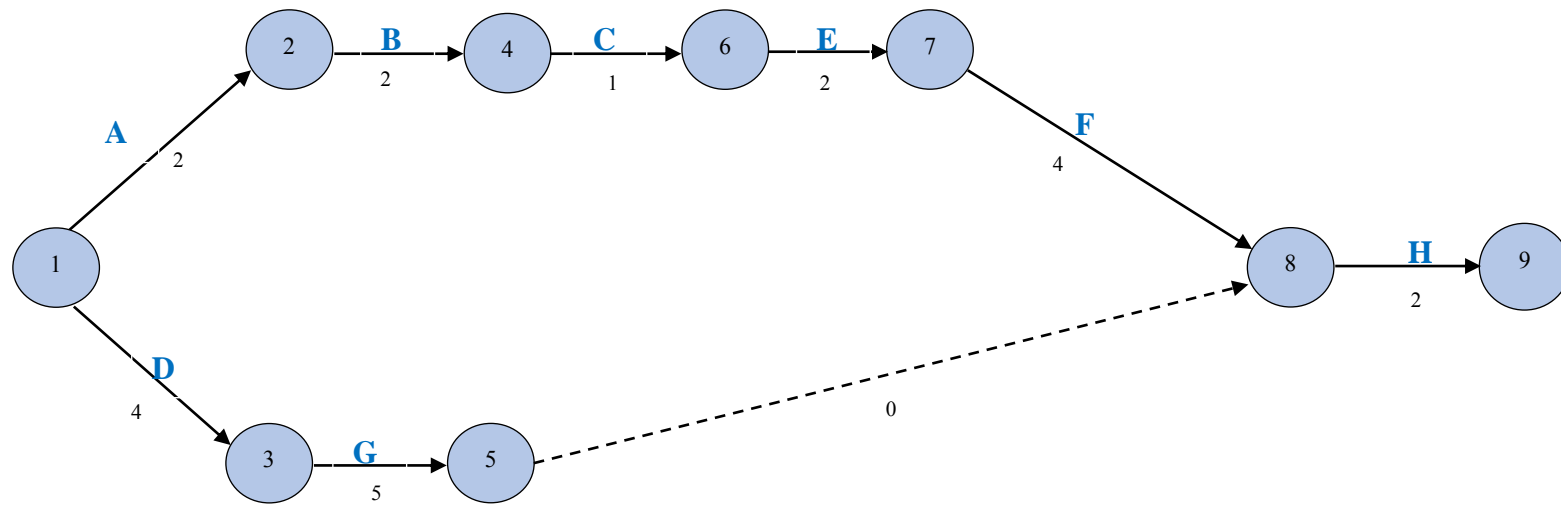


Figura 21: Diagrama de P.E.R.T.
 Elaborado por: Juan Carlos Arellano
 Fuente: Investigación Directa

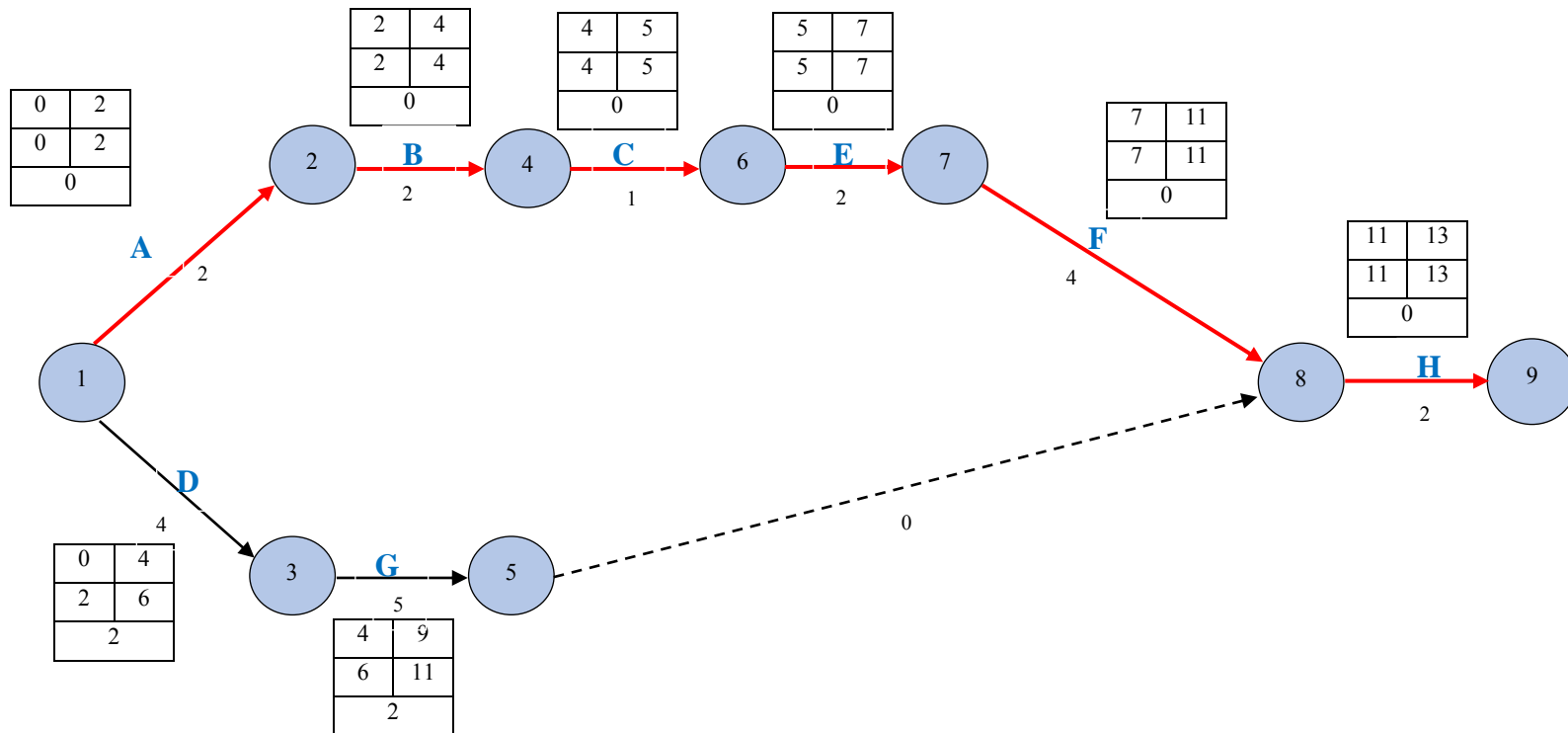


Figura 22: Diagrama C.P.M. y ruta crítica.
 Elaborado por: Juan Carlos Arellano
 Fuente: Investigación Directa

→ Ruta Crítica.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

CONCLUSIONES

- En esta investigación se han descubierto una serie de anomalías al analizar el proceso de inyección de polietileno principalmente en el control de la válvula hidráulica proporcional que controla la presión general de trabajo en el proceso y limita al desarrollo adecuado de la producción dando tiempos superiores al requerido.
- Al tener amplias variaciones en las presiones de inyección se tienen variaciones en los tiempos de cada etapa del proceso lo que incide en la productividad de la empresa Plastelec al producir menos cantidad de piezas plásticas en tiempos mayores, provocando insatisfacción en los clientes por la demora en entregas de productos.
- Al realizar un cambio de tecnología en este proceso de producción ayudará significativamente a lograr los objetivos de la empresa y a aumentar la productividad, logrando maximizar el recurso maquinaria y poder alcanzar una ventaja competitiva en el mercado.

RECOMENDACIONES

- Realizar un cambio en la tecnología de la maquinaria, para tener control sobre la válvula hidráulica proporcional debido a que en la situación actual la máquina cuenta con tarjetas electrónicas en mal estado lo cual impide poder calibrar las presiones de trabajo.
- Reemplazar las tarjetas de control proporcional, a un controlador PID (Proporcional Integral Derivativo) mediante un PLC (Controlador Lógico Programable) para tener un control fino en la presión de trabajo y reducir el tiempo de producción.
- Es recomendable la automatización del control de presión hidráulica en el proceso de inyección de polietileno para mejorar la productividad en la empresa Plastelec, utilizando un PLC Twido y ser una empresa competitiva, en el área de producción de elementos plásticos.
- Crear una disciplina de mejorar continuamente en el personal, para de esa manera todos colaborar con nuevas ideas, innovando procesos, reduciendo desperdicios entre otros en beneficio de la empresa.
- Levantar los procedimientos que debe seguir el operario para manejar la maquinaria, debido a que saben de los pasos que se deben dar para operar únicamente por su experiencia o sentido común pero no tienen ningún documento en el que se explique los pasos obligatorios que se deben dar, lo que tarde o temprano puede provocar grandes daños en maquinarias o en humanos.

CAPÍTULO V

PROPUESTA

Tema: Diseño e implementación de un sistema automático para el proceso de inyección de polietileno.

Datos informativos de la empresa

El presente estudio se realizó en la empresa Plastelec dedicada a la fabricación de productos plásticos para la industria y para el hogar, se encuentra ubicada en la provincia de Pichincha, Distrito Metropolitano de la ciudad de Quito en la avenida Apuela y la Maná esquina.

Beneficiarios

Al darse una reducción en los tiempos de producción y un aumento en la productividad es evidente que los beneficiarios principales son los propietarios de la empresa, a los trabajadores administrativos, operativos y especialmente los clientes quienes sentirán seguridad al recibir sus productos a tiempo.

Antecedentes de la propuesta

En la presente investigación se han descubierto algunas imperfecciones en el funcionamiento de la maquinaria del proceso de inyección de polietileno lo cual incide en la productividad de la empresa Plastelec, por lo que es de primordial importancia automatizar el proceso.

Los principales defectos que se encuentran en el proceso son:

- Tiempos en etapas del proceso muy altos.
- Presiones hidráulicas de trabajo variables.

Esto implica que el proceso no sea el óptimo produciéndose varias demoras en producción, causando insatisfacción en el cliente por la demora a la hora de entregar el producto, ocasionalmente salga producto defectuoso.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de control automático para el proceso de Inyección de Polietileno.

Objetivos específicos

- Determinar la mejor alternativa de solución para el sistema de control automático del proceso de inyección de polietileno.
- Analizar los elementos que intervienen en el control automático del proceso.
- Diseñar un sistema automático de control del proceso de inyección de polietileno.
- Implementar un sistema de control que solucione los problemas en el proceso de producción de polietileno.

Justificación de la propuesta

Justificación técnica

La empresa Plastelec está pasando por un problema que ha afectado a la productividad al presentarse demoras en los tiempos de producción y piezas

defectuosas, por no tener un control sobre las presiones de trabajo esto implica que no se tiene una eficiente producción, lo que hace que la empresa pierda competitividad en el mercado, por lo tanto es necesario ir verificando problemas que pueden presentarse en distintas áreas de trabajo al no tener la maquinaria actualizada con tecnología de punta, de aplicarse actualizaciones en maquinaria puede ser beneficioso para la empresa ya que el retorno de la inversión puede ser en un corto tiempo y la recompensa será duradera, al automatizar el control de presión hidráulica se tendrá un control correcto del funcionamiento de la maquinaria esto se realizará por medio de un sensor o transductor de presión hidráulica el que indicará la presión de trabajo con la que se encuentra operando la máquina.

Justificación económica

La automatización del control de presión en el proceso de Inyección de Polietileno de la empresa Plastelec, será beneficiosa porque se dará una mejora en la calidad de los productos y se disminuirán los tiempos de entrega hacia el cliente aumentando su satisfacción, se puede asegurar la entrega a tiempo de productos por lo cual se puede realizar las ventas de forma segura, por otro lado la maquinaria dejará de sufrir danos e imperfecciones por motivos eléctricos reduciendo paras por mantenimientos correctivos o calibraciones, de acuerdo a la encuesta realizada a la empresa Plastelec, los trabajadores coinciden en que se debe dar una solución al problema encontrado en el proceso de inyección de Polietileno.

Alternativas de solución

Antes de decidir sobre cuál es la mejor solución que se debe dar al proceso de Inyección del Polietileno se analizaron las siguientes alternativas de solución:

- Reparación del control PID (Proporcional Integral Derivativo) existente en el proceso de inyección de polietileno.
- Cambio del control PID existente en el proceso de inyección de polietileno.
- Automatización del control PID del proceso de inyección de polietileno utilizando un PLC.

Análisis del costo de las alternativas de solución

En la alternativa **reparación del control PID existente** no se tiene un costo concreto debido a que en el país no existe personal especializado para la reparación de estos equipos, en el exterior tiene un costo que no incluye garantía de 2000 USD, en la Tabla 25 se puede observar el detalle del costo de esta alternativa.

Tabla 25: Precio de reparación del control PID existente.

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
1	Reparación de sistema de control PID	1500,00	1500,00
1	Calibración de sistema de control PID	500,00	500,00
TOTAL			2000,00

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Investigación Directa

Ventajas

- El costo es accesible a nivel industrial.
- Su funcionamiento sería similar al original.

Desventajas

- Riesgo de que se vuelva a producir un grave daño en el sistema de control.

- No presenta garantía.
- El tiempo de reparación no es concreto.
- No existen repuestos en el mercado.

Para el **cambio de control PID existente**, la empresa se ha contactado con un proveedor de repuestos de máquinas Neggri Bossi en Italia que le ha dado un precio de 4.500 USD, con la instalación personalizada de las tarjetas electrónicas con garantía de un año, en la Tabla 26 se puede ver el detalle del Precio del cambio del controlador PID.

Tabla 26: Precio del cambio del control PID existente.

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
1	Tablero de control PID para inyectora Neggri Bossi NB-90	4500,00	4500,00
		TOTAL	4.00,00

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente Investigación Directa

Ventajas

- Su funcionamiento es igual al original.
- Se tiene un tiempo concreto de entrega y funcionamiento del equipo.
- Se presentan repuestos en el exterior.
- Se tiene garantía de funcionamiento.

Desventajas

- Su costo es elevado.
- Los repuestos no se encuentran en el país.
- El tiempo de entrega y funcionamiento es considerable.

- El sistema ya es obsoleto, muy pronto desaparecerán del mercado sus repuestos y equipos.

En la Tabla 27 se muestran los precios de los materiales necesarios para utilizarse en la aplicación de la propuesta si se aplica la alternativa de **Automatización del control PID** del proceso de inyección, utilizando un PLC, es importante aclarar que los PLC tienen una larga durabilidad en funcionamiento, la garantía contra defectos de fábrica es de 2 años lo que lo hace una buena opción al momento de elegir con qué automatizar.

Tabla 27: Precios de material a utilizarse en propuesta.

Cantidad	Descripción del material	Precio Unitario	Precio Total (USD)
1	Plc Twido TWDLCAA24DRF.	520,00	520,00
1	Módulo de control PID TWDAMM3HT	250,00	250,00
2	Relays 8 Pines Telemecanique	12,00	24,00
1	Cable de comunicación TSXPCX1031	180,00	180,00
1	Protección termomagnética, Merlin Gerin C 60N ,C2	15,00	15,00
40	Metros de cable No. 16 AWG	0,80	32,00
100	Terminales en punta	0,10	10,00
1	Sensor de presión hidráulico Parker PTDVB2501B1C1	150,00	150,00
		Total	1181,00

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente Investigación Directa

Ventajas

- Bajo precio en automatización y equipos.
- Instalación sencilla.
- Reducción de espacios en tableros de control.
- Mejor monitoreo y fácil detección de fallos.

- Se tienen amplia variedad de repuestos en el mercado.
- Se tiene garantía en trabajos y equipos.

Desventajas

- Se requiere de mano de obra calificada para la programación y manejo de estos equipos.
- Se debe conocer bien el proceso para que su funcionamiento sea perfecto.

Selección de la alternativa

A continuación, se muestran en la Tabla 28 las alternativas con sus precios, repuestos y garantías, los mismos que se compararán uno a uno para tener un dato exacto de la alternativa que más convenga utilizar para controlar el sistema PID del proceso de inyección de Polietileno.

Tabla 28: Análisis de alternativas

	Reparación	Cambio	Automatización con PLC
Precio (USD)	4500,00	2000,00	1181,00
Repuestos	No aplica	No aplica	Aplica
Garantía	No aplica	1 año	2 años

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente Investigación Directa

Se evaluarán estos criterios de acuerdo al precio, repuestos, garantía, para posteriormente determinar la importancia relativa al tabular los datos de acuerdo al nivel de importancia, lo que permitirá establecer las diferentes relaciones que pueden tener los criterios de evaluación con las diferentes alternativas de solución.

Tabla 29: Importancia relativa

Respuestas	Valor
De igual importancia	1
Significativamente importante	5
Excesivamente importante	10
Significativamente menos importante	1/5
Excesivamente3 menos importante	1/10

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: investigación Directa

Como se observa en la matriz de ponderación de la Tabla 30 se tiene como resultado que el criterio más importante es el que representa al precio debido a que su porcentaje es el más alto de todos de 73%, pero repuestos y garantía también tienen un porcentaje, por consiguiente, se analizarán los tres criterios de las tres alternativas de solución.

