

AJUSTE, MANTENIMIENTO Y ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE OPERACIÓN DE
UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DEL TALLER DE
MÁQUINAS HERRAMIENTAS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

RODRIGO DUQUE PULGARIN

1088306860

JAIME ANDRES BRAVO PORTILLA

1082657256

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

AJUSTE, MANTENIMIENTO Y ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE OPERACIÓN DE
UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DEL TALLER DE
MÁQUINAS HERRAMIENTAS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

RODRIGO DUQUE PULGARIN

1088306860

JAIME ANDRES BRAVO PORTILLA

1082657256

TRABAJO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

Asesor

PhD. EDGAR ALONSO SALAZAR MARIN

Ingeniero mecánico, Docente titular de la facultad de Ingeniería Mecánica

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

NOTA DE ACEPTACIÓN:

Juan Esteban Tibaquirá

Decano Facultad de Ingeniería Mecánica

Edgar Salazar

Director de proyecto

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas las personas que hicieron parte de este proyecto de vida, que nos acompañaron en cada momento de lucha y sacrificio, que gracias al apoyo brindado hoy culminamos una etapa llena de conocimientos, anécdotas, alegrías y tristezas.

A nuestros padres que siempre estuvieron incondicionalmente para nosotros y han sido fundamental en este proceso, que siempre creyó en mí y que ha hecho de mí una mejor persona.

Agradecemos al Ingeniero Edgar Alonso Salazar quien nos dio la oportunidad de desarrollar este proyecto tan valioso para la Universidad

Al ingeniero Edwin Hernández y Mario Tabares por su incondicional y desinteresado apoyo durante el desarrollo del proceso de ajuste de la máquina.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES TERMOPLÁSTICOS Y TERMOFIJOS

2.2 VISCOSIDAD Y FLUIDEZ DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS EN ESTADO FUNDIDO

2.3 TECNOLOGÍAS DE TRANSFORMACIÓN DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS

2.4 POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

2.5 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE MOLDEO

2.6 FUNDAMENTOS DE LA INYECCIÓN

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 DATOS BÁSICOS DE LA MÁQUINA

3.2 PUESTA A PUNTO

3.2.1 ACONDICIONAMIENTO INICIAL

3.2.2 ACONDICIONAMIENTO POSTERIOR (SI SE REQUIERE)

3.3 MANTENIMIENTO PREVIO A LA PUESTA EN MARCHA DE LA MÁQUINA

3.3.1 LIMPIEZA SUPERFICIAL DE LA INYECTORA

3.3.2 LIMPIEZA DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO.

3.3.3 ADECUACIÓN DE CHAPAS PARA PROTEGER LOS SISTEMAS ELECTRÓNICOS, DE MOLDEO Y ESPACIOS PARA GUARDAR HERRAMIENTAS.

3.3.4 REVISIÓN DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y SUS DISTINTAS CONEXIONES

3.3.5 PUESTA A PUNTO DE UNO DE LOS MOLDES SUMINISTRADOS Y RECTIFICACIÓN DE LOS EXPULSORES

3.3.6 CAMBIO DE ACEITE HIDRÁULICO

3.3.7 CAMBIO DE MANGUERAS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

3.3.8 REVISIÓN DE BOQUILLA DE INYECCIÓN

3.3.9 ENGRASE DE CILINDROS GUÍAS

3.3.10 APLICACIÓN DE LÍQUIDO PROTECTOR DE MOLDE

3.3.11 AJUSTES EN EL SOFTWARE QUE AUTOMATIZA LA INYECCIÓN.

3.3.12 FABRICACIÓN DE SEGURO DEL CONJUNTO DE PROTECCIÓN DEL MOLDE

3.3.13 CAMBIO DE TAPAS DE ACRÍLICO

3.3.14 CAMBIO DE TARJETA DE CONTROL

4 CONCLUSIONES

5 BIBLIOGRAFIA

6 ANEXOS

LISTADO DE TABLAS

- TABLA 1: TECNOLOGÍAS DE MOLDEO DE MATERIALES TERMOPLÁSTICOS Y TERMOFIJOS
- TABLA 2: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA INYECTORA DE PLÁSTICO HB 200/45
- TABLAS 3 Y 4: PROPIEDADES TÍPICAS DEL PEAD

LISTADO DE FIGURAS

- FIGURA 1. LONGITUD DE FLUJO VS ESPESOR DE LA PIEZA
- FIGURA 2. CONTRACCIÓN LINEAL VS ESPESOR DE LA PIEZA}
- FIGURA 3. VALORES DE TEMPERATURA EN LAS ETAPAS DEL HUSILLO PARA PEAD
- FIGURA 4. TORRE DE ENFRIAMIENTO
- FIGURA 5. VENTILADOR DE TORRE DE ENFRIAMIENTO
- FIGURA 6. CHAPA DE SEGURIDAD DE MANDO DE CONTROLES
- FIGURA 7. COMANDOS DE CONTROL ELÉCTRICO
- FIGURA 8. MOLDE EN FORMA DE PROBETA Y EXPULSORES
- FIGURA 9. GUÍAS DE ABERTURA Y CIERRE DEL MOLDE
- FIGURA 10. GRASA MULTIPROPÓSITO
- FIGURA 11. LÍQUIDO PROTECTOR DE MOLDE
- FIGURA 12. TARJETA DE CONTROL

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de inyección de plástico han ido evolucionando con el paso del tiempo hallando mejoras en los procesos, todo gracias a modificaciones y adaptaciones en los componentes de las máquinas inyectoras, los cuales afectan de una manera positiva el funcionamiento y la calidad de los productos finales. En la actualidad, las máquinas de inyección de plástico, asumen múltiples funciones como son: proporcionar la cantidad de material apropiado y oportuno según el régimen y la carga, generar una presión de inyección adecuada, distribuir el material en el momento preciso en el molde, permitir la reducción del ruido y minimizar el tiempo de producción.

Los sistemas modernos de inyección de plástico, han revolucionado la industria con gran cantidad de piezas fabricadas de plástico. Estas tienen muy buenas cualidades comparables con elementos fabricados con otros materiales, estos sistemas de inyección generan otras ventajas adicionales, como son: reducir costos de producción, permitir reemplazar piezas con mayor facilidad y fabricar elementos más asequibles para el que lo requiera.

Cuando se desean conocer nuevos procesos, como por ejemplo, aprender a utilizar una máquina, se debe tener una visión general de los elementos a abordar y objetivos previamente establecidos, donde es de gran ayuda contar con antecedentes y/o documentos que contengan trabajos de investigación que se hayan hecho sobre el tema a tratar, caso particular de la inyección de plástico y todo el proceso que este conlleva. Es por esto que cuando se cuenta con una historia definida y elementos como un manual de operación, se facilita el aprendizaje y enseñanza de las personas que tengan interés sobre el tema, todo esto resumido de forma didáctica y puntual, permitiendo así, enriquecer los conocimientos del grupo en particular.