Tabla 30: Matriz de ponderación

Criterio	Precio	Repuestos	Garantía	Suma	%
Precio		10	5	15	73
Repuestos	1/10		5	5,1	25
Garantía	1/5	1/5		0,40	2
			Total	20,5	100

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Investigación Directa

En la Tabla 31 se tabulan datos y se colocan los valores ponderados de acuerdo al Precio, tomando en cuenta los criterios de reparación, cambio o automatización con PLC, se verifica que el porcentaje más alto es el de automatización con PLC con el 73%, luego el cambio con el 25% y finalmente la reparación con el 2 %.

Tabla 31: Matriz de ponderación para evaluar Precio

Precio	Reparación	Cambio	Automatización con PLC	Suma	%
Reparación		1/5	1/10	0,30	2
Cambio	5		1/5	5,2	25
Automatización con PLC	10	5		15,00	73
			Total	20,5	100

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: investigación Directa

En la Tabla 32 se tabulan los datos y se colocan los valores ponderados de acuerdo a Repuestos, tomando en cuenta los criterios de reparación, cambio o automatización con PLC, se verifica que el porcentaje más alto es el de automatización con PLC con el 87%, luego el cambio con el 7% y finalmente la reparación con el 6 %.

Tabla 32: Matriz de ponderación para evaluar Repuestos

Repuestos	Reparación	Cambio	Automatización con PLC	Suma	%
Reparación		1	1/10	1,10	6
Cambio	1		1/5	1,20	7
Automatización con PLC	10	5		15,00	87
Total				17,3	1

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: investigación Directa

En la Tabla 33 se tabulan los datos y se colocan los valores ponderados de acuerdo a Garantía, tomando en cuenta los criterios de reparación, cambio o automatización con PLC, se verifica que el porcentaje más alto es el de automatización con PLC con el 63%, luego el cambio con el 35% y finalmente la reparación con el 2 %.

Tabla 33: Matriz de ponderación para evaluar Garantía

Garantía	Reparación	Cambio	Automatización con PLC	Suma	%
Repotenciación		1/5	1/10	0,30	2
Cambio	5		1	6,00	35
PLC	10	1		11,00	63
Total				17,3	1

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: investigación Directa

En la Tabla 34 se comparan los porcentajes obtenidos en base a todos los criterios combinados mostrando las ponderaciones, de acuerdo a estos se puede verificar que para el precio, repuesto y garantía se tiene el mayor valor en automatización con PLC de 73%, 87%, 64% respectivamente.

Tabla 34: Matriz de ponderación para cada elemento

	Precio	Repuesto	Garantía
Reparación control PID	0,01	0,06	0,02
Cambio control PID	0,25	0,07	0,35
Automatización con PLC	0,73	0,87	0,64

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: investigación Directa

En la Tabla 35 se muestran los criterios con las ponderaciones, estos datos serán utilizados para la elaboración de la matriz final, es un resumen de los porcentajes obtenidos en la Tabla 30, son los porcentajes obtenidos de las comparaciones realizadas entre los criterios de reparación, cambio, automatización con PLC

Tabla 35: Matriz de ponderación de criterios

Criterio	Ponderación
Precio	0,73
Repuestos	0,25
Garantía	0,02

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: investigación Directa

Siguiendo con el cálculo se han utilizado los datos de ponderación de la Tabla 34 y los datos de la Tabla 35 para multiplicarlos de la siguiente manera: la ponderación de precio de la Tabla 35 multiplicado por la columna de todos los precios de la Tabla 34 y lo mismo se hace con la ponderación de repuestos y garantía y se obtiene la siguiente matriz.

Tabla 36: Matriz final de ponderación de criterios

	Precio	Repuesto	Garantía	Total
Reparación	0,0073	0,02	0,0004	0,03
Cambio	0,18	0,02	0,01	0,21
Automatización con PLC	0,53	0,22	0,01	0,76
Total	0,7227	0,25	0,02	1,0

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

Análisis

Como se puede verificar en la Tabla 36 de la matriz final de ponderación de criterios el valor más alto pertenece al de Automatización con PLC con un 76%, el Cambio del control PID tiene un porcentaje de factibilidad del 21% y para la Reparación del control PID un 3 %.

Interpretación

Dado que el valor más alto de las tres alternativas de solución le corresponde a la Automatización con PLC, entonces se demuestra que esta es la solución más factible para solucionar el problema existente en el sistema de control PID del proceso de inyección de polietileno y aumentar la productividad en la empresa Plastelec.

Factibilidad

El análisis realizado en la empresa Plastelec demuestra que existe la necesidad de automatizar el control de presión hidráulica del proceso de inyección de Polietileno para aumentar la productividad, garantizando así la entrega a tiempo de productos, reducción de piezas defectuosas y un trabajo con eficiencia y eficacia, el personal operativo de la empresa Plastelec, consideran que es indispensable dar la solución planteada en el proceso de Inyección de Polietileno para el desarrollo de la empresa.

Fundamentación teórica

Sistemas de control

Son un conjunto de dispositivos encargados de administrar, dirigir, ordenar y controlar el comportamiento de otro sistema mediante acciones, elementos externos o

variables de entrada que al dar una señal hacen que se generen respuestas llamadas también variables de salida

En los sistemas de control es importante hablar de los tipos de señales que van a ser controladas debido a que inicialmente no se tiene conocimiento de que tipo de señal tiene un proceso para lo cual es necesario tomar algunos datos para realizar una gráfica de dicha señal.

Señales comunes

Las señales que comúnmente se usan son las de escalón, rampa, parábola, impulso o sinusoidales, con estas señales resulta fácil realizar análisis matemáticos y experimentales en sistemas de control, dado que son funciones del tiempo muy simples que cambian proporcionalmente o gradualmente con el tiempo.

Respuesta transitoria y respuesta en estado estable

La respuesta en el tiempo de un sistema de control consta de dos partes: la respuesta transitoria y la respuesta en estado estable, por respuesta transitoria nos referimos a la que va del estado inicial al estado final, por respuesta en estado estable, nos referimos a la manera en la cual se comporta la salida del sistema conforme t (tiempo) tiende a infinito.

Estabilidad absoluta, estabilidad relativa y error en estado estable. Al diseñar un sistema de control, debemos ser capaces de predecir su comportamiento a partir del conocimiento de los componentes, la característica más importante del comportamiento de un sistema de control es la estabilidad absoluta, es decir, si el sistema es estable o inestable.

Un sistema de control está en equilibrio si, en ausencia de cualquier perturbación o entrada, la salida permanece en el mismo estado, un sistema de control

lineal e invariante con el tiempo es estable si la salida termina por regresar a su estado de equilibrio cuando el sistema está sujeto a una condición inicial, un sistema de control lineal e invariante con el tiempo es críticamente estable si las oscilaciones de la salida continúan para siempre, es inestable si la salida diverge sin límite a partir de su estado de equilibrio cuando el sistema está sujeto a una condición inicial.

Sistemas de primer orden

Considere el sistema de primer orden que físicamente representa un sistema térmico o algo similar, son las respuestas del sistema a entradas tales como la función escalón, rampa e impulso unitario para la implementación actual no es necesario profundizar en este tema debido a que la señal no es de primer orden.

Sistemas de segundo orden

Es muy importante entender que es un sistema de segundo orden para la implementación de un sistema de control, para esto se inicia con la identificación de un sistema de este tipo conociendo la función de transferencia o de sus parámetros fundamentales a partir de mediciones experimentales, basadas en las características de la respuesta en el tiempo, un ejemplo de este es un sistema de lazo cerrado.

Es necesario conocer tres tipos de formas posibles de respuestas que se pueden tener.

- Amortiguada u oscilante
- Con amortiguamiento o crítica
- Sobreamortiguada o no oscilante

Respuesta oscilante

En la Figura 23, Se puede observar la respuesta oscilante de un sistema de segundo orden.

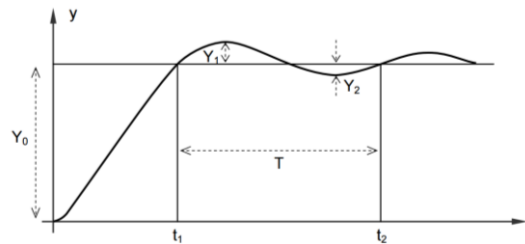


Figura 23: Respuesta oscilante de un sistema de segundo orden.
 Elaborado por: Juan Carlos Arellano
 Fuente: (Rivero, 2015)

Respuesta con amortiguamiento o critica

En la Figura 24. Se puede observar la respuesta con amortiguamiento de un sistema de segundo orden.

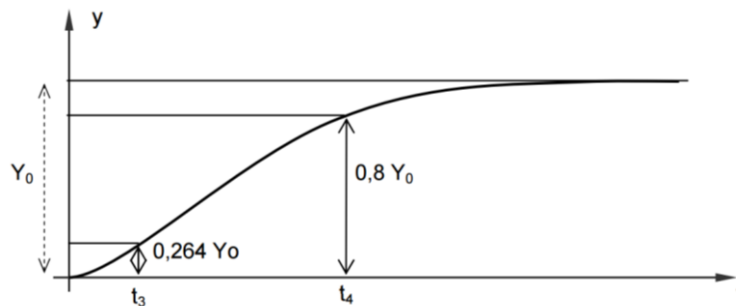


Figura 24: Respuesta con amortiguamiento de un sistema de segundo orden.
 Elaborado por: Juan Carlos Arellano
 Fuente: (Rivero, 2015)

Respuesta para sistemas sobreamortiguamientos

En la Figura 25, Se puede observar la respuesta de un sistema sobreamortiguado de segundo orden.

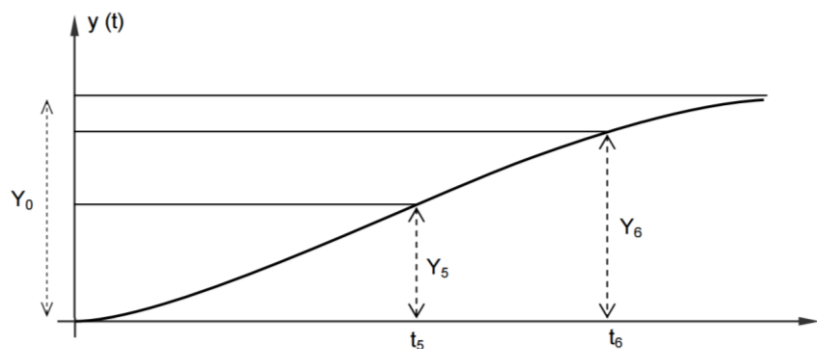


Figura 25: Respuesta sobreamortiguada de un sistema de segundo orden.
 Elaborado por: Juan Carlos Arellano
 Fuente: (Rivero, 2015)

Tipos de sistemas de control

Lazo abierto

Un sistema se encuentra en lazo abierto cuando solamente actúa una señal de entrada en el proceso y da como resultado una señal de salida, esto quiere decir que no hay retroalimentación para un control fino o de ajuste, o sea que la señal de salida no interviene en el controlador.

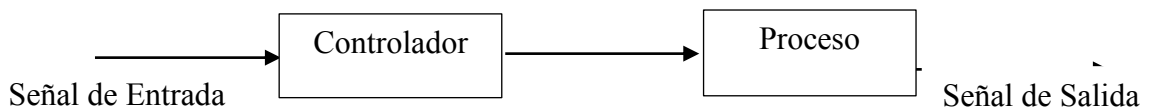


Figura 26: Sistema de lazo abierto
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Investigación Directa

Ventajas

- No se necesita de amplio conocimiento para su construcción.
- El mantenimiento es económico y fácil de realizarlo.
- Fácilmente se obtiene estabilidad por controlarse parámetros no importantes

Desventajas

- Se necesitan constantes calibraciones para tener las medidas deseadas a la salida, ante perturbaciones externas.
- Se pueden controlar parámetros no importantes.

Lazo cerrado

Un sistema se encuentra en lazo cerrado cuando la acción de control está en función de la señal de salida o variable controlada, es decir se usa esta señal para retroalimentarse y ajustar continuamente la acción de control, reduciendo la diferencia entre la señal de salida del sistema y una entrada de referencia.

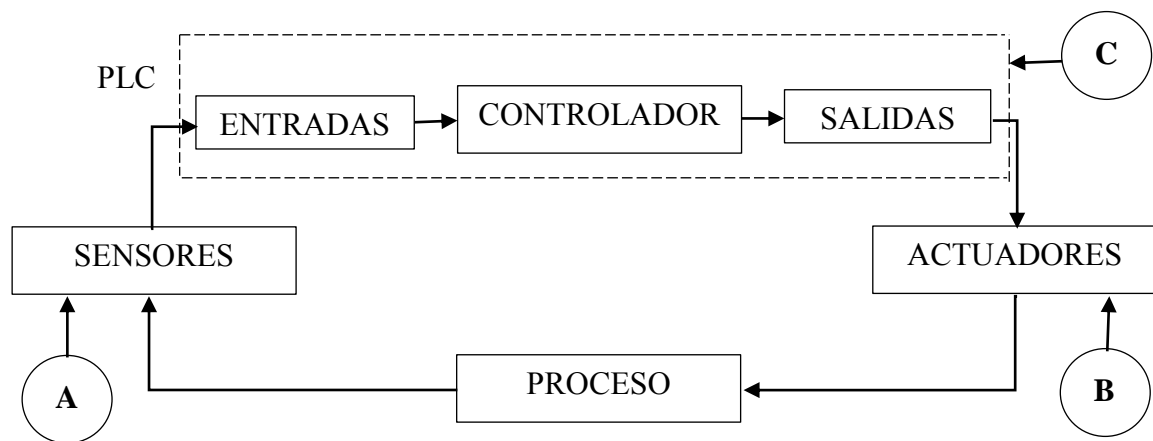


Figura 27: Sistema de Lazo Cerrado
 Elaborado por: Juan Carlos Arellano
 Fuente: (Twidosoft, 2015)

Ventajas

- Muy preciso para igualar valores requeridos en la salida de un sistema.
- Buena velocidad de respuesta.
- Permite el control de parámetros importantes, por su tendencia a corregir errores.

Desventajas

- El sistema es costoso.
- Se requiere de personal especializado para su instalación
- Se utilizan muchos componentes para su control.
- Sus mantenimientos correctivos pueden ser costosos.

De acuerdo a esta comparación en la implementación de la propuesta se emplea el sistema de control de lazo cerrado principalmente por requerir precisión al momento de igualar los valores requeridos en la salida del sistema, además sería imposible implementar un sistema de lazo abierto porque es necesario la continua corrección de valores de los parámetros controlados en este caso la presión hidráulica, a continuación se describen los elementos que se utilizarán en el control de lazo cerrado del proyecto y que se han señalado en la Figura 27.

A Entradas o Sensores

Existen diferentes tipos de sensores que transforman una variable física en una señal eléctrica que sale de ellos, además los sensores presentan dos formas de trabajo, los que no tienen contacto con la variable a transformar y los que no están en contacto con la variable

Sensor análogo

Estos sensores o transductores emiten una señal de voltaje o corriente eléctrica y es el resultado del valor de la variable física que se mide, deben tener además propiedades como calibración, rango de funcionamiento, velocidad de respuesta, exactitud, precisión, entre otros.

Clasificación de los sensores análogos

De posición lineal o angular

Son utilizados para determinar la posición de un objeto con respecto a una referencia, como ejemplo de sensor angular puede ser un potenciómetro o reóstato que puede estar conectado a un objeto mecánicamente con la parte móvil o regulador de resistencia eléctrica e indicar la posición de este al moverse variando la resistencia.

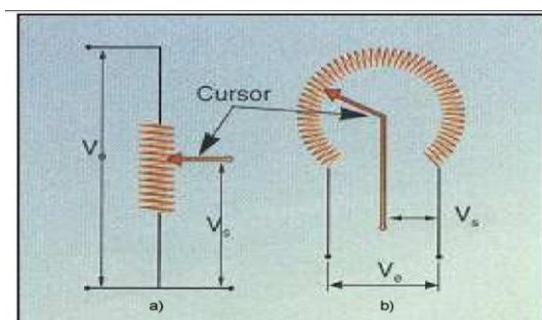


Figura 28: Potenciómetro o sensor a) lineal y b) angular
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: (Chavez, 2008)

Sensores de velocidad

La velocidad es medida por los tacómetros que pueden ser mecánicos o eléctricos, el mecánico no es más que un tornillo sin fin acoplado mecánicamente al eje que gira a la velocidad que se desea medir, el sensor eléctrico es llamado también tacodínamo que puede medir velocidades de hasta 10000 rpm (revoluciones por minuto).

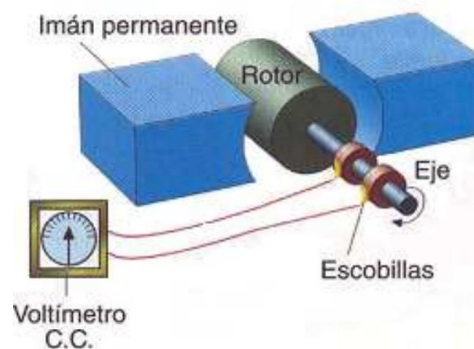


Figura 29: Estructura de un tacodínamo
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: (Chavez, 2008)

Sensores de fuerza

Las medidas de fuerza se las puede medir de dos formas una es comparándola con otra medida conocida como por ejemplo una balanza y otra es por medio de sensores de fuerza llamados también células de carga que dependiendo de la fuerza aplicada se deformarán y esta se medirá con galgas llamadas extensiométricas.

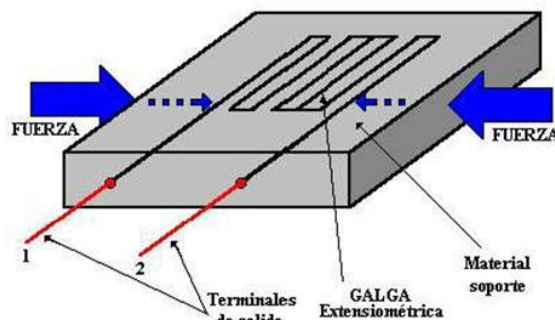


Figura 30: Galga extensiométrica
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: (E AUTO, 2013)

Sensores de nivel

Uno de los más comunes es el flotador conectado a un tubo y este a un sensor resistivo angular, al cambiar el nivel del líquido cambia su posición haciendo que varíe su resistencia haciendo que ingrese más o menos fluido, manteniendo constante su nivel, se utilizan en tanques para operar automáticamente el sistema de bombeo.

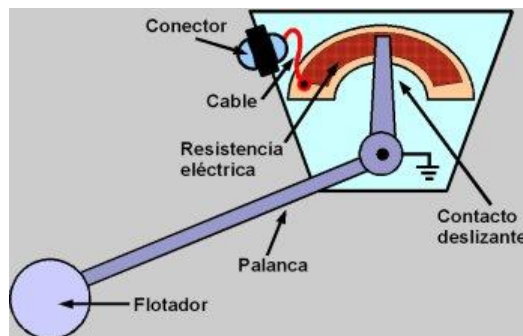


Figura 31: Sensor de nivel
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Fuente: (Chavez, 2008)

Sensor o transductor de presión capacitivo

En este tipo de sensores se mide la presión por medio de un diafragma metálico que compone una de las placas del condensador, un pequeño cambio en la presión hace que la distancia entre las placas cambie, modificándose la capacidad del condensador, soportan temperaturas hasta de 150 °C, son utilizados en equipos electrónicos como celulares.

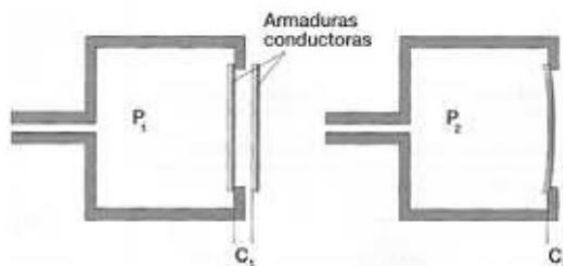


Figura 32: Transductor capacitivo de presión
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: (Chavez, 2008)

Ventajas

- Los elementos sensoriales muestran una deflexión casi nula.
- Presentan frecuencia natural muy alta
- No son sensibles con campos magnéticos y radiación.

Desventajas

- Temperaturas altas causan inestabilidad
- Requieren potencia externa para operar

Sensor o transductor de presión resistivo

Las galgas extensiométricas se pueden utilizar en los transductores de presión o efecto piezoeléctrico en el caso del sensor o transductor a utilizarse en el proyecto es de tipo resistivo en donde un émbolo se desplaza por una resistencia tipo potenciómetro cuyo valor cambia proporcionalmente con la presión aplicada, son utilizados en equipos de inyección plástica.

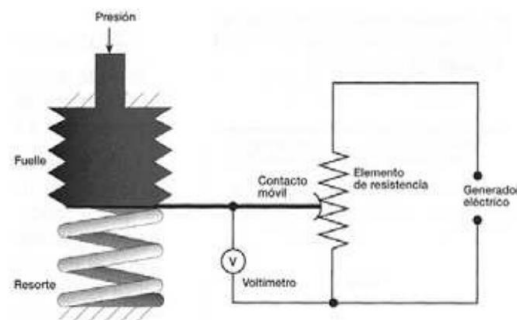


Figura 33: Transductor resistivo de presión
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: (Chavez, 2008)

Ventajas

- Son dispositivos de fácil instalación
- Los transductores de presión presentan una variación de presión de forma lineal, adecuados para medidas con respuestas a frecuencias de hasta un millón de ciclos por segundo.

Desventajas

- Son muy sensibles a los cambios de temperatura.

El controlador permite conectar a sus entradas sensores o transductores de presión resistivos de este tipo, en el proyecto se conectará un transductor de presión similar al de la Figura 34 debido a que el transductor original es del mismo tipo y presenta deterioro y golpes por manipulación con herramienta.



Figura 34: Transductor de presión
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: (Amidata S.A., 2015)

B Salidas o actuadores

Electroválvulas convencionales

Son dispositivos electromecánicos que sirven para controlar el paso de un fluido de un lugar a otro por un conducto o tubería, comúnmente tiene dos posiciones, abierta y cerrada, es controlada por la energía eléctrica que llega a un solenoide la cual crea un campo magnético produciendo que un embolo se desplace logrando la apertura o cierre de la válvula.

Ventajas

- Su instalación no requiere de mucho conocimiento.
- Son dispositivos hidráulicos sin alto grado de complejidad en la instalación.

Desventajas

- Distintas presiones y caudales pueden crear trastornos en el funcionamiento.
- Es necesario de algunas válvulas de control para un adecuado funcionamiento.
- No cambian inmediatamente de una condición a otra.

Válvula proporcional

Son válvulas que producen una salida proporcional a la señal de entrada o es la relación entre parámetros de entrada y salida que puede ajustarse a distancia por medios electrónicos por medio de un solenoide proporcional de la que puede salir presión o caudal variables,

Ventajas

- Se tiene control preciso de posición y velocidad.
- Se puede tener valores exactos de caudal y Presión
- Bajo mantenimiento

Desventajas

- La señal de Salida es muy débil por lo que es necesario instalar amplificadores de señal.
- Costo elevado
- Baja tolerancia a la contaminación.

Una de las ventajas principales por las que se utiliza este tipo de electroválvulas es la de tener valores exactos de caudal y presión, en la Figura 33 se puede ver un

dispositivo de salida analógica como el que se conectará en el controlador en la implementación de la propuesta.

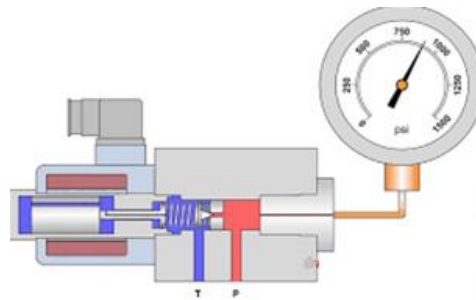


Figura 35: Válvula hidráulica proporcional
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: (Rueda, 2016)

C Controlador lógico programable “PLC”

Es un dispositivo electrónico que permite controlar sistemas eléctricos mediante circuitos conectados a las entradas y en las salidas se conectarán actuadores para el proyecto en curso se conectará a la entrada un transductor de presión hidráulica y en las salidas electroválvulas hidráulicas.

Es necesario un software con el cual se ingresa un programa al PLC de acuerdo a las condiciones de trabajo requeridas esto se realiza conectando el cable de comunicación entre el computador donde se realizará el programa y el PLC para poder transferir los datos y comprobar el funcionamiento del programa, en la Figura 36 se puede observar un PLC con el software de programación.

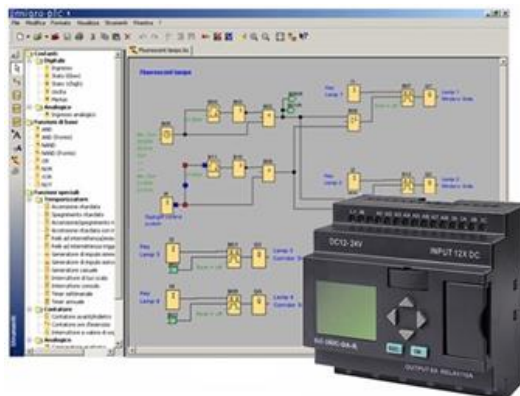


Figura 36: Controlador lógico programable y software de programación.
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: (PLC Siemens, 2012)

Módulos de entradas y salidas análogas.

Los módulos análogos de expansión adaptables al PLC, son utilizados cuando son necesarias entradas y/o salidas que permitan la conexión de entradas y salidas análogas, estos módulos convierten una magnitud analógica en un número que se deposita en una variable interna del autómatas, lo que realiza es una conversión análogo/digital, puesto que el autómatas solo trabaja con señales digitales, los módulos de entrada analógica pueden leer tensión o intensidad.

Los módulos de salida Digital son utilizados para transmitir hacia los actuadores análogos una señal de tensión o intensidad de corriente que cambian continuamente, dependiendo de la señal de entrada y la programación ingresada en el controlador, la señal de corriente va de: 4 - 20 mA (miliamperios), en la Figura 37 se observa la conexión eléctrica de un módulo de Salidas Análogas.

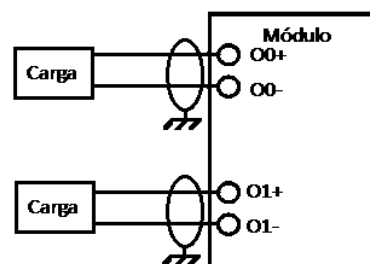


Figura 37: Módulo analógico de salida
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: (Control Real Español, 2015)

Controlador PID

Es un mecanismo de control por realimentación ampliamente usado en sistemas de control industrial, el mismo que calcula la desviación o error entre un valor medido y un valor deseado, el algoritmo del control PID consiste de tres parámetros que son: proporcional, integral, y derivativo.

El control del PID que se encuentra en la mayoría de los controladores incluido el Twido proporciona un control eficaz de los procesos industriales que consisten en

un estímulo del sistema (al que se denomina consigna en este documento) y en una propiedad que se pueda medir del sistema (a la que se denomina medida o variable del proceso), la forma de procesar la información del controlador PID se describe en la Figura 38.

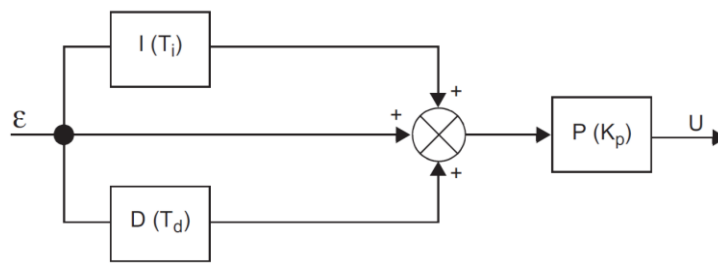


Figura 38: Forma de procesar la información del controlador PID.

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: (Twidosoft, 2015)

Donde:

I = la acción integral

D = la acción derivada

P = la acción proporcional

U = la salida del autómata PID

El controlador PID utiliza una señal de retroalimentación analógica conocida como el valor del proceso, para medir cuanto debe ajustarse el valor, que puede ser temperatura, longitud, presión u otro valor, en la Figura 39 se observa el cableado que se debe desarrollar en un controlador PID para controlar temperatura, la diferencia con la propuesta es que se debe utilizar otro tipo de sensor o transductor de presión hidráulica el que enviará una señal análoga de vuelta al controlador PID.

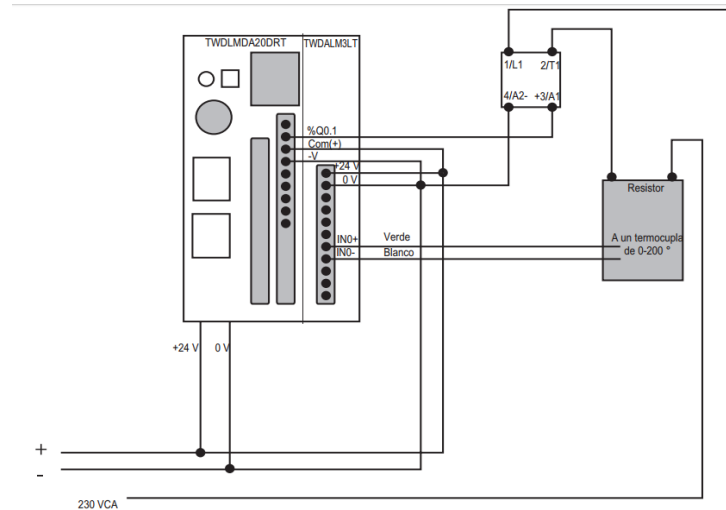


Figura 39: Cableado de un controlador PID.
 Elaborado por: Juan Carlos Arellano
 Fuente: (Twidosoft, 2015)

Selección del PLC

En el desarrollo de este proyecto se han considerado los siguientes aspectos para la selección de controlador Lógico programable Twido TWDLCAA24DRF y su módulo de ampliación Twido TWDAMM3HT como son:

- La empresa cuenta con maquinaria que su funcionamiento depende de controladores de la misma marca, lo que les ha dado buenos resultados en funcionamiento.
- La empresa tiene proyectado realizar un sistema de comunicación enlazando a las maquinarias para tener un control a distancia.
- La empresa cuenta con el software de Programación.

En la Figura 40 se puede observar un PLC Twido de Telemecanique y un módulo de ampliación de entradas y salidas, similar al que se utilizará para el desarrollo de este proyecto, es necesario aclarar que el controlador compacto Twido TWDLCAA24DRF, será utilizado por la empresa para la automatización de cada etapa del proceso de inyección de polietileno, al módulo de ampliación Twido

TWDAMM3HT se programará para tener un control PID en la presión hidráulica del proceso.



Figura 40: PLC Twido y módulo de ampliación de entradas y salidas.
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: (Twidosoft, 2015)

Desarrollo de la propuesta

Procedimientos Iniciales

Una vez que la gerencia de la empresa Plastelec ha aprobado la implementación de la propuesta se procede con la adquisición de materiales, para continuar con el armado del tablero de control y el cableado que se realiza de acuerdo al diagrama eléctrico del ANEXO 2, cabe aclarar que se utilizaron algunos elementos que la máquina tenía en buen estado como son borneras, canaletas, rieles DIN y el tablero de control, electroválvula proporcional.

Cálculo de parámetros de control PID

Es preciso conocer algunos parámetros que son necesarios en la programación del controlador PID:

Kp: Es la constante Proporcional ajustable.

Ti: es el Tiempo de Integración.

Td: Es el Tiempo de Derivación.

Para calcular estos parámetros es necesario tomar el tiempo que se toma la máquina en llegar a la presión deseada para luego graficar la presión en función del tiempo y trazar una tangente que ubique los puntos necesarios para el cálculo, en la Figura 41, se puede observar la forma que toma de la curva para alcanzar la medida deseada.

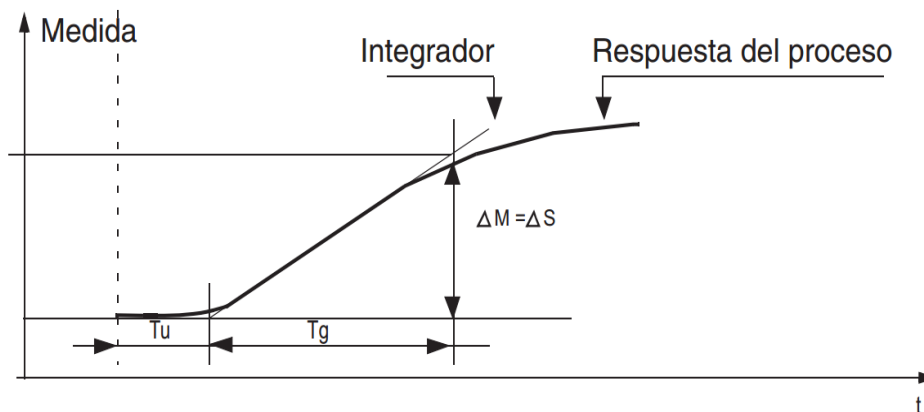


Figura 41: Curva de respuesta del proceso.
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: (Twidosoft, 2015)

Donde:

T_u : Es el tiempo de retardo o tiempo requerido para que la respuesta inicie el ascenso.

T_g : Tiempo necesario para que la variable controlada obtenga el 100% de su valor final.