En este documento pretende beneficiar los estudiantes de la escuela de Tecnología Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), por medio de la realización de un manual de operación donde se podrá comprender el funcionamiento y mantener adecuadamente la máquina inyectora de plástico con la que cuenta el taller de máquinas y herramientas de la UTP.

El manual tiene múltiples ventajas para el lector, puesto que permite la apreciación de componentes de la máquina inyectora como son: bombas centrífugas, ductos de refrigeración, ductos de lubricación, sensores, válvulas reguladoras y otros. Además permite la visualización de

todo el proceso de inyección de plástico a un molde establecido, cantidad de plástico inyectado y control de presión de forma automática.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES TERMOPLÁSTICOS Y TERMOFIJOS.

En la actualidad se encuentra gran cantidad de elementos que están compuestos de materiales sintéticos, siendo el plástico uno de los materiales más abundantes en el planeta y explotado a gran escala en la industria. Actualmente los impactos ambientales son grandes, derivados de infinidad de procesos, los cuales tienen grandes cambios y consecuencias negativas en el planeta, es por esto la importancia de reciclar y generar procesos que contribuyan a el equilibrio del ambiente. Estos materiales sintéticos se utilizan mucho debido a su fácil maniobrabilidad, adaptabilidad a distintas formas, producción de piezas en masa y disponibilidad en el medio. Hoy en día existen diferentes tipos de máquinas que facilitan los procesos industriales que llevan a cabo una transformación de materiales como son las inyectoras de plástico, encontrando variedad de marcas con variaciones en sus diseños según la necesidad que se tenga, ya sea su capacidad volumétrica o variaciones en sus principios de funcionamiento.

Generalmente, los plásticos se clasifican de acuerdo con las propiedades físicas y químicas de las resinas que los constituyen, en dos grupos principales: termoplásticos y termofijos.

Los termoplásticos son resinas con una estructura molecular lineal (obtenida por procesos de polimerización o de poli condensación) que durante el moldeo en caliente no sufren ninguna modificación química.

Las resinas termo fijas (también obtenidas por polimerización o poli condensación) pueden ser fundidas una sola vez. Las resinas de este grupo, que se caracterizan por tener una estructura molecular reticulada o entrelazada, se funden inicialmente por la acción del calor, pero enseguida, si se continua la aplicación del calor, experimentan un cambio químico irreversible, el cual provoca que las resinas se tornen infusibles (es decir, no se plastifican) e insolubles. Este endurecimiento es causado por la presencia de catalizadores o de agentes reticulantes.

2.2 VISCOSIDAD Y FLUIDEZ DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS EN ESTADO FUNDIDO:

El moldeo de materiales plásticos, practicado por muchos años en forma hasta cierto punto empírica, actualmente ha sido descrito y analizado en forma científica tanto por investigadores universitarios como por laboratorios de las compañías que producen materiales plásticos.

La reología de los polímeros entendida como el estudio de la fluidez de los materiales plásticos fundidos, ha aclarado la propiedad y el comportamiento de los mismos en el proceso de moldeo o de otros métodos de transformación (como: extrusión, calandrado, etc).

El polímero termoplástico en estado fundido tiene más bajo valor de viscosidad y por consiguiente la más alta fluidez, además es capaz de permanecer en esta condición por varios minutos. Esta característica, permite que el material pueda inyectarse, extruirse o procesarse de cualquier otra manera, aunque tal procedimiento requiere de largos intervalos de tiempo.

Un polímero termo fijo en estado fundido, tiene en cambio un comportamiento totalmente diferente. Inicialmente la acción del calor provoca el ablandamiento y la fusión de la resina que en pocos segundos alcanza el valor mínimo de viscosidad (correspondiente a la máxima fluidez). Sin embargo, continuando la aportación de calor se inicia la reacción de condensación (reticulación) y en consecuencia de viscosidad de la masa fundida aumenta progresivamente hasta el completo endurecimiento. [1]

2.3 TECNOLOGÍAS DE MOLDEO DE MATERIALES TERMOPLÁSTICOS Y TERMOFIJOS.

La descripción de las tecnologías de moldeo de materiales se describe de forma detallada en la TABLA 1.

TABLA 1- TECNOLOGÍAS DE MOLDEO DE MATERIALES TERMOPLÁSTICOS Y TERMOFIJOS:

	Métodos de Transformación	Moldes Herramientas o equipo	Maquinaria-equipo
TERMOPLÁSTICOS Suministrado en: -Polvo -Gránulos -Lámina -Película, etc.	Moldeo por inyección	Moldes de acero	Máquinas de inyección (hidráulicas)
	Extrusión (redondo-hojas-película)	Dados y cabezales de extrusión	Equipo de extrusión
	Soplado (cuerpos huecos)	Moldes de aluminio	Máquinas de soplado con extrusión con inyección
	Termoformado (por vacío o por presión)	Moldes o formas de madera o aluminio	Máquinas para termoformado (formado en caliente)
	Rotoforado (cuerpo huecos)	Moldes tipo concha de lámina de acero o aluminio	Sistemas de rotomoldeo-hornos de aire caliente
	Formado por expansión	Moldes de aluminio	Calderas (generadores) de vapor Equipos para moldeo por vapor
	Calandrado	-	Mezcladores calandrias

TERMOFIJOS Suministrado en: - Polvo - Gránulos - Fibra tejida impregnada - Compuestos en pasta u hojas impregnadas - Resinas líquidas	Moldeo por compresión Moldeo por transferencia Moldeo por inyección	Moldes de acero Moldes de acero Moldes de acero	Máquinas de moldeo por compresión Máquinas de moldeo por transferencia Máquinas de moldeo por inyección
	Procesos por fundición - con colada de resina fluida - Fundición de resinas sólidas	Formas de madera, metálicas o de otros materiales recipientes metálicos	Equipo para la mezcla de los compuestos Hornos para la fusión o para tratamiento térmico (endurecimiento)

TOMADO DE: [1]

2.4 POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD:

Para la máquina inyectora de plástico de la Universidad Tecnológica De Pereira, la materia prima a utilizar es polietileno de alta densidad identificado como HDPE (por sus siglas en inglés, High Density Polyethylene) o PEAD (polietileno de alta densidad) es un polímero de adición que se utiliza principalmente para envases plásticos desechables. Entre sus características encontramos:

- Resistencia al impacto
- Sólido e incoloro
- Ligero
- Resistencia térmica
- Resistencia al agua a 100°C y a disolventes comunes

El PEAD se procesa mediante moldeo por inyección, roto moldeo, extrusión y compresión. Entre sus aplicaciones encontramos:

- Envases de alimentos, detergentes y productos químicos
- Juguetes
- Empaques para partes automotrices
- Tuberías
- Tanques para procesos químicos
- Muebles

Igualmente, el PEAD se puede polimerizar con Propileno para generar aplicaciones alternas como las bolsas y botellas. Este material puede ser reciclado.