Ajuste de parámetros PID

Se han tomado valores de tiempo que se toma el proceso en llegar a la presión de trabajo para posteriormente sumarlos y obtener el tiempo medio y poderlos graficar para verificar los datos de T_u y T_g necesarios para la configuración del controlador PID.

Tabla 37: Medición de tiempos Tu y Tg

Parámetro	Presión (bar)	t1 (s)	t2 (s)	t3 (s)	t4 (s)	t5 (s)	$\bar{t}(s)$
Tu	140	0:00:42	0:00:47	0:00:36	0:00:33	0:00:44	0:00:40
Tg	140	0:00:58	0:00:52	0:00:51	0:00:56	0:00:57	0:00:55
T1	5	0:00:12	0:00:17	0:00:19	0:00:13	0:00:14	0:00:15
T2	15	0:00:24	0:00:20	0:00:27	0:00:25	0:00:20	0:00:23
T3	45	0:00:47	0:00:46	0:00:44	0:00:44	0:00:43	0:00:45
T4	80	0:00:50	0:00:48	0:00:47	0:00:47	0:00:48	0:00:48
T5	120	0:00:52	0:00:50	0:00:49	0:00:49	0:00:51	0:00:50

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

Con los datos de tiempo medio obtenidos en la Tabla 37 se pueden realizar los cálculos de los parámetros K_p , T_i , T_d . En la Figura 43 se ha trazado la curva que se forma en un intervalo de tiempo al aumentar la presión a la de trabajo, la tangente a la curva para conseguir los puntos de intersección con el eje del tiempo y con la recta constante de la presión deseada.

Gráfica de presión vs tiempo medio en cada etapa del proceso

Para la gráfica de la presión versus tiempo en cada ciclo fue necesario realizar la toma de tiempos adicionales T1, T2, T3, T4, T5, que se muestran en la Tabla 37 para obtener un promedio y tener datos que ayude a completar la forma de onda como se muestra en la Figura 43, la Curva de Respuesta Inicial del Proceso de Inyección.

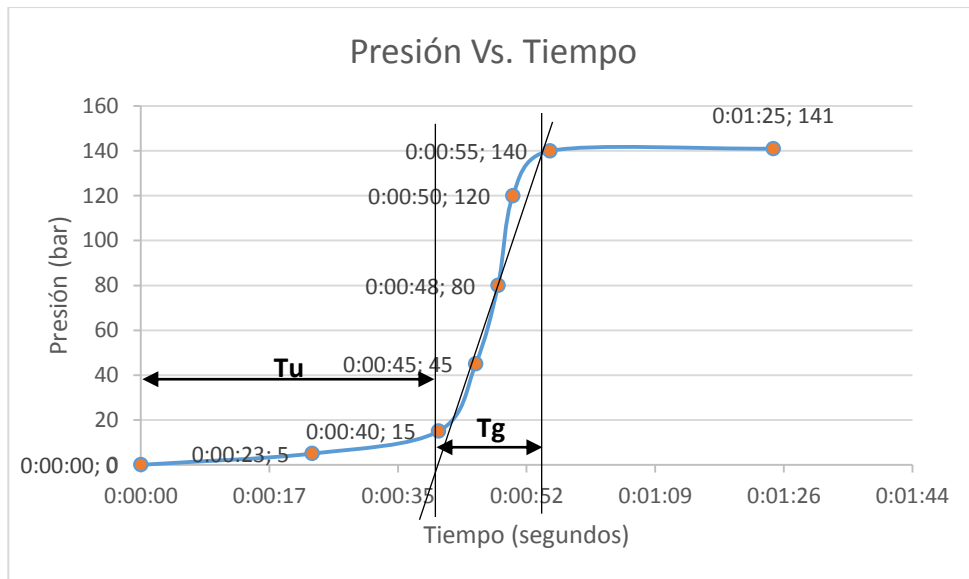


Figura 43: Curva de respuesta inicial del proceso de inyección.
 Elaborado por: Juan Carlos Arellano
 Fuente: Investigación Directa

Para el cálculo de la constante K_p , T_i , T_d es necesario conocer los valores de T_u y T_g , como se muestra en la Tabla 37, T_u es el tiempo medio en la cual la presión logra ascender y tiene un valor de 0,4 segundos, T_g se calcula restando el tiempo medio que se demora la presión en alcanzar el valor de trabajo de 140 bares en 0,55 segundos menos T_u que es de 0,4 segundos, de acuerdo a Figura 41 de (Twidosoft, 2015).

$$T_u = 0,4 \text{ seg.}$$

$$T_g = 0,55 - 0,4 \text{ seg.}$$

$$T_g = 0,15 \text{ seg.}$$

Para el cálculo de las constantes de proporcionalidad K_p y los tiempos T_i , T_d se utilizan las fórmulas de la Figura 43.

$$Kp = \frac{1,2 Tg}{Tu}$$

$$Ti = 2 x Tu$$

$$Td = 0,5 x Tu$$

Figura 43: Fórmulas de constante de proporcionalidad Kp, tiempo de integración Ti, tiempo de derivación Td.

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: (Twidosoft, 2015)

Determinación de la constante proporcional

$$Kp = \frac{1,2 Tg}{Tu}$$

$$Kp = \frac{1,2 x 0,5}{0,4}$$

$$Kp = 0,45$$

Determinación del tiempo de integración

$$Ti = 2xTu$$

$$Ti = 2x0,4$$

$$Ti = 0,8$$

Determinación del tiempo de derivación

$$Td = 0,5xTu$$

$$Td = 0,5x0,4$$

$$Td = 0,2$$

Software de programación Twidosoft.

Es un programa para computadora que tiene un conjunto de instrucciones que producirán la ejecución de una determinada tarea, es la combinación de una serie de secuencias para obtener una respuesta requerida, para esto es muy importante conocer

el problema, la secuencia de funcionamiento del sistema o proceso, las entradas que se deben conectar, las salidas que se deben controlar o medir.

Algoritmo

Es una secuencia de instrucciones o reglas para llevar a cabo una tarea específica, es un método de toma de decisiones que no depende del equipo en ejecución o del lenguaje de programación, todo programa en un computador es un conjunto de algoritmos, tiene partes fundamentales que son:

- Poseer entradas, proceso y salidas.
- Debe ser preciso e indicar el orden de cada paso.
- Con las mismas condiciones en la entrada se debe tener el mismo resultado a la salida.

Lenguaje de programación

Lenguaje de lista de instrucciones

Es la representación escrita del lenguaje de programación, es la programación más antigua se usaba cuando los computadores no tenían gran capacidad de memoria gráfica, no requiere de gráficos u otros elementos, en la Figura 44, se puede observar un ejemplo de este tipo de lenguaje.

```
LD BotonPartir
OR Motor
AND NOT BotonParar
OUT Motor
```

Figura 44: Lenguaje de programación lista de instrucciones
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: (Skog, 2012)

Lenguaje de programación Ladder (Escalera)

Es un lenguaje de programación de PLC muy popular se basa en gráficos de control eléctrico por medio de relés, diseñado especialmente para técnicos eléctricos, es por esto que se aplica este lenguaje en la programación del control PID en la implementación de la propuesta, en la Figura 45 que se muestra a continuación se presenta un ejemplo de este tipo de lenguaje.

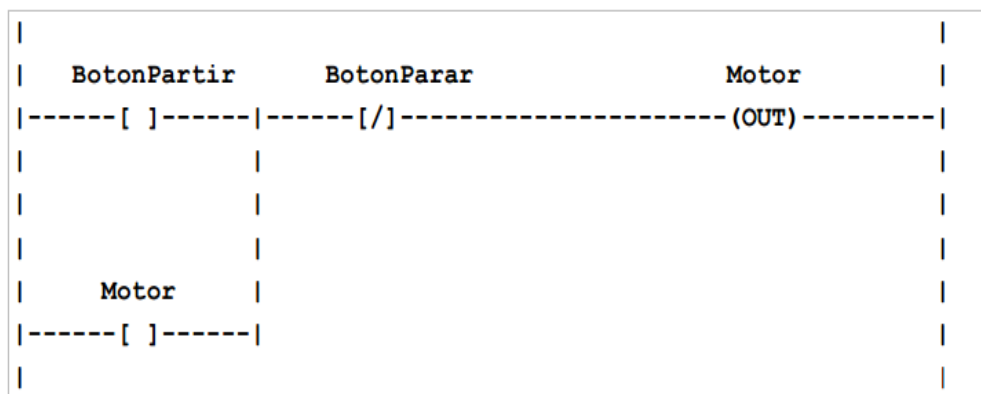


Figura 45: Lenguaje de programación ladder
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: (Skog, 2012)

Lenguaje de programación diagrama de bloques

Es la representación gráfica de un proceso que muestra una función entre las variables de entrada y de salida como un conjunto de bloques que están conectados por líneas que representan el flujo de señales que interaccionan en los diferentes procesos, en la Figura 46 se puede ver un ejemplo de este tipo de lenguaje.

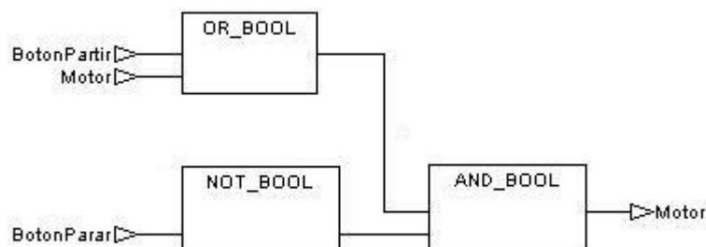


Figura 46: Lenguaje de programación diagrama de bloques
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: (Skog, 2012)

Procedimiento para configuración de parámetros Kp, Td, Ti

Luego de haber encontrado los parámetros se realiza la configuración de los controladores con los que van a trabajar en este caso el compacto TWDLCDA24DRF y el controlador modular de dos entradas análogas y una salida análoga TWDAMM3HT como se muestra en la Figura 47, se debe aclarar que estos procedimientos se realizan con el software de programación Twido soft.

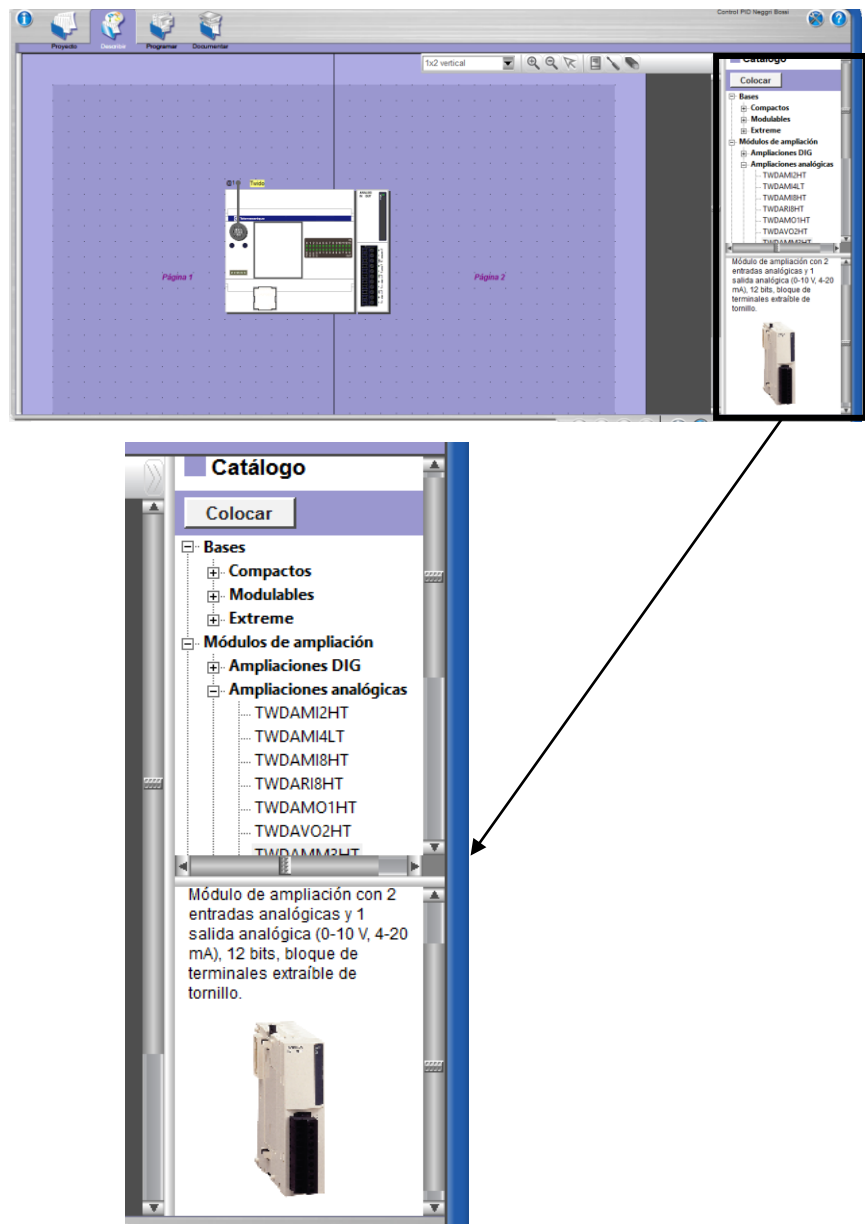


Figura 47: Configuración de controladores a utilizar.
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: (Twidosoft, 2015)

La configuración continúa con la selección de la dirección PID existen de 0 a 13 direcciones, para la aplicación de esta propuesta se configurará la dirección PID0, al activar la casilla de configurado se habilitarán las opciones de configuración, en la pestaña “General” se selecciona el tipo de control que se va a utilizar, en la pestaña “Modo de funcionamiento” se selecciona PID, AT (Sintonía Automática) o PI para la propuesta será PID, como se puede ver en la Figura 48.

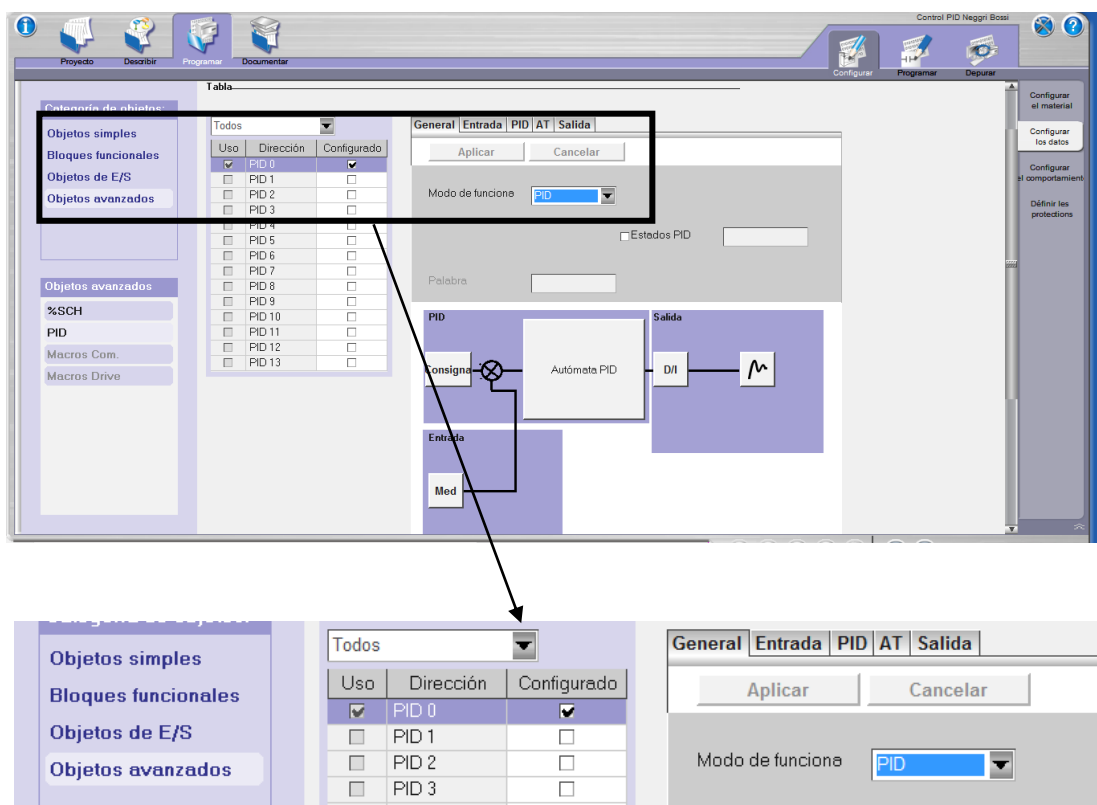


Figura 48: Configuración general PID.
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: (Twidosoft, 2015)

Para configurar la medida de entrada del controlador PID se debe activar la pestaña “Entrada”, en la sección de Medida se coloca la dirección en la que está conectado el sensor análogo de presión, para este caso es %MW1, en la Figura 49 se puede observar de mejor manera el software de programación y la configuración realizada.

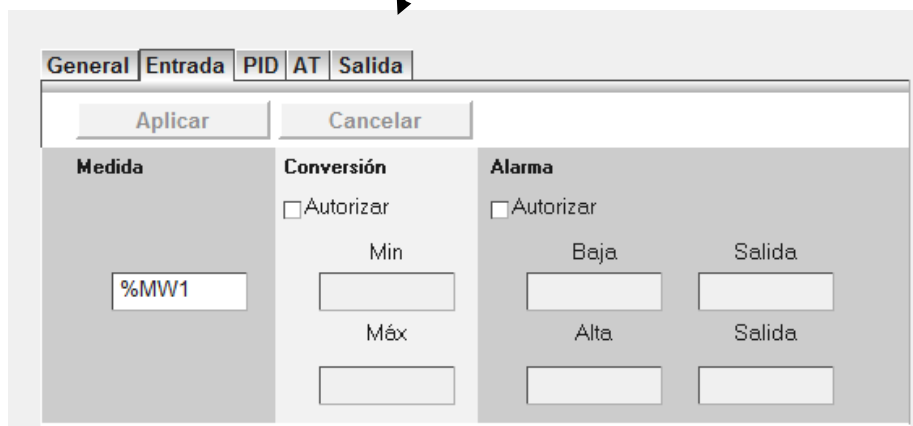
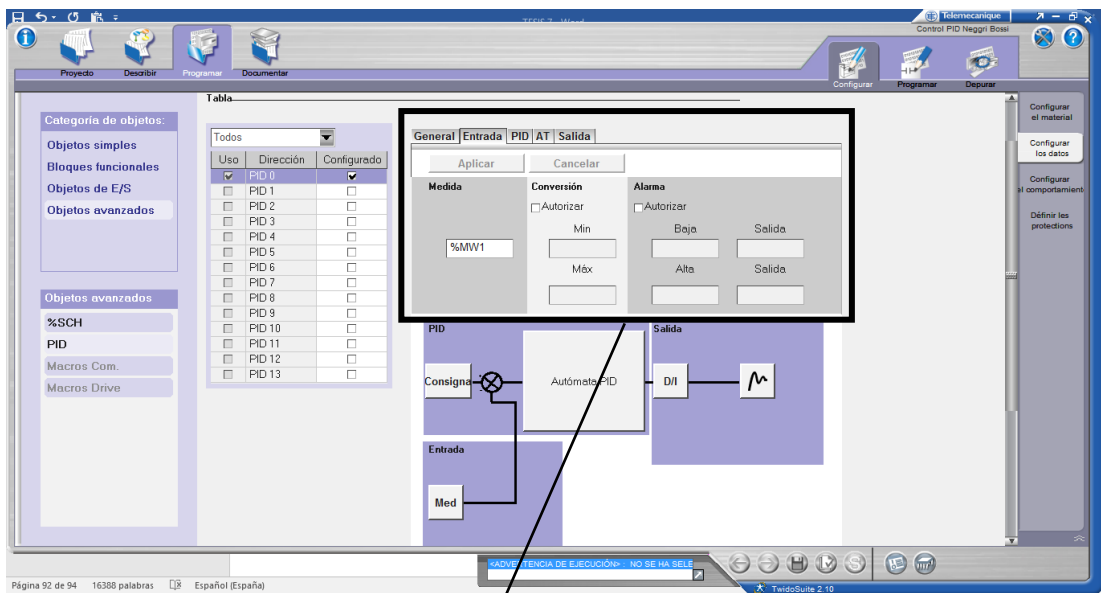


Figura 49: Configuración de entrada PID
 Elaborado por: Juan Carlos Arellano
 Fuente: (Twidosoft, 2015)

Para configurar los parámetros del control PID se debe activar la pestaña “PID”, en la sección “Consigna” se coloca el valor de la medida a controlar para este caso es de 140 (bar), en la sección “Parámetros” se colocan los valores de K_p , T_i , T_d calculados anteriormente en Cálculo de Parámetros de Control PID, ver Figura 50.

Para la propuesta no es necesario ingresar datos en la sección de “Conversión” de Datos o en la sección de “Alarma” puesto que no se controlará ninguno de estos parámetros.

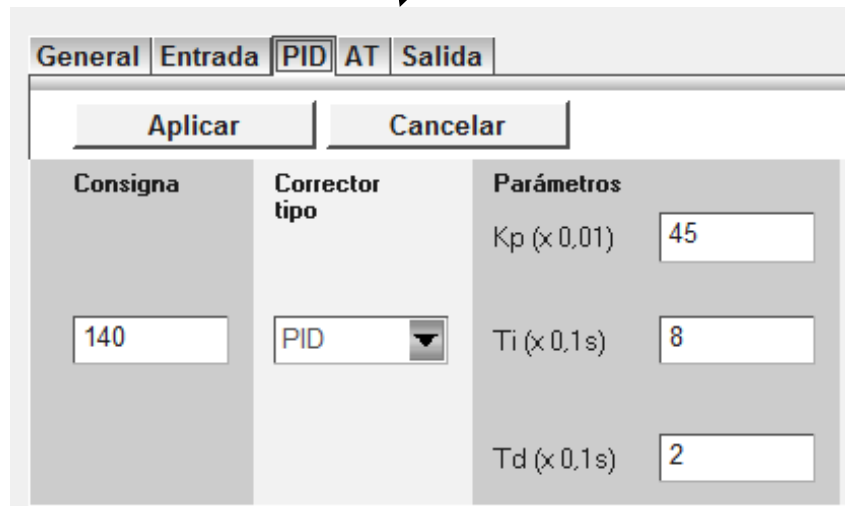
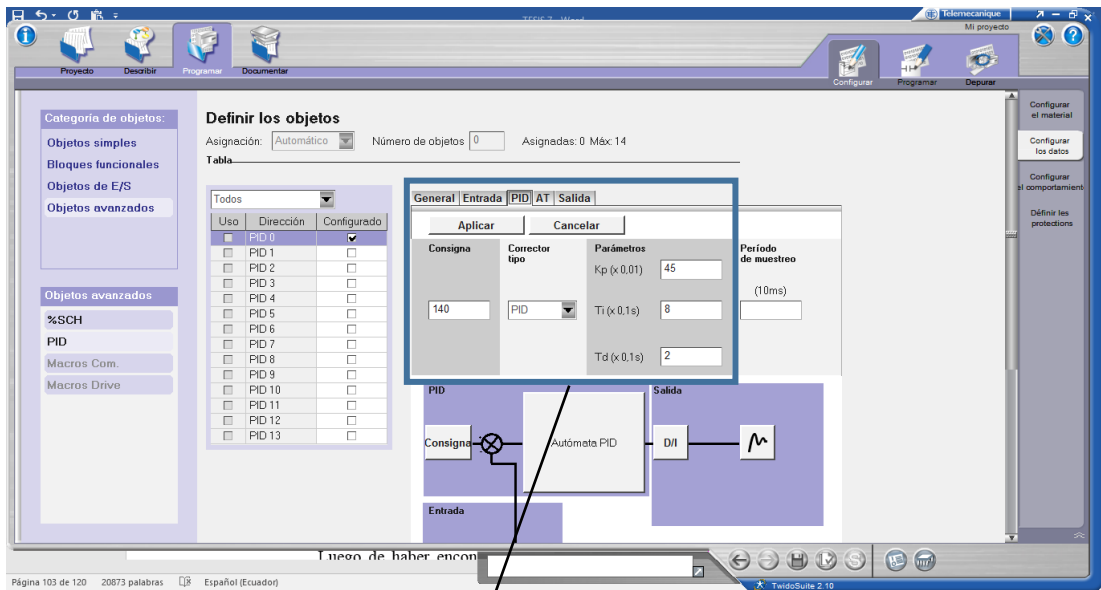


Figura 50: Configuración PID
 Elaborado por: Juan Carlos Arellano
 Fuente: (Twidosoft, 2015)

Para configurar la medida de salida del controlador PID se debe activar la pestaña “Salida”, en la sección de “Salida Digital” se coloca la dirección en la que está conectada la electroválvula hidráulica, para este caso es %MW2, en la Figura 51 se puede observar de mejor manera la configuración realizada.

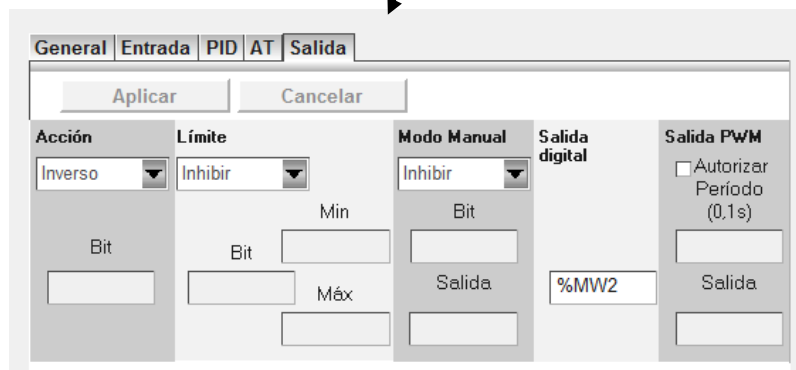
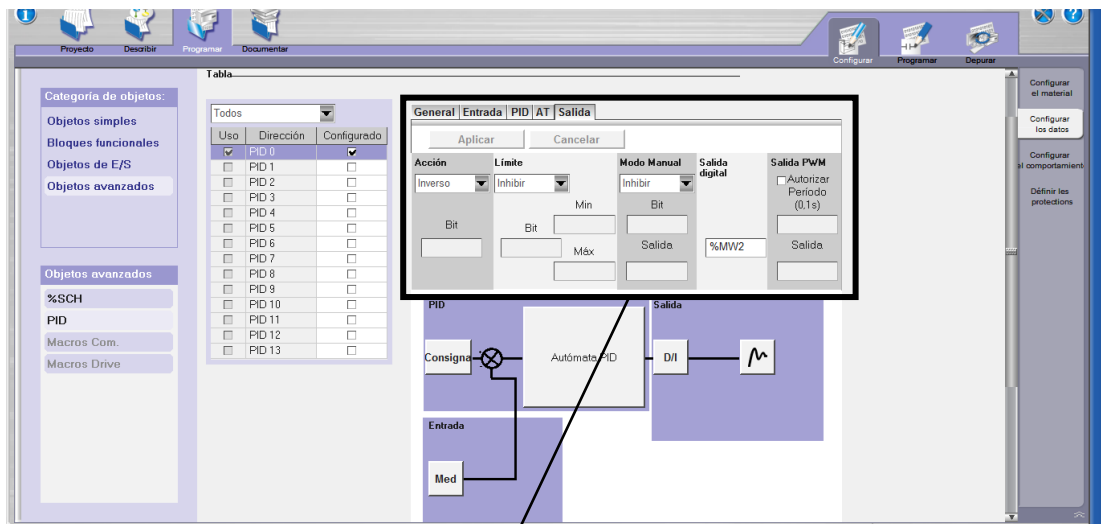


Figura 51: Configuración salida PID
 Elaborado por: Juan Carlos Arellano
 Fuente: (Twidosoft, 2015)

El controlador puede activarse de forma permanente o temporal por medio de una condición o bit interno, en lenguaje Ladder o escalera para esto se procede a ingresar un escalón con un bit que active la función PID, para colocar la lista de instrucciones es necesario verificar detalladamente lo que se ingresa como el espacio que debe existir entre PID y el número.

Programación PID.

Se inicia la programación creando tres escalones en las que van las instrucciones Short que permiten tener continuidad a través del escalón sin tener en cuenta los resultados de la última operación lógica y cada uno de estos conectados en serie a un

bloque de operación, el primer bloque corresponde a la entrada analógica, el segundo a la salida analógica, el tercer bloque corresponde al controlador PID, ver Figura 52.

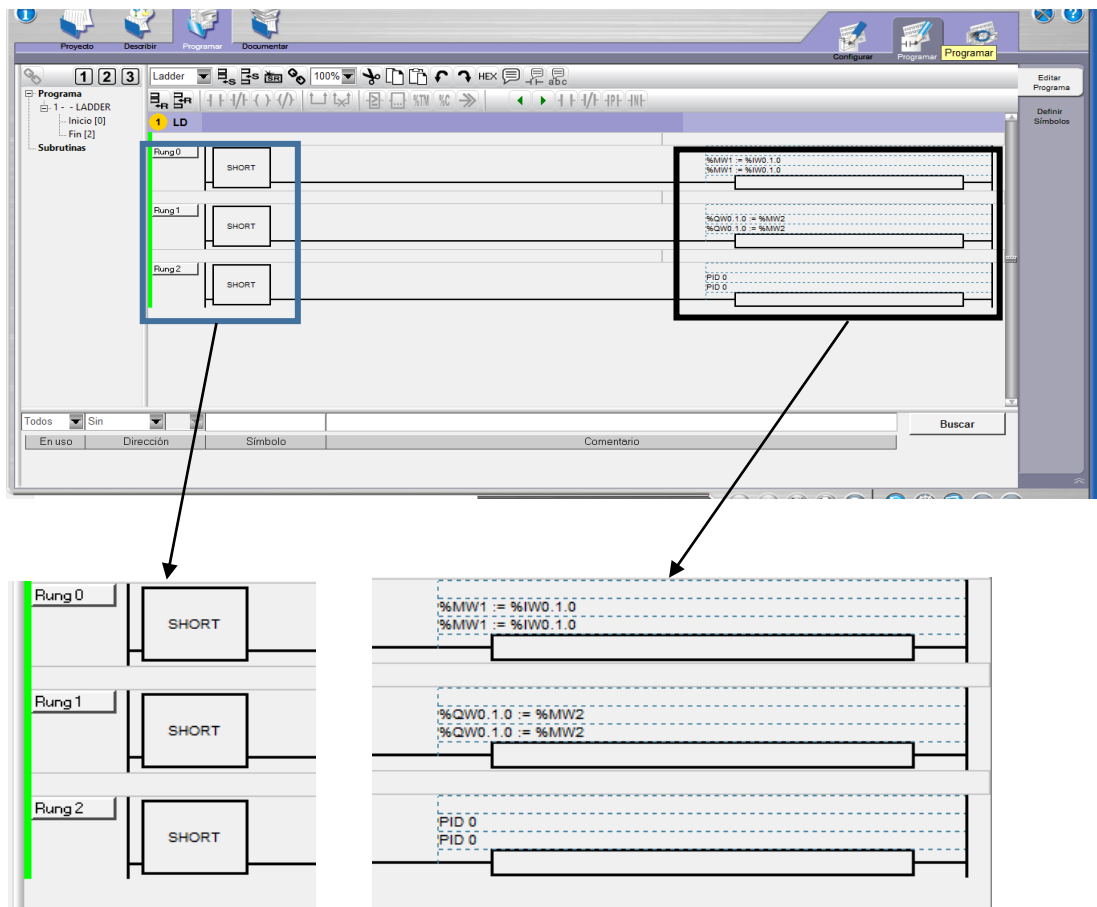


Figura 52: Programa de control PID
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: (Twidosoft, 2015)

Para establecer conexión con el PLC y transferir el programa desde el PC al PLC, es necesario conectar el cable de comunicación TSXPCX1031 al puerto RS 232 del PC y al puerto 422 del PLC a continuación se debe seleccionar la pestaña superior izquierda “Programar” y la pestaña superior derecha “Depurar” y Aceptar en Establecer comunicación.

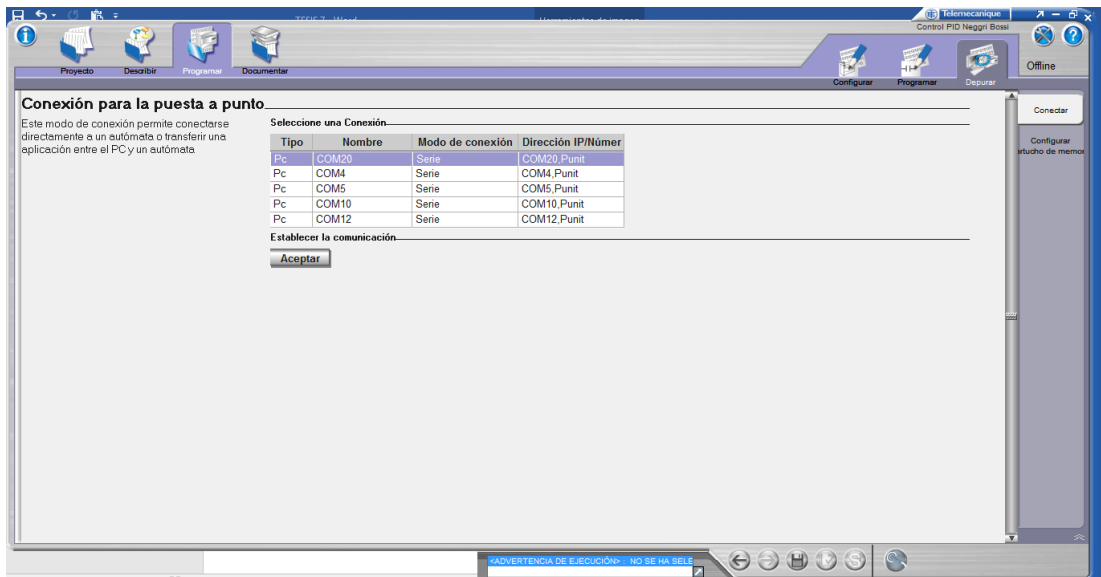


Figura 53: Transferencia de datos de PC a PLC
 Elaborado por: Juan Carlos Arellano
 Fuente: (Twidosoft, 2015)

Pruebas de funcionamiento

Se energiza la máquina y se proceden a realizar pruebas de funcionamiento, se revisa que las condiciones de trabajo son normales esto significa que el programa y los parámetros son los correctos en la Figura 54 se puede apreciar el tablero de control y los componentes instalados.