Un sistema en polietileno ofrece una cantidad importante de ventajas sobre los sistemas convencionales:

- Pérdidas de carga por fricción mínimas.
- Por ningún motivo se ve afectada por la corrosión.
- Ausencia de partículas e incrustaciones en su interior.
- Buena elasticidad.
- Genera confianza en flexibilidad.
- Peso reducido
- No se deforma de manera permanente.
- Fácil de transportar.
- Vida útil larga.
- Menor costo de adquisición e instalación.
- Reduce las posibilidades de fallas humanas en la instalación.
- Reciclable.
- Resistencia mecánica y ductilidad.
- Resistente a bacterias y químicos.

Fuente: [2]

2.5 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE MOLDEO.

En los procesos de moldeo, las variaciones de la temperatura de fusión o de plastificación son diferentes según el material, ya sea termoplástico o termo fijo. Para los termoplásticos en este caso “polietileno de alta densidad”, la viscosidad es constante cuando la temperatura también es constante, por esta razón es posible facilitar el llenado de un molde complejo, reduciendo la viscosidad del polímero con un pequeño aumento de temperatura en el cilindro de plastificación o en el molde.

Los parámetros que deben regularse en una máquina de inyección en la fundición del material en el molde y el tipo de material por trabajar son los siguientes:

- Velocidad de cierre del molde
- Velocidad de apertura del molde
- Carrera de la plantilla móvil
- Fuerza de cierre del molde
- Espesor del molde (distancia entre platinas)
- Tiempo entre ciclos
- Velocidad de inyección
- Velocidad de plastificación (rpm, velocidad del husillo)
- Carrera de inyección
- 1ra presión de inyección (presión de llenado)
- 2da presión de inyección (presión de sostenimiento)
- Tiempo de sostenimiento
- Contrapresión del husillo
- Tiempo de solidificación del material inyectado en el molde
- Carrera de separación de la boquilla al molde
- Temperatura del cilindro de plastificación
- Temperatura de la boquilla
- Temperatura del molde
- Carrera de extracción
- Velocidad de extracción
- Fuerza de extracción

Algunos de estos parámetros requieren una regulación predeterminada fácil de ajustar, otras en cambio son confiadas a la habilidad del operador que efectúa el ajuste de la máquina.

Los más críticos son: carrera de inyección, velocidad de inyección, tiempo de inyección, presión de sostenimiento de inyección, velocidad del husillo y tiempo del ciclo.

2.6 FUNDAMENTOS DE LA INYECCIÓN

El moldeo por inyección es un proceso discontinuo, mediante el cual un material (polímero termoplástico) es transformado en una pieza. Esta transformación se lleva a cabo por etapas sucesivas de plastificación del material inyectado y moldeo de la pieza, bajo temperatura y presión, dentro de la cavidad del molde donde luego se solidifica en la forma prevista.

El mejor plástico no permite una fabricación rentable óptima, si:

- Es difícil de elaborar
- La máquina no puede adaptarse correctamente por posibilidades insuficientes de mando y relación
- La máquina no ha sido ajustada correctamente
- El proyecto no ha tenido en cuenta la conformación del molde según el material

La máquina óptima constructiva y técnicamente con variadas posibilidades de mando y regulación, así como altos rendimientos, tampoco ofrece al máximo si:

- El molde se ha proyectado demasiado débil
- La temperatura no se controla exactamente
- La marcha y la velocidad del molde no se armonizan con la máquina
- El material es difícil de elaborar
- El material no se ha preparado correctamente (por ejemplo, Precalentamiento)

Un buen molde precisa, sin embargo, tanto una adaptación de la máquina como al material, con respecto a:

- Control de la contracción (longitudinal y transversal al sentido de fluencia)
- Control de la atemperación correcta (ciclo de temperatura, sistema térmico y otros varios)
- Control de la combinación correcta y de los canales
- Adaptación de la máquina, tal como dimensión entre columnas y altura del molde entre altura máxima y mínima de la máquina, recorrido de apertura del molde, posibilidades de amarre (rápido y seguro)
- Posibilidades de combinación de señales a la máquina, por ej, conmutación de la presión de llenado desde el molde. (sensores de presión).

“los valores orientados no deben ser rígidos, se debe recapacitar ante la lógica de los factores que influyen en el material y la pieza debe tenerse en cuenta antes de cada ajuste de la máquina”

En la inyección debe de tenerse en cuenta, que se trata de un proceso, que está influenciado por muchos factores; en primer lugar puede pensarse en la combinación ya indicada de material, molde y máquina. Por ello es importante realizar toda regulación no sólo según tabla sino también recapacitar lógicamente cada valor, con el fin de ver, si dicho valor no está influenciado por otros factores.

Si para un material se da la temperatura del cilindro, el tiempo de permanencia de la masa en el cilindro puede hacer variar considerablemente el valor indicado. Si se aprovecha el volumen máximo de inyección en una reducida parte con largo periodo de parada, entonces la temperatura deberá mantenerse baja, con el fin de no deteriorar térmicamente el material.

Igualmente juega un papel importante el ajuste de las revoluciones del tornillo y de la contra-presión, así como el tamaño del tornillo, en la regulación de la temperatura del cilindro, tales ejemplos pueden ser válidos para el ajuste de todos los valores, por ej., combinando los parámetros para:

- Revoluciones del tornillo, material, tamaño del tornillo, longitud del tornillo, presión, temperatura del cilindro, tiempo de ciclo.
- Contra-presión, material, tornillo, potencia de plastificación, velocidad de inyección, material, temperatura del cilindro, bebedero, canales de distribución, conformidad de la pieza, superficie de la pieza, fuerza de cierre, etc.
- Presión de inyección, calidad de la pieza, proceso de enfriamiento en el molde, formación de la presión, etc.

“solo una óptima plastificación del material puede ofrecer piezas de buena calidad”

El material plástico debe fundirse de tal forma que se encuentre en estado termoplástico amorfo. Un aprovechamiento del cilindro por debajo del 10% resulta en un tiempo demasiado largo de permanencia del material, por lo que pueden producirse deterioros en materiales térmicamente sensibles.

Debe tenerse en cuenta, que no solo el calor de las bandas calefactoras ayudan a fundir a los plásticos, sino también el calor de la fricción (velocidad periférica, contrapresión). La potencia

necesaria de plastificación depende en gran parte del ciclo, ya que la permanencia del plástico en el cilindro (paso del material) es decisiva para la absorción de calor.

“Para un llenado y conformado cuidadoso de la pieza, debe elegirse la velocidad correcta de inyección”

a). Velocidad Elevada

- Para alcanzar un corto tiempo de inyección
- Para llenar el molde en todas sus partes con una fusión de igual viscosidad y así mantener al mínimo las tensiones internas de la pieza
- Para obtener una estructura cristalina uniforme
- Para mantener baja la fuerza de cierre

b). Velocidad Baja

- Para lograr una buena superficie de la pieza
- Para no fundir la masa demasiado en las aristas de la pieza, en los cambios del sentido de la fluencia y en las variaciones del espesor de pared
- Para no romper películas ya enfriadas
- Para no calentar demasiado el punto de inyección
- Para el llenado suave de las piezas de gran espesor

Cada cavidad del molde deberá llenarse en sentido de la fluencia, con el fin de evitar la formación de marcas y soldaduras en frío, y eligiendo la velocidad correcta.

La pieza deberá compactarse correctamente. Para ello debe elegirse la presión necesaria, es decir, lo suficientemente alta y lo más baja posible.

Una presión elevada y prolongada de pos-presión no es recomendada cuando la masa del bebedero o el canal de estrangulamiento ya se han solidificado.

“Debe tenerse en cuenta también el control del molde, puesto que en este se desarrolla la pieza”

Para la calidad de la pieza es igualmente importante la temperatura correcta del molde como la regulación de la máquina. Debe atemperarse el molde de tal forma que cada zona de la pieza se enfríe correctamente al mismo tiempo.

Debe elegirse la temperatura del molde de acuerdo con el material a transformar. Si es preciso interrumpir el ciclo, debe cortarse también la atemperación, con el fin de evitar que la temperatura del molde descienda demasiado.

Piezas móviles del molde, como mordazas, correderas o núcleos giratorios deben lubricarse periódicamente con algunas gotas de aceite.

Un molde calcificado reacciona deficientemente a la temperación, la disipación de calor es menor y los diámetros de los agujeros se reducen.

Cada pieza debe solidificarse en dirección al bebedero, con el fin de que la presión de remanencia pueda actuar hasta la última fase, para compensar la contracción. Por eso debe inyectarse en las zonas más gruesas o aplicarse la temperatura del molde con gran cuidado sobre la pieza.

Debe procurarse, que también en una máquina semiautomática se logre un ciclo uniforme. Toda interrupción del ciclo produce variaciones en la calidad de la inyección. Solo después de muchos ciclos se vuelven a obtener la calidad exigida.

También en las máquinas inyectoras es importante la armonía de los movimientos. Paradas bruscas de las unidades de cierre o inyección, choques duros entre las partes del molde, golpes de los elementos hidráulicos, cambios extremos de la velocidad, deben evitarse siempre para no desgastar innecesariamente la máquina y el molde.

Nunca debe aplicarse la máxima potencia o la máxima velocidad al empezar a trabajar la máquina; siempre hay que empezar por los valores mínimos, seleccionando gradualmente a los valores exigidos.

Se debe engrasar el molde y la máquina durante algunos minutos. Un spray o un detergente ahorran muchas veces las horas de mantenimiento.

El molde debe colocarse correctamente en la máquina, pero no sobre la máquina. Herramientas, como destornilladores, llaves y otras, no deben colocarse sobre la máquina, por eso hay que cubrir la tolva siempre con tapa. Debe abrirse los sacos de material de plástico solo antes de usarlos y no deben permanecer abiertos.

Un factor para la calidad de la pieza es también la limpieza del cilindro de plastificación. Cuando en las partes calientes del cilindro, alrededor de la boquilla o debajo de la máquina se encuentra más granulado que en la tolva, se debe remediar con limpieza. También los materiales termoplásticos recuperados pueden transformarse de nuevo, siempre y cuando se conserven limpios y no sean muy procesados. [2]

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 DATOS BÁSICOS DE LA MAQUINA DE INYECCION DE PLASTICO UBICADA EN EL TALLER DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.

Máquina de inyección de plástico HB 200/45

La máquina de inyección de plástico que está dispuesta en el taller de máquinas herramientas de la facultad de Mecánica es la de referencia HB 200/45 de origen Brasileiro, la cual es de marca BATTENFELD con una capacidad de inyección de hasta 39,6 cm³, con una fuerza de cierre máxima de 200 KN y un diámetro de husillo de 25 mm.

TABLA 2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA INYECTORA DE PLÁSTICO HB 200/45

Característica	Dimensión
Diámetro del husillo	25 mm
Presión máxima de inyección	1485 bar
Volumen teórico de inyección	30.4 cm ³
Capacidad máxima de inyección (PS)	27.7 gr
Capacidad máxima de inyección (PE)	21.6 gr
Capacidad de plastificación (PS)	8 gr/s
Relación L/D del husillo	16
Carrera del husillo	62 mm
Revoluciones del husillo	0-300 rpm
Fuerza de apriete de la boquilla	54 KN
Carrera de la boquilla	150 mm
Número de zonas de calefacción	2+boquilla
Fuerza de cierre máxima	200 KN
Fuerza de abertura	49 KN
Dimensiones de los platos	400x250 mm
Distancia libre entre barras	220 mm
Diámetro de las 4 barras	50 mm
Altura del molde mínima - máxima	125-250 mm
Abertura máxima entre platos	450 mm
Carrera de abertura (altura máxima del molde)	200 mm
Fuerza del eyector	17.3 KN
Carrera del eyector	100 mm
Golpes en vacío (Norma Euromap)	42 L/min
Potencia de accionamiento de la bomba hidráulica	10 KW
Potencia del motor de plastificación	4.5 KW

Potencia de Calefacción	2.4 KW
Consumo de agua para enfriamiento	1300 L/h
Volumen del tanque de aceite hidráulico	80 L
Volumen de la tolva	27 L
Dimensiones generales	2.66x1.188x1.5 9 m
Peso	1200 kg

Fuente: [4]

Esta máquina se compone de varios sistemas y elementos que se deben tener en cuenta a la hora de realizar el mantenimiento a saber:

- Sistema de Refrigeración
- Sistema de Inyección
- Sistema Hidráulico
- Sistema Eléctrico
- Molde
- Componentes electrónicos
- Computador para manejo automático

Cada uno de estos sistemas que componen la máquina inyectora contienen piezas y elementos que requieren de un mantenimiento, éste se realiza con una planificación y conocimiento detallado de cada componente. Este mantenimiento permitirá al operario (Estudiante, docente, terceros, etc.) tener una visión clara del entorno donde se esté trabajando y entrar en detalle sobre el funcionamiento correcto de la máquina inyectora, minimizando así fallas futuras y accidentes laborales.

3.2 PUESTA A PUNTO

Una vez puesta en marcha el proyecto se tiene una visión general de este tipo de máquinas inyectoras de plástico, uno de los grandes problemas en la etapa inicial es la rusticidad y edad de la máquina a abordar; donde se encuentra que la electrónica implementada es la original, la cual es muy antigua y tiene fallas por un mal manejo y olvido de la misma. La tarjeta que envía las señales de tensión para las válvulas se encontraba obsoleta, lo cual impedía el funcionamiento correcto de la inyectora, obligando al grupo de investigación a ir en busca de soluciones para dar continuidad al proyecto. Con la ayuda del egresado de la Universidad Tecnológica de Pereira Edwin Andrés Hernández se buscó dar solución al problema implementando una tarjeta totalmente renovada, en la que se implementa un circuito que permite una buena disipación de calor y el correcto funcionamiento con SKADA, logrando una manipulación manual o automática de la inyectora, todo esto logrado gracias a las correcciones que se hicieron en la programación de trabajos anteriores que documentan la adecuación de los componentes tecnológicos de la misma.