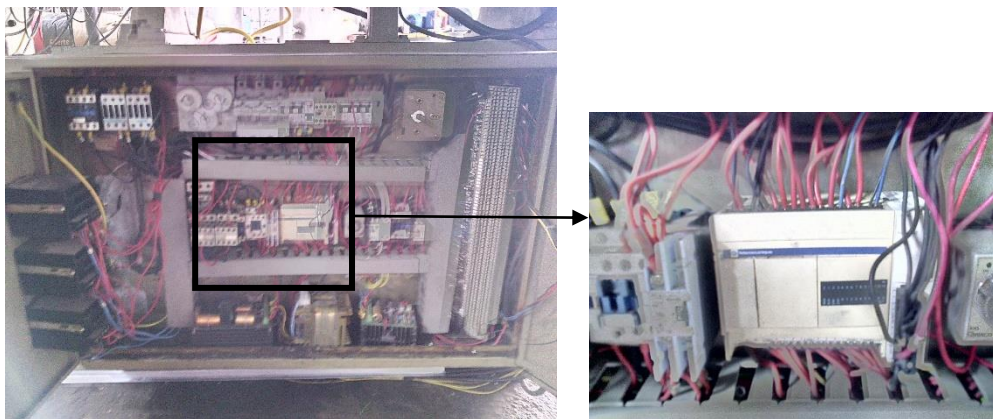


Figura 54: Tablero de control y elementos internos.
 Elaborado por: Juan Carlos Arellano
 Fuente: Investigación Directa

Diagrama de flujo del proceso de inyección, con la propuesta

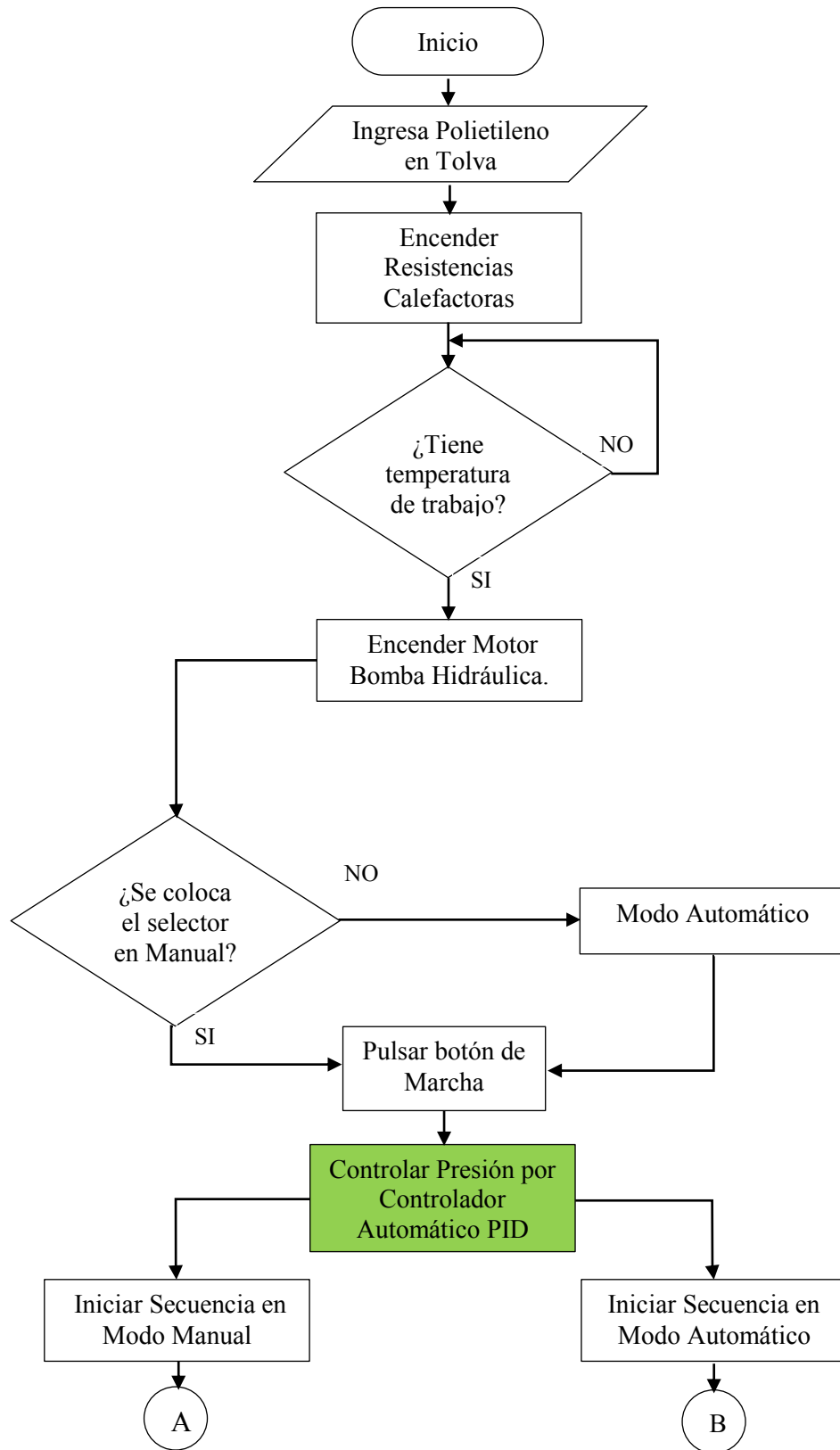


Figura 55: Diagrama de flujo del proceso de inyección con la propuesta.

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

Diagrama de flujo del proceso de inyección, modo automático, con propuesta

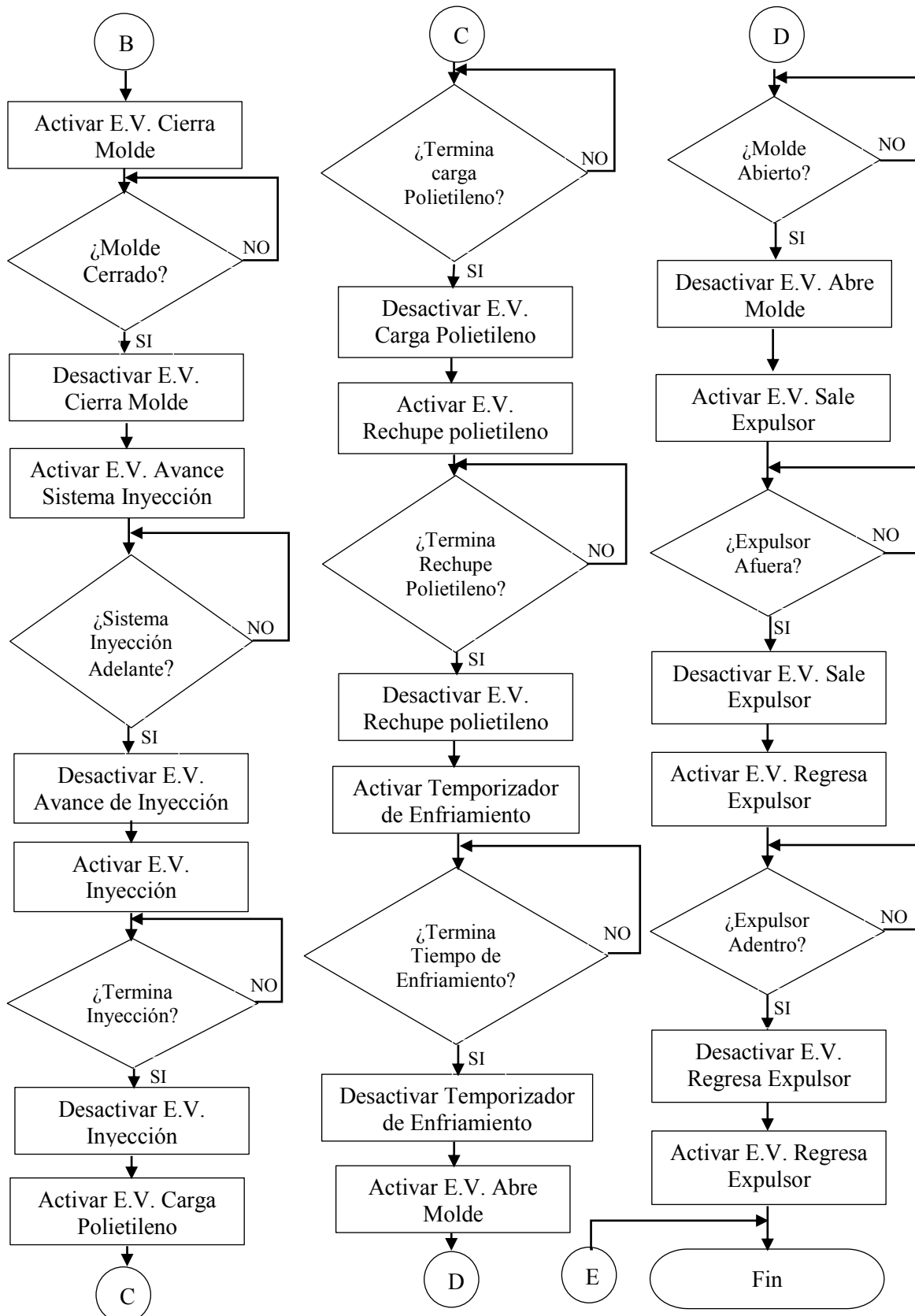


Figura 56: Diagrama de flujo del proceso de inyección, modo automático con propuesta.

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

Diagrama de flujo del proceso de inyección, modo manual, con propuesta

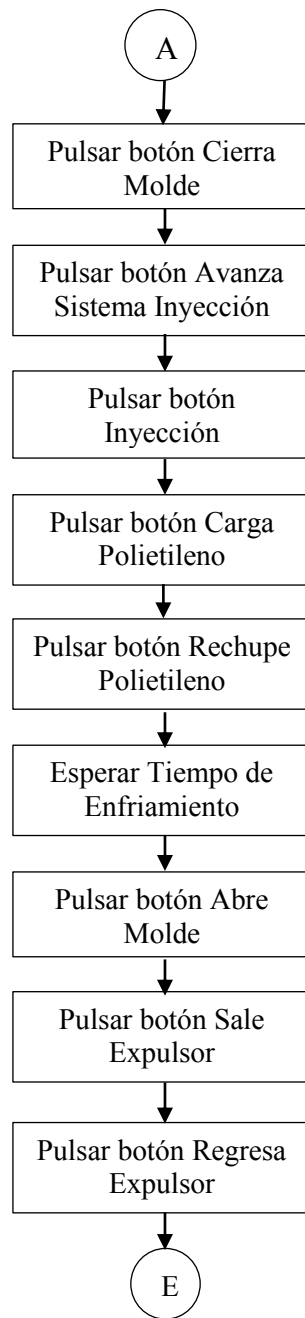


Figura 57: Diagrama de flujo del proceso de inyección, modo manual, con la propuesta.
Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Investigación Directa

Donde:

EV: Electroválvula Hidráulica

Análisis del diagrama de flujo con la propuesta.

Gráficamente el cambio es imperceptible en relación al diagrama de flujo inicial, esto es debido a que la secuencia de funcionamiento se encuentra bien, no se ha alterado, lo que ha cambiado es la forma de controlar la presión, en el diagrama de flujo inicial el control de presión era realizado por el equipo original que trabajaba por medio de tarjetas electrónicas, la máquina inyectora de plásticos es del año 1989 lo cual justifica que por el tiempo de uso hayan sufrido imperfecciones hasta dar un mal funcionamiento, en el diagrama de flujo con la propuesta el control de presión es realizado por el controlador lógico programable (PLC), logrando estabilizar las presión de trabajo, dando reducciones considerables en relación a tiempos de producción, por ende esto mejorará a la productividad de la empresa Plastelec.

Tiempos de cada etapa del proceso de inyección de polietileno

Se realizarán las pruebas en el proceso utilizando el mismo molde que se utilizó para realizar las pruebas iniciales antes del desarrollo de la propuesta para tener datos reales de comparación, se inicia el análisis de la situación del proceso con la toma de tiempos en un ciclo de inyección para poder establecer la productividad del proceso para posteriormente compararlos con los datos de la situación antes de la implementación de la propuesta.

Los tiempos en el cierre de molde de 1,25 segundos, el tiempo de inyección de polietileno, tiene un tiempo de 6,15 segundos, en la carga automática de material en husillo se toma un tiempo de 8,45 segundos, la pieza demora en enfriar un tiempo de 4 segundos luego de haberse realizado la carga de material a husillo, para posteriormente realizarse la apertura del molde en un tiempo de 1,25 segundos, luego entra en funcionamiento la salida de expulsores, se toma un tiempo de 2,33 segundos,

el retorno de expulsos se toma un tiempo de 1,33 segundos en regresar a la posición inicial de trabajo, este tiempo es menor que el de salida debido a que su velocidad es regulada por una válvula reguladora de flujo, el resumen de los nuevos tiempos tomados con la implementación de la propuesta se los puede observar en la Tabla 38.

Tabla 38: Tiempo de ciclo del proceso de inyección del polietileno con la propuesta

PROCESO	t1 (s)	t2 (s)	t3 (s)	t4 (s)	t5 (s)	\bar{t} (s)
Cierre de molde	0:01:25	0:01:26	0:01:24	0:01:24	0:01:25	0:01:25
Inyección de Polietileno	0:06:13	0:06:15	0:06:16	0:06:17	0:06:15	0:06:15
Carga automática husillo	0:08:46	0:08:44	0:08:45	0:08:45	0:08:46	0:08:45
Enfriamiento pieza en molde	0:04:00	0:04:00	0:04:00	0:04:00	0:04:00	0:04:00
Apertura del molde	0:01:23	0:01:25	0:01:26	0:01:25	0:01:25	0:01:25
Salida de expulsos	0:02:34	0:02:32	0:02:31	0:02:33	0:02:33	0:02:33
Retorno de expulsos	0:01:32	0:01:33	0:01:34	0:01:33	0:01:32	0:01:33
					TOTAL	0:25:55

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Investigación Directa

Las presiones general medida cuando trabaja cada una de las etapas del proceso de inyección son las siguientes: En la etapa de cierre de molde es de 141 (bar), en la inyección de polietileno 139 (bar), carga automática en husillo 140 (bar), apertura de molde 141 (bar), salida de expulsos 140 (bar), retorno de expulsos 139 (bar), en la Tabla 39. Se observan de mejor manera la presiones medidas.

Tabla 39: Presiones de ciclo del proceso de inyección del polietileno con la propuesta

PROCESO	P1 (bar)	P2 (bar)	P3 (bar)	P4 (bar)	P5 (bar)	\bar{P} (bar.)
Cierre de Molde	142	140	140	142	141	141
Inyección de Polietileno	139	138	139	140	139	139
Carga Automática en Husillo	140	140	141	139	140	140
Apertura de Molde	141	140	141	142	142	141
Salida de Expulsos	139	140	140	141	141	140
Retorno de Expulsos	139	140	138	139	140	139

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Investigación Directa

Gráfica de presión vs tiempo

En la Tabla 40 se tabulan los datos de presiones y tiempos necesarios para cada etapa del proceso de inyección de polietileno los mismos que se utilizarán para obtener una gráfica que permita visualizar la forma de onda y la variación de presión con respecto al tiempo.