3.2.1 ACONDICIONAMIENTO INICIAL

Para la puesta a punto de la inyectora se debe indagar y entrar en profundidad sobre dónde se va a trabajar, con qué elementos se cuentan y algunos interrogantes sobre la pieza, el molde, la máquina y el material a tratar. Todo esto permite encaminar las tareas de una forma más organizada previendo futuros problemas y dar solución con más facilidad a los que se puedan presentar.

PIEZA: ¿Se han fabricado piezas de este tipo? ¿En qué máquinas se han hecho? ¿Qué experiencias hay? ¿Cuál es el peso y dimensiones de la pieza? ¿Se necesitan instrumentos de medición especiales? ¿Cuántas piezas se necesitan? ¿Con qué tiempo se cuenta?

MOLDE: ¿Dónde se guarda el molde? ¿Cómo se puede transportar? ¿Con qué elementos de sujeción se cuentan? ¿Tiene las medidas de la máquina, distancias y centros?

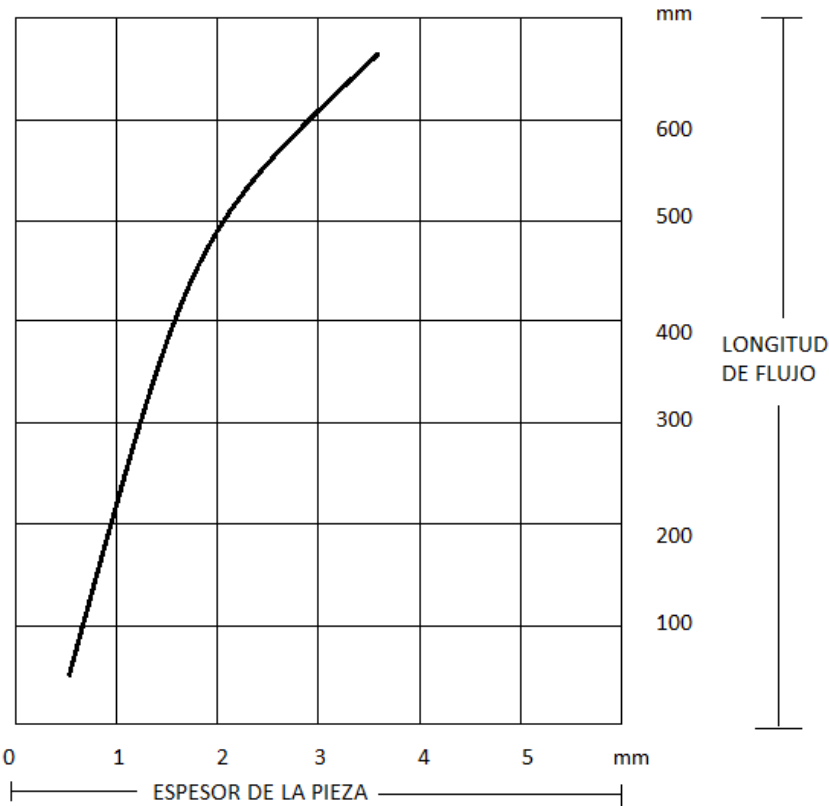
MÁQUINA: ¿Está disponible la máquina? ¿Está la máquina en orden, sin fallos, lubricada, limpia? ¿Las conexiones y alimentación eléctrica están bien? ¿La unidad de inyección se encuentra bien?

MATERIAL: ¿Dónde se almacena el material? ¿Hay que secar el material? ¿El material tiene elementos extraños?

3.2.2 Acondicionamiento Posterior (si se requiere)

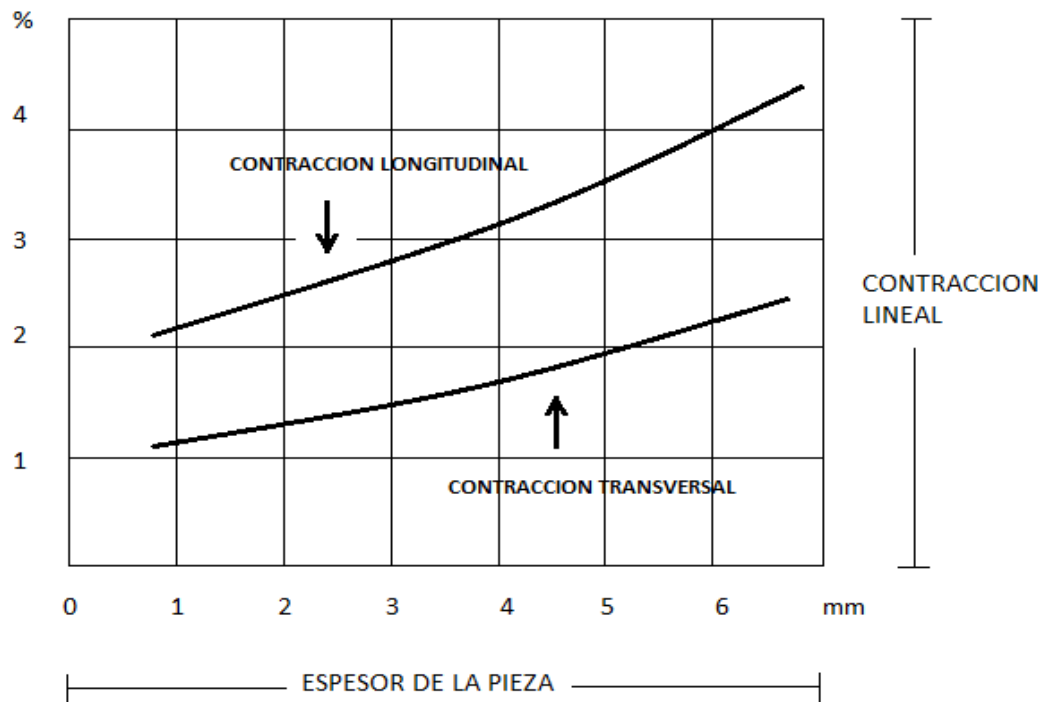
La longitud de flujo y el valor de contracción dependen de las condiciones de moldeo y del grado de viscosidad del material fundido.

FIGURA 1. LONGITUD DE FLUJO VS ESPESOR DE LA PIEZA:



Fuente: [1]

FIGURA 2. CONTRACCIÓN LINEAL VS ESPESOR DE LA PIEZA



Fuente: [1]

NORMAS PARA MOLDEO DE TERMOPLÁSTICOS

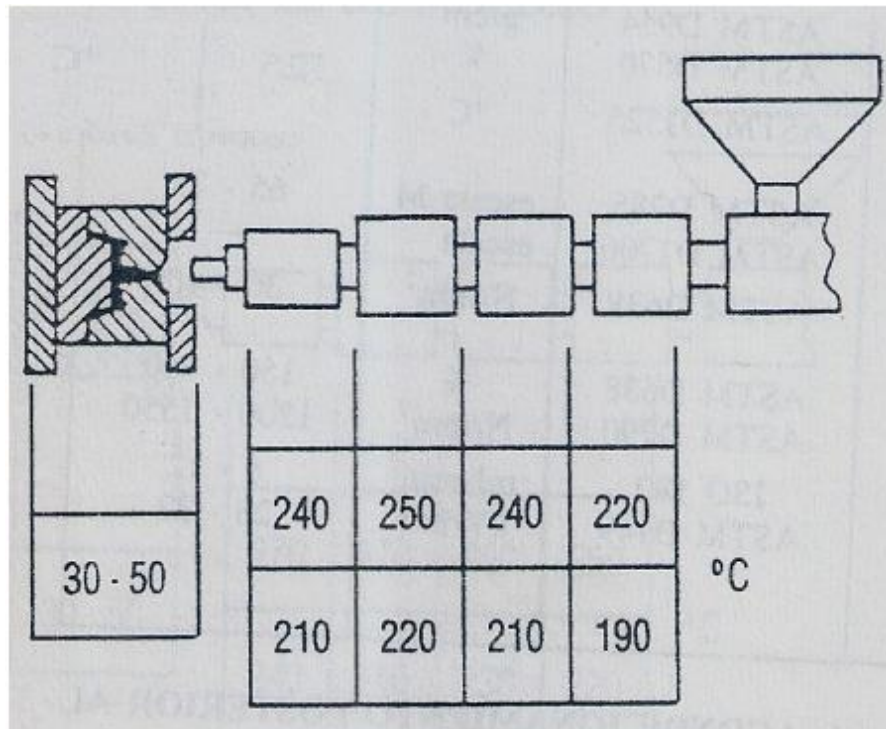
- **Viscosidad del material fundido**
Depende del grado (índice de fluidez).
- **Temperatura de fusión**
 $T=130^{\circ}\text{C}$
- **Contracción por moldeo lineal**
1.5 - 4%
- **Contracción posterior de moldeo**
0.6 - 1.2%

CONDICIONES DE MOLDEO

- **Temperaturas**

La temperatura en el cilindro de plastificación deberá reducirse si se interrumpe temporalmente el ciclo de moldeo.

FIGURA 3. Valores de temperatura en las etapas del husillo para PEAD



Fuente: [1]

- **Presiones**

Presión de inyección

Primera presión = 800 - 1200 bar

Presión de sostenimiento

Segunda presión = 400 - 600 bar

Contrapresión

Contrapresión del husillo durante la plastificación = 80 - 120 bar

- **Velocidades y tiempos**

Las velocidades y los tiempos de inyección, así como las temperaturas y las presiones, deben fijarse en la máquina en función de las características (tiempo/grado) del material utilizado, con la complejidad de la pieza moldeada y el tipo de moldeo (sistema de alimentación).

- **Cambio de material y limpieza del cilindro de plastificación**

Al término de la producción, la tolva debe descargarse y continuar el ciclo de moldeo hasta que el material se termine por completo.

Una vez vacío el cilindro no es necesario “purgarlo”, pues sería una operación inútil.

La limpieza de la boquilla y otros componentes del cilindro puede efectuarse con tricloroetileno (60 - 70) °C. Los residuos pueden retirarse con cepillo de alambre.

3.3 MANTENIMIENTO PREVIO A LA PUESTA EN MARCHA DE LA MÁQUINA

Como actividades de mantenimiento se llevaron a cabo las siguientes actividades:

3.3.1 Limpieza superficial de la inyectora

Se hace una limpieza general en la parte externa de la máquina inyectora, la labor se hace con ayuda de un limpión y cloro para facilitar el retiro de partículas grasosas y de polvo.

3.3.2 Limpieza de la torre de enfriamiento.

Para la limpieza se hizo necesario desmontar las secciones de la torre una a una, se utilizaron agua, jabón y un cepillo. En esta actividad se encontró que la torre tenía residuos sólidos debido a que está a la intemperie y ha estado parada por un tiempo considerable, encontrando hojas, palos, residuos de plástico e inclusive insectos y animales pequeños como lagartijas. Es vital tener presente dentro de las actividades periódicas de mantenimiento una limpieza general de la torre, ya que esta se encarga de refrigerar el agua de enfriamiento y debe permanecer en condiciones óptimas.

FIGURA 4. TORRE DE ENFRIAMIENTO



Fuente: [6]

FIGURA 5. VENTILADOR DE TORRE DE ENFRIAMIENTO



Fuente: [6]

3.3.3 Adecuación de chapas para proteger los sistemas electrónicos, de moldeo y espacios para guardar herramientas.

FIGURA 6. CHAPA DE SEGURIDAD DE MANDO DE CONTROLES



Fuente: [6]

3.3.4 Revisión de sistema de alimentación de energía eléctrica y sus distintas conexiones

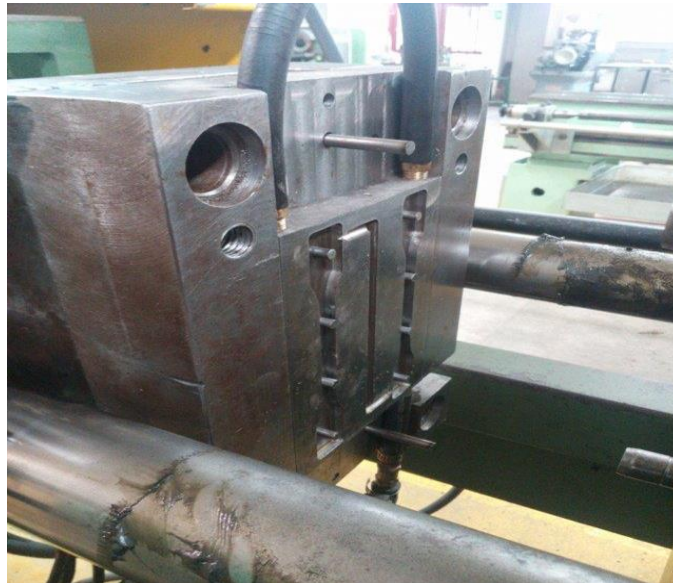
FIGURA 7. COMANDOS DE CONTROL ELÉCTRICO.



Fuente: [6]

3.3.5 Puesta a punto de uno de los moldes suministrados y rectificación de los expulsores

FIGURA 8. MOLDE EN FORMA DE PROBETA Y EXPULSORES.



Fuente: [6]

3.3.6 Cambio de aceite hidráulico

Se usa aceite lubricante de la marca Gulf Harmony 68A.W, el cual permite un correcto funcionamiento del sistema hidráulico de la máquina cumpliendo con las exigencias de la misma.

Descripción del aceite lubricante Gulf Harmony 68 A.W.

Gulf Harmony A.W. es un lubricante hidráulico con propiedades antidesgaste, para su formulación se emplean bases minerales de excelente calidad y un paquete de aditivos balanceado químicamente que provee excelentes propiedades antidesgaste que disminuyen los costos de mantenimiento, antioxidantes que aumentan la vida útil del lubricante en condiciones normales de operación y de limpieza, antiherrumbre que aumentan la protección de las piezas por el ataque de agua y aire, y óptimas características de separación de agua y control de la espuma generada al interior del sistema.