Tabla 40: Presiones de ciclo del proceso de inyección del polietileno con la propuesta

PROCESO	TIEMPO (s)	PRESIÓN (bar)
Tiempo Inicial	0:00:00	0
Tiempo de Complemento	0:00:23	5
Tu Tiempo de retardo	0:00:40	40
Tg Tiempo de levantamiento	0:00:55	140
Cierre de Molde	0:01:25	141
Inyección de Polietileno	0:07:40	139
Carga Automática en Husillo	0:16:25	140
Apertura de Molde	0:17:50	141
Salida de Expulsores	0:20:23	140
Retorno de Expulsores	0:21:55	139

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Juan Carlos Arellano

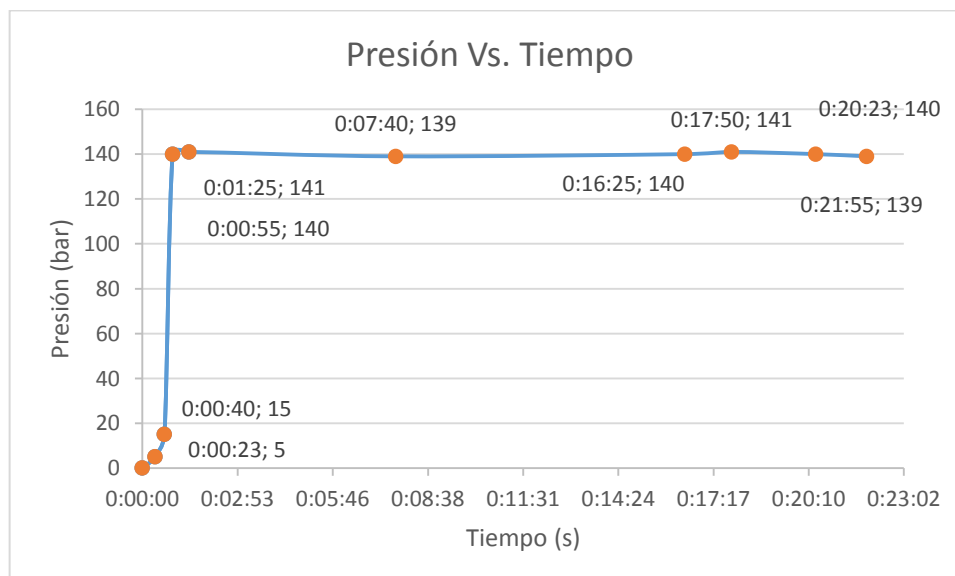


Figura 58: Gráfica de presión versus tiempo de trabajo.

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

Análisis de la gráfica presión vs tiempo.

En la Figura 11 se puede observar el tipo de respuesta que se tenía inicialmente una forma de onda de segundo orden ondulada, en la Figura 58, se puede observar que la presión ya no varía con respecto al tiempo en cada etapa del proceso, se mantienen alrededor de 140 (bares), ya no causa inestabilidad en el proceso lo que produce una reducción significativa en tiempos de producción para obtener un producto final, con estos datos se procede al cálculo de la Productividad.

Análisis financiero

Análisis financiero situación inicial

Capacidad de producción diaria

Es necesario conocer la capacidad de producción de la máquina inyectora de polietileno esto se calculará utilizando el total tabulado en la Tabla 8 de 46,31 segundos que se toma para producir una pieza con esto se puede calcular la producción en 8 horas de trabajo en el proceso de inyección de polietileno, para esto se realizará una regla de tres simple conociendo el tiempo de trabajo diario son 28.800 segundos calculados de la siguiente manera:

1 hora —————> 60 minutos

8 horas —————> X

$$X = \frac{8 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} = 480 \text{ minutos}$$

1 minuto —————> 60 segundos

480 minutos —————> X

$$X = \frac{480 \text{ minutos} \times 60 \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} = 28800 \text{ segundos}$$

Al relacionar el tiempo de trabajo diario con el tiempo que se demora en producir una unidad se obtiene la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad Producción Diaria} = \frac{\text{Tiempo de trabajo diario}}{\text{Tiempo en producir una unidad}}$$

$$\text{Capacidad Producción Diaria} = \frac{28.800 \text{ seg.}}{46,31 \text{ seg.}}$$

$$\text{Capacidad Producción Diaria} = 621,90 \text{ unidades al día}$$

Productividad

Atrás de la mejora de la productividad está el crecimiento empresarial, el crecimiento económico y el aumento de utilidades, lo que da como resultado el aumento de sueldos y posibilidad de inversiones para la mejora continua de la empresa, por lo tanto, se dice que la productividad es la relación que existe entre la cantidad producida y los insumos utilizados.

Productividad del trabajo

La empresa Plastelec se encuentra produciendo 620 unidades diarias, para el cálculo de la productividad se utilizará este dato en la fórmula de la Productividad del Trabajo según de (Laverde, 2015), (p. 84), que se muestra a continuación:

$$\text{Productividad del trabajo} = \frac{\text{Unidades producidas al día}}{\text{Horas Hombre trabajadas}}$$

$$\text{Productividad del trabajo} = \frac{620 \text{ unidades}}{8 \text{ horas hombre trabajadas}}$$

$$\text{Productividad del trabajo} = \frac{77 \text{ unidades}}{\text{Hora Hombre}}$$

Costos de producción

Costos variables

Para los costos variables de Producción es necesario conocer a todos los elementos que intervienen en la producción de un elemento, como son materia prima, insumos, a continuación, se realizará el cálculo del costo unitario de la materia prima, realizando una regla de tres simple con el costo del material por 1000 gramos y el peso de la unidad producida que es de 60 gramos según la Tabla 41, obteniendo la siguiente fórmula:

$$\text{Costo Unitario Materia Prima} = \frac{60 \text{ gr} \times 1,70 \text{ USD}}{1000 \text{ gr}}$$

$$\text{Costo Unitario Materia Prima} = 0,102 \text{ USD.}$$

Tabla 41: Producción por hora

Precio Materia Prima (Kg)	Peso de pieza inyectada	No. Piezas /hora
1,75 USD	60 gramos	77 piezas/ hora

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

La cantidad producida mensualmente por el proceso de inyección de polietileno es de 12.400 unidades, entonces se calculan el costo total mensual de materia prima, conociendo que el proceso no genera desperdicio, multiplicando el costo unitario de materia prima por el número de unidades producidas al mes obteniendo la siguiente fórmula:

$$\text{Costo Materia Prima} = \text{Costo Unitario de Materia Prima} \times \text{producción mensual}$$

$$\text{Costo Materia Prima} = 0,102 \text{ USD} \times 12.400 \text{ unidades}$$

$$\text{Costo Materia Prima} = 1.264,80 \text{ dólares mensuales}$$

Costos fijos

En la Tabla 42 se muestran los costos fijos de producción mensual como son: mano de obra, energía eléctrica, Instalaciones que incluye servicios de agua potable, arriendo del establecimiento, trabajos administrativos, sueldos, mantenimiento de la infraestructura y maquinaria en análisis.

Tabla 42: Costos de producción mensual

COSTOS FIJOS	
Descripción	Valor (USD)
Mano De Obra	1.268,88
Energía Eléctrica	190,45
Instalaciones	1.187,14
Total	2.646,47

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

Costos totales

Los costos totales (CT) son la sumatoria de los costos fijos (CF) y los costos variables (CV) para este cálculo se utilizará la fórmula de (Mansilla, 2014), (p. 9).

$$CT = CF + CV$$

$$CT = (1.264,80 + 2.646,47) \text{ USD.}$$

$$CT = 3.911,27 \text{ USD.}$$

Punto de equilibrio

El punto de equilibrio es el punto donde se igualan el ingreso total y el costo total, donde se inicia la rentabilidad o es el punto donde los ingresos son iguales a los egresos es decir donde al producir cierta cantidad de unidades no se pierde ni se gana, el costo variable unitario es el costo de materia prima unitario tiene un valor de 0,102 USD, se utilizarán las ecuaciones tomadas de (Mansilla, 2014), (p. 9).

$$\text{Ingreso Total} = \text{Costo total}$$

$$PUV * Q = CF + CVU * Q$$

Donde:

PUV: Precio de Venta Unitario

Q: Cantidad de Equilibrio

CF: Costo Fijo

CVU: Costo Variable Total

IT: Ingresos Totales

Tabla 43: Datos para el cálculo del punto de equilibrio.

IT=CT	
PVU * Q = CF+CVU*Q	
Costo Fijo	2.646,47
PV Unitario	0,40
Costo Variable Unitario	0,102

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

Para los cálculos de la cantidad de equilibrio Q, costo variable Total, ingreso total se utilizarán las fórmulas que se encuentran en (Mansilla, 2014) (p. 9).

Cálculo de la cantidad Q

$$Q = \frac{\text{Costo Fijo}}{PVU - CVU}$$

$$Q = \frac{2.646,47}{0,4 - 0,102}$$

$$Q = 8881 \text{ unidades}$$

Cálculo del ingreso total

$$IT = Q * PVU$$

$$IT = 8881 \text{ unidades} * 0,4 \text{ usd.}$$

$$IT = 3552.40 \text{ usd.}$$

Cálculo del costo variable total CVT

$$CVT = Q * CVU$$

$$CVT = 8.881 \times 0,102$$

$$CVT = 905,86 \text{ USD.}$$

Como se puede apreciar en los cálculos realizados para encontrar el punto de equilibrio, al producir más de 8881 unidades la empresa de plásticos Plastelec empieza a recibir ganancias, en la actualidad se pueden producir 12320 unidades lo que quiere decir que se puede generar utilidad en el proceso de Inyección de polietileno.

Utilidad mensual del producto

La utilidad del producto se puede calcular en base a los Ingresos Totales de ventas y el costo de producción, primero se realizará el cálculo del Precio de Venta del total de productos vendidos mensualmente, de acuerdo a la siguiente ecuación:

Es la cantidad de unidades producidas y vendidas al mes se utilizará para este cálculo la siguiente fórmula de (Mansilla, 2014), (p. 27).

$$\text{Ingresos mensuales} = \text{Unidades mensuales} \times \text{Precio de Venta Unitario}$$

$$\text{Ingresos mensuales} = 620 \text{ unidades} \times 20 \text{ dias} \times 0,40 \text{ USD.}$$

$$\text{Ingresos mensuales} = 4960 \text{ USD}$$

Entonces para el cálculo de la utilidad mensual se utilizará el dato de 4960 dólares correspondiente al precio de venta y el sumatorio total de la Tabla 12 en la siguiente ecuación tomada de (Mansilla, 2014), (p. 27).

$$\text{Utilidad} = \text{Ingresos mensuales} - \text{Costos de Producción}$$

$$\text{Utilidad} = (4960 - 3.911,27) \text{ usd.}$$

$$\text{Utilidad} = 1048,73 \text{ usd. mensuales}$$

Análisis financiero con la propuesta

Productividad en la empresa Plastelec con la implementación de la propuesta

Como se dijo anteriormente la productividad es la relación que existe entre la cantidad producida y los insumos utilizados, se aplicará la fórmula para el cálculo de la productividad luego de haber realizado la propuesta y poder compararlos con los datos obtenidos anteriormente.

Capacidad de proyectada

Es la capacidad máxima que se puede obtener en un proceso bajo las condiciones ideales, se calculará la capacidad Proyectada en ocho horas diarias de trabajo con la propuesta implementada en el proceso de inyección de polietileno haciendo una regla de tres simple obteniendo la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad Proyectada} = \frac{\text{Tiempo de trabajo diario}}{\text{Tiempo en producir una unidad}}$$

$$\text{Capacidad Proyectada} = \frac{28800 \text{ seg.}}{25,55 \text{ seg.}}$$

$$\text{Capacidad Proyectada} = 1127,20 \text{ unidades al día}$$

Capacidad efectiva

Es la mayor tasa de producción razonable que puede lograrse para el diseño actual de productos en un proceso.

De acuerdo al manual de mantenimiento de la inyectora de plásticos NB 90 la capacidad Efectiva de Inyección es de 90 gramos como se puede verificar en la Figura 59.

Caratteristiche tecniche Caractéristiques techniques		NB 90								
		SM 210			SM 290			SM 525		
		885H-210			885H-290			885H-525		
Classificazione Classification	EUROMAP									
Diámetro vite Diamètre de la vis	mm	28	32	35	38	32	38	45	38	45
Rapporto lunghezza/diámetro Rapport longueur/diamètre	L/D	21	18	16.4	14.5	24.5	20	17	23.8	20
Volumi d'iniezione calcolato Volume d'injection calculé	cm ³	97	127	152	179	136	192	270	240	337
Volumi effettivi d'iniezione Volume effectif d'injection	cm ³	87	115	135	160	123	173	243	216	303
Capacità effettiva d'iniezione (PS) Capacité effective d'injection (PS)	gr	90	120	143	170	130	182	255	225	320
Portata d'iniezione Déplacement de la matière	cm ³ /sec	78	102	123	145	94	133	187	122	172
Max. pressione sul materiale Pression maxi. sur la matière	bar	2160	1655	1380	1170	2135	1515	1080	2180	1555
Capacità di plastificazione (PS) Capacité de plastification (PS)	kg/h	70	78	85	95	72	80	95	85	95
* Capacità di plastic. (PS) con M2 * Capacité de plastic. (PS) avec M2	kg/h	—	—	—	—	98	110	130	115	135
Max. velocità rotazione vite Vitesse maxi. de rotation vis	giri/min	435			320			350		
* Max. velocità rotazione vite (M2) * Vitesse maxi. de rotation vis (M2)	giri/min	—			220 ÷ 550			235 ÷ 480		
Coppia vite Couple de la vis	Nm	420			546			647		
* Coppia vite (M2) * Couple de la vis (M2)	Nm	—			805 ÷ 350			985 ÷ 490		
Zone riscaldamento cilindro Zones de chauffage cylindre	n.	4			4			4		
Potenza riscaldamento installata Puissance chauffage installée	kW	4.5			6.6			9.5		
Forza accostamento gruppo iniezione Force d'appui du groupe d'injection	kN	30			37			41.6		

Figura 59: Capacidad efectiva de inyección en máquina Negri Bossi NB 90

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: (Negri Bossi, 1989)

Para calcular el porcentaje capacidad efectiva es necesario conocer ¿cuánto inyecta la máquina en gramos? Para esto se realizan algunas pruebas de inyección a máxima capacidad para posteriormente se pesan las muestras inyectadas para obtener un promedio, como se muestra a continuación:

Tabla 44: Peso de inyección a máxima capacidad.

Inyección	Peso (gr)
1	88,12
2	87,95
3	87,98
4	88,04
5	88,11
6	87,83
7	88,14
8	88,02
9	87,88
10	88,05
Peso medio	88,012

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

Con estos datos se obtiene que la capacidad de inyección promedio actual que es de 88,012 gramos, se procede a realizar una regla de tres como se muestra a continuación:

90 gramos —————> 100%

88,02 gramos —————> X

$$\text{Capacidad Efectiva} = \frac{88,02 \text{ gramos} \times 100\%}{90 \text{ gramos}}$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 97,80\%$$

Eficiencia

Se conoce que de cada 1000 unidades que se pueden producir se obtienen 996 unidades en buen estado y se obtienen 4 unidades malas por calentamiento inicial de maquinaria, con estos datos se aplica la fórmula según (Lopez, 2016),(p.5).

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción Esperada}} \times 100\%$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{996 \text{ unidades}}{1000 \text{ unidades}} \times 100\%$$

$$\text{Eficiencia} = 99,60\%$$

Capacidad de producción diaria

Es la capacidad de producción diaria máxima utilizable de la empresa o proceso, a continuación, se muestra el cálculo de la producción diaria de la empresa Plastelec, además es necesario conocer que el proceso tiene una capacidad efectiva del 97,80% debido a que se producen diariamente 1.120 unidades de 1127 que se pueden producir y una eficiencia del 99,60% debido a desperdicios del proceso, para esto se utilizará la siguiente fórmula (Fernández, 2009), (p. 42):

Capacidad produccion diaria = Capacidad Proyectada x Capacidad efectiva x Eficiencia

Capacidad de produccion diaria = 1127 unidades x 0,978 x 0,996

Capacidad de produccion diaria = 1097,79 unidades

Capacidad de producción mensual

La producción mensual no es otra cosa que la multiplicación de la capacidad de producción diaria por el número de días de trabajo que tiene la empresa Plastelec, de acuerdo a la siguiente fórmula:

Capacidad de producción mensual = Capacidad de Producción diaria x 20 días

Capacidad de producción mensual = 1097,79 unidades x 20 días

Capacidad de producción mensual = 21955 unidades

Productividad del trabajo

La empresa Plastelec con la implementación de la propuesta produce 963 unidades diarias con un trabajador, en una jornada diaria de ocho horas de trabajo que inicia a las 7H30 a 12H30, continúa de 13H30 termina a las 16H30, para el cálculo se utilizará la fórmula de productividad del trabajo según (Laverde, 2015), (p. 84).