Gulf Harmony A.W. es aprobado para su aplicación en las siguientes marcas de equipos hidráulicos, Hagglunds Dennison, Hino Motors, Ashok Leyland, Eicher Tractors, Mannesman Rexroth, Macniel Engineering, Sulzer, Kirlosar Pneumatics, Voltas, Escorts Daewoo, Swaraj Combines, Samsung excavators, Indital Construction Machinery, Yuken, Tico Machines, Lokesh Machines, Alfa Laval, Bharat Fritz Warner, LMW, Revithi Ltd., UT Ltd., NQECM (China), Macniel Engineering, Cincinnati Milacron etc. [5]

Características y Beneficios

- Excelente protección anti desgaste
- , reduciendo paradas y costos de mantenimiento.
- Buena resistencia a la oxidación, que permite tener en servicio más tiempo el lubricante.
- Óptima protección contra la corrosión y la herrumbre, reduciendo los daños causados por el agua y aire que ingresan al sistema.
- Resistencia a la emulsión con agua y formación de espuma, con esto se reduce la formación de lodos y depósitos, estas características mejoran la lubricidad y funcionamiento del sistema.

- Buen control de aire que se forma al interior de la película lubricante, evitando la implosión de burbujas al interior del sistema.
- Es un lubricante de alto rango de operaciones que puede cumplir con amplio margen de operaciones, esto contribuye a disminuir los costos de inventarios.

Aplicaciones.

- Los lubricantes Gulf Harmony A.W. son recomendados para todas las aplicaciones industriales que requieren el nivel de calidad antidesgaste.
- Se recomienda su uso en sistemas hidráulicos que operan con bombas de paletas, de engranajes, de pistón y en motores hidráulicos.
- En mandos finales y actuadores que operan con fluido hidráulico.
- Sistemas hidráulicos de circulación que requieren protección antidesgaste.

TABLA 3: PROPIEDADES TÍPICAS DEL PEAD

Parámetro	Método ASTM	10	15	22	32	37	46	68
Viscosidad @ 40°C, cSt	D-445	10,1	15.1	22.2	31,2	37,1	45,9	68,3
Índice de Viscosidad	D-2270	97	97	98	100	100	100	99
Punto de inflamación, °C	D-92	136	164	186	202	208	210	218
Punto de congelación, °C	D-97	-30	-24	-24	-24	-24	-24	-24
Densidad @ 15°C, Kg/l	D 1298	0.847	0.858	0.87	0.87	0.87	0.874	0.881
Prevención a la herrumbre, agua destilada	D 665A/B	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
Tiempo de separación de la Emulsión, 30 minutos max.	D-1401	@ 54°C	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
		@ 82°C	-	-	-	-	-	-
Ensayo de espuma. Espuma después de 10 minutos de reposo para todas las secuencias	D 892	0	0	0	0	0	0	0
Prueba de Estabilidad, hrs	D-943	3000 +		4500+	5000+			
FZG, Falla etapa de carga, min	DIN 51354 Part II	-	-	-	11	11	11	11
Numero ácido T.A.N, mgKOH/g	D-664	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Estabilidad a la oxidación por RBOT	D-2272	125	125	125	125	125	125	125

Fuente: [2]

TABLA 4: PROPIEDADES TÍPICAS DEL PEAD

Parámetro	Método ASTM	100	150	220	320	460
Viscosidad @ 40°C, cSt	D-445	98,3	148,9	221	321,1	467
Índice de Viscosidad	D-2270	97	96	96	95	95
Punto de inflamación, °C	D-92	230	246	256	266	280
Punto de congelación, °C	D-97	-12	-9	-6	-6	-3
Densidad @ 15°C, Kg/l	D 1298	0.886	0.89	0.894	0.898	0.902
Prevención a la herrumbre, agua destilada	D 665A/B	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
Tiempo de separación de la emulsión, 30 Minutos max. @ 82°C	D-1401	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
Ensayo de espuma. Espuma después de 10 minutos de reposo para todas las secuencias	D 892	0	0	0	0	0
Prueba de Estabilidad, hrs	D-943	4000+	1500+	1000+		
FZG, Falla etapa de carga, min	DIN 51354 Part II	11	11	11	11	11
Numero ácido T.A.N, mgKOH/g	D-664	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Estabilidad a la oxidación por RBOT	D-2272	125	125	125	125	125

Fuente: [2]

3.3.7 Cambio de mangueras del sistema de refrigeración

Se cambiaron dos tipos de mangueras de caucho que alimentan el refrigerante entre la máquina y la tubería que conecta al sistema de refrigeración, dispuestas así:

- 5 mangueras de 3/8 de 300 psi
- 2 mangueras 1/2 de 300 psi



Fuente [6]

3.3.8 Revisión de boquilla de inyección

Se verificó la boquilla de inyección, hallando residuos de polietileno que taponan el paso de material y se procedió a retirar estos con una varilla de cobre para no deteriorar la forma interna de la boquilla, todo con el fin de evitar rebabas y deformaciones al momento de inyectar el material.

3.3.9 Engrase de cilindros guías

Se engrasaron los cilindros guías para permitir una buena lubricación, se utilizó grasa OKS 400.

FIGURA 9. GUÍAS DE ABERTURA Y CIERRE DEL MOLDE



FIGURA 10. GRASA MULTIPROPÓSITO



Este tipo de grasa cuenta con especificaciones técnicas, aplicaciones y beneficios según el fabricante.

Datos Técnicos

- Color negro
- MoS_2 (Disulfuro de Molibdeno: Relativamente no reactivo, no es afectado por ácidos diluidos ni por el oxígeno. Buenas propiedades de lubricación debido a su baja fricción y solidez)
- Aceite mineral
- Jabón de litio
- Temperatura de aplicación (-30 a 120 °C)

Aplicaciones

- Para rodamientos y cojinetes de fricción, husillos y articulaciones sometidos a grandes impactos o cargas.
- Formación de una película deslizante de MoS_2 para conferir propiedades para la marcha en seco.

- Reduce el desgaste
- Estable frente al envejecimiento y la oxidación
- Grasa de alta presión aplicada universalmente

Beneficios

- Provee lubricación de emergencia para partes de maquinaria sometidas a grandes cargas
- Economía por aumento de intervalos de lubricación
- Ahorro de dinero por reducción de costos de mantenimiento
- Reducción de tiempos muertos y trabajos de reparación debido a la reducción del desgaste

Fuente [7]

3.3.10 Aplicación de líquido protector de molde

FIGURA 11. LÍQUIDO PROTECTOR DE MOLDE



El líquido protector para moldes es uno de elementos que ayuda a conservar y mantener la forma de los moldes, usándose principalmente para eliminar sustancias que produzcan corrosión. Según datos del fabricante el líquido ofrece una protección de hasta 20 días contra oxido a temperaturas de hasta 120°F y 100% de humedad, con una película que es suave, seca, cerosa con espesor de solo 0.0003".