Productividad del trabajo = $\frac{\text{Unidades producidas al dia}}{\text{Horas Hombre trabajadas}}$

Productividad del trabajo = $\frac{1097,79 \text{ unidades}}{8 \text{ Horas Hombre trabajadas}}$

Productividad del trabajo = $\frac{137,22 \text{ unidades}}{\text{Horas Hombre}}$

Ingresos mensuales por ventas

Es la cantidad de unidades producidas y vendidas al mes se utilizará para este cálculo la siguiente fórmula según (Mansilla, 2014), (p. 27).

$$\text{Ingresos mensuales} = \text{Unidades mensuales} \times \text{Precio de Venta Unitario}$$

$$\text{Ingresos mensuales} = 1097,79 \text{ unidades} \times 20 \text{ dias} \times 0,40 \text{ USD.}$$

$$\text{Ingresos mensuales} = 8782,32 \text{ USD}$$

Cálculo de la utilidad

Para el cálculo de la utilidad mensual se utilizará el dato de 8782,32 dólares que resulta de la multiplicación entre el precio de venta unitario y las unidades que se producen mensualmente luego de haberse implementado la propuesta, por lo tanto, la utilidad mensual se calculará con la ecuación tomada de (Mansilla, 2014), (p. 27):

$$\text{Utilidad} = \text{Ingreso Total} - \text{Costos de Producción}$$

$$\text{Utilidad} = (8782,32 - 3911,27)\text{USD.}$$

$$\text{Utilidad} = 4871,05 \text{ USD. mensuales}$$

Resumen comparativo de utilidades

A continuación, se detalla la utilidad que se obtenía antes de implementar la propuesta.

$$\text{Utilidad} = 1048,73 \text{ USD. mensuales}$$

La utilidad con la implementación de la propuesta es:

$$\text{Utilidad} = 4871,05 \text{ USD. mensuales}$$

$$\text{Ganancia} = \text{Utilidad Final} - \text{Utilidad Inicial}$$

$$\text{Ganancia} = (4871,05 - 1048,73)\text{USD.}$$

$$\text{Ganancia} = 3822,32$$

Resumen comparativo de las Variables

Variable Independiente: Proceso de Inyección

El proceso de Inyección luego del análisis se verificó que, si incidía en la productividad de la empresa Plastelec, los tiempos de producción eran demasiado altos al implementar la propuesta estos tiempos disminuyeron, mejorando la productividad eso queda demostrado con los datos calculados de Productividad.

Variable Dependiente: Productividad

La Productividad sin la implementación de la propuesta era de:

$$Productividad\ del\ Trabajo = 77 \frac{unidades}{hora - hombre}$$

La Productividad con la implementación de la propuesta es de:

$$Productividad\ del\ Trabajo = 137 \frac{unidades}{hora - hombre}$$

Incremento de la productividad

Se calcula el porcentaje del incremento de productividad, mediante una regla de tres simple como se muestra a continuación.

$$\% Incremento = \frac{137\ unidades \times 100}{77\ unidades} - 100$$

$$\% Incremento = 77,92\%$$

Indicadores financieros VAN y TIR

El Valor Neto Actual (VAN) es utilizado para establecer el valor presente de un flujo de caja futuro originados por una inversión, para obtener estos Indicadores es necesario conocer algunos datos como son: la ganancia actual de operación, y el tiempo utilizado para los cálculos es de 20 días de trabajo, con la inversión inicial que

es de 1181,00 USD, el flujo de efectivo neto que se muestra en la Tabla 46, se calcula restando el flujo de ingresos de cada año con el flujo de egresos del mismo año estos valores se los puede ver en la Tabla 45.

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) en una inversión está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN) o (VPN) es igual a cero, también es conocido como la tasa de flujo de efectivo descontado de retorno en términos de porcentaje, también conocida la tasa de rentabilidad libre de riesgo, se tomarán 30 días después de la implementación de la propuesta.

Cálculo de la tasa de interés

De acuerdo al Banco Central del Ecuador la tasa de interés activa efectiva máxima vigente hasta marzo del 2017 para el segmento productivo PYMES es de 11.83 % anual, la inflación en el 2016 fue de 1,2%, entonces se realiza el cálculo utilizando la siguiente fórmula obtenida de (Urbina, 2010), (p. 187):

$$Tasa\ de\ descuento = i + f + if$$

$$Tasa\ de\ descuento = 0,1183 + 0,012 + 0,1183 \times 0,012$$

$$Tasa\ de\ descuento = 13,25\%$$

Donde:

i: Tasa de interés pasiva

f: Índice inflacionario.

En la Tabla 45 se tabulan los flujos de ingresos y de egresos para los próximos 20 días de trabajo en el proceso con la implementación de la propuesta, esto se lo hace en base a los ingresos mensuales divididos para 20 días de trabajo, calculados mediante una regla de tres de la siguiente manera:

20 días de trabajo → 8782,32 USD.

1 día de trabajo → X

Obteniendo la siguiente ecuación:

$$\text{Ingresos diarios} = \frac{\text{Ingresos mensuales}}{\text{Días trabajados al mes}}$$

$$\text{Ingresos diarios} = \frac{8782,32 \text{ USD}}{20 \text{ Días trabajados al mes}}$$

Ingresos diarios = 439,12 USD.

El cálculo del flujo de egresos mensuales se lo realiza realizando una regla de tres entre el flujo de egresos mensuales y el flujo de egresos diarios de la siguiente manera:

20 días de trabajo → 3911,27 USD.

1 día de trabajo → X

Obteniendo la siguiente ecuación:

$$\text{Egresos diarios} = \frac{\text{Egresos mensuales}}{\text{Días trabajados al mes}}$$

$$\text{Egresos diarios} = \frac{3911,27 \text{ USD}}{20 \text{ Días trabajados al mes}}$$

Egresos diarios = 195,56 USD.

Tabla 45: Datos para el cálculo del flujo de efectivo neto.

Flujo de Ingresos		Flujo de Egresos		Flujo de Ingresos		Flujo de Egresos	
DIA	USD	DIA	USD	DIA	USD	DIA	USD
1	439,116	1	195,5635	11	439,116	11	195,5635
2	439,116	2	195,5635	12	439,116	12	195,5635
3	439,116	3	195,5635	13	439,116	13	195,5635
4	439,116	4	195,5635	14	439,116	14	195,5635
5	439,116	5	195,5635	15	439,116	15	195,5635
6	439,116	6	195,5635	16	439,116	16	195,5635
7	439,116	7	195,5635	17	439,116	17	195,5635
8	439,116	8	195,5635	18	439,116	18	195,5635
9	439,116	9	195,5635	19	439,116	19	195,5635
10	439,116	10	195,5635	20	439,116	20	195,5635

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Investigación Directa

En la Tabla 46 se tiene el flujo neto que no es más que la diferencia que hay entre el Flujo de Ingresos y el Flujo de Egresos para cada día de trabajo del proceso de inyección de polietileno con la implementación de la propuesta durante 20 días de trabajo considerados en un mes, con estos datos se procederá al cálculo del VAN y el TIR y se verificará si la propuesta es factible o no, se calcula la tasa diaria dividiendo la tasa de descuento de 13,25% para 365 días al año con 20 días de trabajo mensual, lo que da como resultado 0,036%.

Tabla 46: Flujo de efectivo neto.

Flujo de Efectivo Neto		Flujo de Efectivo Neto	
DIA	USD	DIA	USD
1	243,55	11	243,55
2	243,55	12	243,55
3	243,55	13	243,55
4	243,55	14	243,55
5	243,55	15	243,55
6	243,55	16	243,55
7	243,55	17	243,55
8	243,55	18	243,55
9	243,55	19	243,55
10	243,55	20	243,55

Elaborado por: Juan Carlos Arellano
Fuente: Investigación Directa

En la Tabla 47 se ha realizado el cálculo del VAN para esto se ha tomado una tasa de interés del 13,03% y el TIR con una inversión inicial de 1181,00 que es el costo que tiene el proyecto, el procesamiento de datos se ha realizado utilizando una tabla de cálculo en Excel.

Tabla 47: Cálculo del VAN y TIR.

Flujo de Efectivo Neto		Flujo de Efectivo Neto	
DIA	USD	DIA	USD
1	-1881	11	243,5525
2	243,55	12	243,5525
3	243,55	13	243,5525
4	243,55	14	243,5525
5	243,55	15	243,5525
6	243,55	16	243,5525
7	243,55	17	243,5525
8	243,55	18	243,5525
9	243,55	19	243,5525
10	243,55	20	243,5525
INVERSIÓN INICIAL			-1181
		VAN	3671,39
		TIR	20%

Elaborado por: Juan Carlos Arellano

Fuente: Investigación Directa

El VAN es de \$3671,39 cantidad positiva por lo tanto el proyecto es rentable, el TIR es del 20% lo que quiere decir que la inversión se recupera en ese porcentaje diariamente lo que significa que es factible la realización de esta propuesta en la empresa Plastelec.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se ha determinado la mejor alternativa de solución para tener un control adecuado en las presiones de trabajo en cada etapa del proceso, el control mediante la automatización utilizando un PLC es la mejor opción con el 76% de aceptabilidad frente a las otras opciones, según la matriz de ponderación de la Tabla 36, en la actualidad estos dispositivos electrónicos solucionan gran cantidad de problemas en la industria en general.
- Inicialmente se tenían serios inconvenientes en la producción de inyección de polietileno, siendo necesario el diseño de un sistema automático de control PID del proceso de inyección por medio de un PLC, diseñando un programa que pueda controlar las presiones de trabajo en cada etapa del proceso.
- Al implementar el sistema de control automático en el proceso de producción de polietileno, se notaron las mejoras con respecto a la estabilidad en las presiones hidráulicas, por ende, mejoraron los tiempos de producción y se comprobó que este proceso productivo influía notablemente en la productividad de la empresa Plastelec.
- Se analizan a los elementos que se utilizarán para la solución técnica del control automático del proceso de inyección de polietileno como son las entradas o sensores que se conectarán a la entrada del controlador y el actuador que se conectará en la salida, así como la configuración y programación del PLC.
- Al estudiar el punto de equilibrio de la empresa se conoció que aún con los defectos que poseía el proceso generaba ganancias porque la cantidad de

equilibrio se encontraba por debajo de la que se producía eso no significa que no era necesario implementar la propuesta debido a que al implementarla aumenta el 77,92 %.

- El control PID es de gran ayuda al momento de automatizar sistemas que requieran de un control de diferentes parámetros con medidas analógicas aseguran un control fino, que cumple con los parámetros establecidos, ahorra mantenimiento, espacio, dinero.
- El proceso de Inyección de Polietileno consta de algunos parámetros que influyen en su producción como son temperatura, velocidad y tiempo; la temperatura es independiente pero la velocidad y el tiempo dependen de un control correcto de la presión.
- Con los análisis realizados se pudo concluir que los cálculos y datos obtenidos son fiables y de gran importancia para el desarrollo de la propuesta, generan seguridad y confianza tanto en el investigador como en los representantes de la empresa para que el proyecto pueda desarrollarse.
- Con la propuesta implementada se redujeron costos y tiempos de producción por lo tanto mejoró la productividad de la empresa Plastelec produciendo más unidades con menos recurso utilizados además se podrán cumplir con los pedidos de los clientes en los tiempos establecidos.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios sobre factores que inciden en la productividad en otras áreas de la empresa debido a que existen muchas cosas por mejorar lo que conllevará al cumplimiento de su misión y visión y generando mayor rentabilidad y ganancias lo que facilitará que se pueda invertir en nuevos proyectos creando así una empresa competitiva.
- Capacitar continuamente a los trabajadores e involucrar al personal en todas las actividades de las distintas áreas para que puedan brindar soluciones adecuadas como en este análisis la mayoría de los operadores conocían del problema que presentaba el proceso y contribuyeron con ideas para una adecuada solución.
- Establecer una herramienta para evaluar a los proveedores o contratistas que brinden servicios de automatización industrial o mejoras de equipos o maquinarias para asegurarse que tengan los conocimientos suficientes para poder sacar adelante un proyecto de lo contrario pueden causar daños materiales o al recurso humano siendo un obstáculo para llegar al éxito de la empresa.
- Automatizar los procesos de producción ya que la mayoría se los realiza de forma manual pudiendo causar demoras y el aumento de pérdidas al no tener el operador la misma precisión que una máquina, son motivos que hacen que la productividad de la empresa Plastelec disminuya.

BIBLIOGRAFÍA

- Almeida, S. X. (2014).** *Estudio de la gestión de mantenimiento y su incidencia en la disponibilidad de los equipos y maquinaria en la empresa Santex del cantón Pelileo.* Ambato: Universidad Tecnológica Indoamérica.
- Amidata S.A. (2015).** *Sensores de Presión Hidráulicos.* Madrid: Amidata S.A.
- Arrondo, V. M. (2014).** *Chi Cuadrado de Pearson.* Bogotá.
- Barragán, L. A. (2007).** *Función de la Producción.* Obtenido de Función de la Producción: <http://www.monografias.com>
- Calle, C. (2010).** *“Estudio de métodos en el área de Producción y Propuesta fundamentada en la empresa Mundiplast. Cia. Ltda.”.* Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Carneiro, A. (2015).** *Pert/Cpm Guia básica.* Alfredo Carneiro.
- Chavez, P. A. (2008).** *Sensores Analógicos utilizados en la Automatización Industrial.* Rodrigo Facio: Universidad de Costa Rica.
- Control Real Español. (2015).** *Módulos Analógicos de Entrada y Salida.* Obtenido de Módulos Analógicos de Entrada y Salida: E AUTO. (01 de 03 de 2013). *Puente de Wheatstone.* Obtenido de Puente de Wheatstone: <http://e-auto.com.mx/ew/index.php/85-boletines-tecnicos/6619-circuitos-operacionales-19-puente-de-wheatstone>
- Economíapuntes. (2013).** Devaluación Interna. *Apuntes de Economía*, 1.
- El Telegrafo. (29 de Abril de 2015).** La industria plástica produce al menos \$ 418 millones al año. *Política Industrial incluirá a este sector productivo.*

- Gómez, F. (2010).** *“Manual de Calidad para mejorar los procesos productivos en la “Imprenta y Encuadernación Gómez” de la ciudad de Ambato.”*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- INDOAMÉRICA, U. T. (2011).** *Políticas y Lineas de Investigación de la Universidad Tecnológica Indoamérica 2011*. Quito: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA.
- JCGM. (2008).** *Vocabulario Internacional de Metrología*. Conceptos Básicos Generales y Término Asociados, 28.
- Lezama, C. (2007).** *Indicadores De Gestión*. En L. Cruz, *Indicadores De Gestión* (págs. 22-23). Guayana. Obtenido de Monografías: <http://www.monografias.com>
- Lopez, I. B. (2016).** *Estudio de Tiempos*. Bogotá: Ingeniería industrial.
- Mansilla, B. (2014).** *"Toma de decisiones por punto de equilibrio cap. 7."*. "toma de decisiones por punto de equilibrio cap. 7.", 7.
- Marcilla, M. B. (2005).** *Inyección*. New York: IQ.UA.
- Mayorga, L. (2012). *Mejoramiento Continuo y su incidencia en los Procesos de producción en la Empresa de Calzado LOMBARDIA de la ciudad de Ambato*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Moreno, M. (2005).** *Reducción de SCRAP en sección de inyección y soplado área de producción de plasticos industriales CA*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Muñoz, R. S. (2007).** *Determinación de Costos para la Producción*. Machala: Universidad de Machala. Obtenido de Monografías: <http://www.monografias.com>
- Negri Bossi. (1989).** *Instrucciones de Uso y Mantenimiento*. Italia: Negri Bossi.

Plásticos Inyectados S.A. (2013). *Proceso de Plásticos Inyectados*. Obtenido de Proceso de Plásticos Inyectados: <http://ppi.com.mx>

PLC Siemens. (2012). *Aprende PLC*. Obtenido de Aprende PLC: <http://aprendeplc.blogspot.com/2016/09/los-mejores-controladores-basicos.html>

Prieto, A. B. (2014). *Estadística y TICs. Seminario 9. Chi cuadrado de Pearson*. Obtenido de Estadística y TICs. Seminario 9. Chi cuadrado de Pearson.

Rivero, R. A. (2015). *Identificación de sistemas de Segundo Orden*. Tucumán: Universidad Tecnológica Internacional.

Rueda, C. (02 de 06 de 2016). *VALVULA PROPORCIONAL HIDRAULICA DE PRESION*. Obtenido de VALVULA PROPORCIONAL HIDRAULICA DE PRESION: www.youtube.com/watch?v=nWDdmIBJGEI

Saenz, M. (2011). *Elaboración de artículos plásticos para el hogar*. Quito: Mypimes.

Skog, R. D. (2012). *Introducción a los Controladores Lógicos Programables*. Madrid.

Twidosoft. (2015). *Programa de Control Automático*. Paris: schneider-electric.

Urbina, G. B. (2010). *Evaluación de Proyectos*. México: Mc Graw Hill.

ANEXOS

ANEXO 1

TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado χ^2

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7907	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193	29,2266	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9159	35,7150	34,0266	32,6205	31,3909	30,2791	29,2486	28,2740	27,3362
29	58,3006	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8538	35,1394	33,7109	32,4612	31,3308	30,2825	29,2908	28,3361