El líquido debe usarse cuando se disponga a parar la máquina, en intervalos de 10 a 15 días.

3.3.11 Ajustes en el Software que automatiza la inyección.

El software para el manejo automático de la máquina presentaba problemas de funcionamiento, donde se hicieron modificaciones a saber:

Se modificó la operación que ejecuta el sostenimiento de presión que cierra el molde, ya que dicha operación cuando se estaba inyectando en la máquina no se ejecutaba. Este mal funcionamiento de la tarjeta al momento de la inyección, podría ocasionar que se venza la fuerza en el sostenimiento del molde y éste tender a abrirse.

También se crearon unas líneas de programación para un sensor de purga, el cual evita el exceso de material fundido en la tobera de la boquilla del inyector, esto se hace ubicando la posición del sensor cuando el sistema retorna a la parte de inyección.

3.3.12 Fabricación de seguro del conjunto de protección del molde

Se fabrica un seguro con acero galvanizado, el cual tiene forma de cilindro. Se ranura el cilindro, el cual permite que no se abra el cabezal de acrílico que protege el molde contra posibles partículas extrañas y brinda seguridad al momento de operar la máquina.

3.3.13 Cambio de tapas de acrílico

Con el fin de garantizar que el proyecto sea didáctico, se rediseña las cubiertas d acrílico con el fin de mejorar la visibilidad de los procesos de inyección.



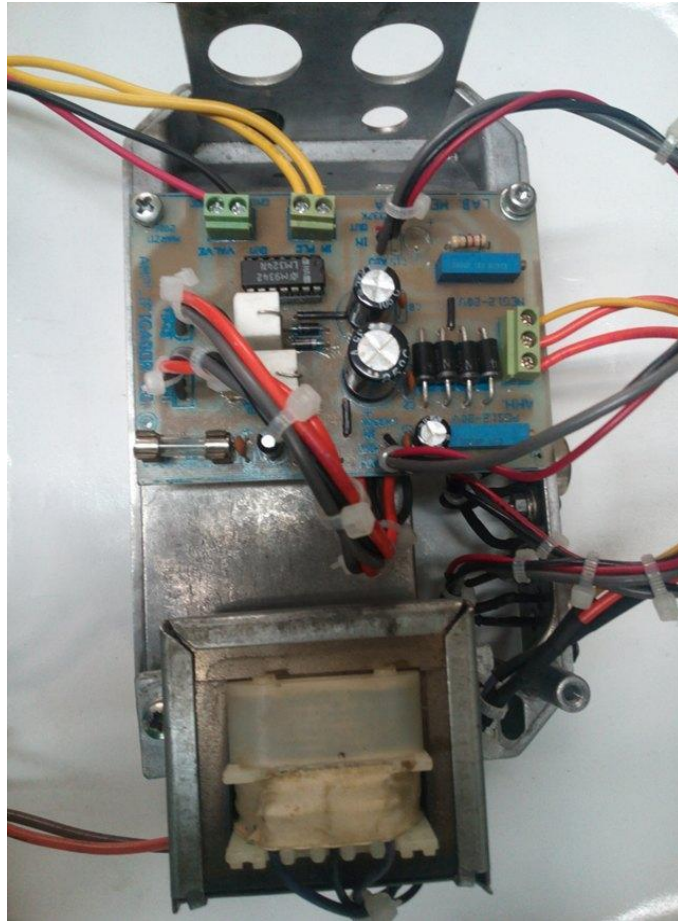
Fuente [6]



Fuente [6]

3.3.14 Cambio de tarjeta de control

FIGURA 12. TARJETA DE CONTROL



Se realiza el diseño de una tarjeta amplificadora de corriente basado en el principio del amplificador tipo AB con algunas modificaciones, la cual mantiene el mismo nivel de tensión, es decir el valor de entrada entre 0 y 10v entregado por el PLC amplificando el valor de la corriente con la ayuda de unas fuentes que se acondicionaron dentro del circuito para proveer esa capacidad de corriente.

El sistema maneja una válvula proporcional de 0 a 10v, la cual controla la presión del sistema; esta válvula supera los 2A y el modulo actual trabaja a 800 mA.

Antes de entrar a este amplificador, se pasa la señal que entrega el PLC de 0 a 10v por un seguidor de tensión para aislar un circuito del otro para tener diferentes impedancias, ya con esto queda aislado y se trabaja con el circuito con la ayuda de unos transistores para manejar corriente y estos a su vez manejan la electroválvula proporcional del sistema.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Es importante realizar un buen mantenimiento periódico de la máquina inyectora de plástico para garantizar su buen funcionamiento, precisando mantener la vida útil de la máquina y cada uno de sus componentes.
- Conocer el funcionamiento y establecer un manejo responsable de la máquina inyectora de plástico, garantiza la seguridad del operario, conserva los elementos que se puedan afectar durante el proceso de inyección y brinda un buen resultado de las piezas.
- Es vital entender que cada uno de los sistemas que hacen parte de la inyección en la máquina son fundamentales para que el proceso sea óptimo, es por esto conveniente realizar inspecciones visuales antes, durante y después de que se ha energizado la máquina.
- Los sistemas automatizados tienen grandes ventajas en la producción de piezas en serie, pero se debe tener muy claro el material con el que se está trabajando para así enfocar la cantidad de los parámetros que tendrán importancia en el proceso, como son: la temperatura de inyección, número de piezas por molde, número de ciclos, tensión de los motores y variables de tiempo.
- Hacer caso a las normas básicas de seguridad y usar los elementos de protección minimizará los riesgos al momento de operar la máquina inyectora, evitando accidentes e incidentes en la fabricación de piezas.
- El buen acabado de las piezas inyectadas dependerá en gran medida de las condiciones del molde, es por esto, que se deberán utilizar productos que contribuyan a mantener en armonía la relación entre el molde y la expulsión de las piezas terminadas.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] CACCHI PESSANI, Franco; BODINI, Giami, “Moldes y Máquinas de Inyección para la transformación de plásticos”, II Edición, Milán: NEGRI BOSSI S.p.a 1987

[2] PLASTICOS SONORA. “Polietileno de Alta Densidad”. [En línea].<<http://www.plasticossonora.com/productos.html#altadensidad>>[citado en 20 de abril de 2017]

[3] ZULUAGA VELEZ, Christian Danilo; CHARA SEPULVEDA, Luis Fernando, “CARACTERIZACION DE LA INYECTORA DE PLASTICO DEL LABORATORIO DE MECANICA”, PEREIRA 2009.

[4] HB200/45, *Catálogo de la maquina inyectora*

[5] GULF OIL INTERNATIONAL. “Aceite Lubricante para sistemas Hidráulicos”. [En línea].<<http://lubricantesgulf.com/downloads/productos/HIDRAULICOS/1/Gulf%20A.W..pdf>>.[Citado el 12 de Diciembre de 2016]

[6] Universidad Tecnológica de Pereira, *Taller de Mecánica*.

[7] <http://www.molytec.com/OKS.php?categoria=GRASAS&marca=OKS>

Citado el 2 de mayo de 2017.