

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE GUANAJUATO



REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS Y DESPERDICIOS EN LOS MOLDES DE INYECCIÓN

Opción 2: Titulación Integral – Tesis profesional

Elaborada por:

Alejandro Guzmán Herrera

Que presenta para obtener el título de:

INGENIERO EN SISTEMAS AUTOMOTRICES

Asesor:

M.T.W. David Morales Orozco

“Reducción de tiempos muertos y desperdicios en los moldes de inyección”

Elaborada por:

Alejandro Guzmán Herrera

Aprobado por.....M.T.W. David Morales Orozco
Docente de la carrera de Ingeniería en Sistemas Automotrices
Asesor de la opción de titulación

Revisado por.....
M.C. Mariano Braulio Sanchez
Docente de la carrera de Ingeniería en Sistemas Automotrices
Revisor de la opción de titulación

Revisado por.....
M.C. Pedro Durán Resendiz
Docente de la carrera de Ingeniería en Sistemas Automotrices
Revisor de la opción de titulación



LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Uriangato, Gto., 07/noviembre/2022

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral

Ing. J. Trinidad Tapia Cruz
Director Académico y de Estudios Profesionales
ITSUR
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre de estudiante y/o egresado(a): Alejandro Guzmán Herrera	
Carrera: Ingeniería en Sistemas Automotrices	Núm. de control: T17120116
Nombre del proyecto: Reducción de tiempos muertos y desperdicios en los moldes de inyección	
Producto: Tesis Profesional	



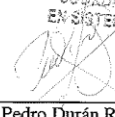

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestras y nuestros egresados.

ATENTAMENTE


 M.C. Mariano Braulio Sánchez
 Coordinador de Ingeniería en Sistemas Automotrices
 ITSUR



La comisión revisora ha tenido a bien aprobar la reproducción de este trabajo.

		 
M.T.W David Morales Orozco Asesor de la Tesis Profesional	M.C. Mariano Braulio Sánchez Revisor de la Tesis Profesional	M.C. Pedro Durán Reséndiz Revisor de la Tesis Profesional

c.c.p.- Expediente

Julio 2017



Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato
División de Ingeniería en Sistemas Automotrices

DEPARTAMENTO ACADEMICO	CLAVE:11EIT0002E ISA-EGR-2022/40
---------------------------	-------------------------------------

Uriangato, Guanajuato, **07/noviembre/2022**

Asunto: Aprobación de impresión de trabajo profesional

C. ALEJANDRO GUZMÁN HERRERA

PRESENTE:

Por medio de este conducto, le comunico a usted que después de haber sido revisado su trabajo bajo la cual se derivó la Monografía Titulada:

“ Reducción de tiempos muertos y desperdicios en los moldes de inyección”

La comisión revisora, ha tenido a bien aprobar la impresión de este trabajo.

ATENTAMENTE

*"Excelencia en Educación Tecnológica".
Tecnología y Calidad para la Vida"*

M.C Mariano Braulio Sánchez

Jefe de División de Ingeniería en Sistemas Automotrices



Instituto Tecnológico Superior
del Sur de Guanajuato
COORDINACIÓN INGENIERÍA
EN SISTEMAS AUTOMOTRICES

C.c.p Unidad de Servicios Escolares

C.c.p Coordinación de Ingeniería en Sistemas Automotrices



Ave. Educación Superior No. 2000, Col. Benito Juárez, Uriangato, Guanajuato,

C.P. 38980

Tels. (445) 45 7 74 68 al 71 Ext. *116, e-mail: promocion@itsur.edu.mx

tecnm.mx | itsur.edu.mx



2022 Flores
Año de
Magón
PROFESOR DE LA RED NACIONAL

Reducción de tiempos muertos y desperdicios en los moldes de inyección

Resumen:

El presente informe abarcó una investigación acerca del proceso de inyección de plástico para posteriormente introducir a los moldes de inyección, tópicos de gran importancia para entender cómo influye la máquina y el propio ciclo de inyección en el desgaste de los moldes y analizar desde la raíz la problemática en el área de moldes de inyección con el incumplimiento de los indicadores de productividad. Se aplicó como metodología el ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar) el cual mediante el uso de distintas técnicas, como la estratificación y el diagrama de Pareto, permitió encontrar las causas que originan las pérdidas de tiempo las cuales estaban relacionadas con la falta de estandarización para realizar las actividades de reparación y la falta de experiencia del personal para realizar algunas de ellas ya que en el área se cuenta únicamente con un especialista para cada una de las reparaciones por lo que los demás integrantes únicamente tienen las bases para realizar dicha reparación.

Se estandarizó un método de trabajo mediante un manual que indica cómo realizar un proceso de pulido la cual es una de las actividades que se realiza de manera más frecuente en los moldes, sin embargo, en la cual gran parte del personal tenía poco conocimiento y experiencia para realizar en tiempo y forma.

Palabras claves:

Tiempos muertos, Estandarizar, Moldes de inyección, Ciclo PHVA, Hoja de registro, Manual, Pulido.

Abstract:

The following report covered an investigation about the plastic injection process to subsequently introduce to the injection molds, topics of great importance to understand how it influences the machine and the injection cycle itself in the tear of the molds, and analysis from the root of the problematic in the injection mold área with non-compliance with productivity indicators.

The PDVA cycle (Plan, Do, Verify and Act) was applied as a methodology which through the use of different techniques, such as stratification and the Pareto chart, allowed us to find the causes that originated the losses of time which were related to the lack of standardization to carry out the repair activities and lack of experience of the personnel to carry out some of them since in the area there is only one specialist for each of the repairs is why the other members-only have the bases to carry out said repair.

A working method was standardized through a manual that indicates how to perform a polishing process which is one of the activities that is most frequently performed on molds, however, in which a large part of the staff had little knowledge and experience to perform in time and form.

Keywords:

Dead times, Standardize, Injection molds, PHVA cycle, Registration sheet, Manual, Polished

Agradecimientos:

Al ingeniero Ricardo Olguín Ugalde ejemplo de líder y tutor, le agradezco muchísimo el haberme dado la oportunidad de formar parte de su equipo, por confiar en mí y abrirme las puertas.

Al M.T.W. David Morales Orozco por su tutoría, consejos y disponibilidad para ayudarme siempre que surgieron dudas para el desarrollo del presente proyecto.

Al ingeniero Edgar Pacheco por compartir sus conocimientos y consejos dentro del área, por permitirme desarrollar mis habilidades dentro del área al involucrarme en las distintas actividades dentro de la misma y por ser un buen compañero y excelente amigo durante mi estadía.

Al futuro ingeniero Armando por su gran apoyo en más de una ocasión para la aplicación de distintos conocimientos en el presente proyecto.

Dedicatoria:

El presente informe de residencias lo dedico a mis padres que me brindaron apoyo a lo largo de todas y cada una de mis etapas educativas hasta llegar al día de hoy en donde realice mis residencias profesionales, siempre educándome con un gran sentido de responsabilidad y honestidad en el ámbito estudiantil, laboral y familiar para ser un hombre de bien. Siempre les agradeceré cada uno de los consejos y palabras de aliento que me brindaron cuando lo necesité, este y cada uno de mis logros son para ellos.

Alejandro Guzmán Herrera.

Índice general

Índice de figuras	10
Índice de tablas	13
Capítulo 1	14
Capítulo 2	16
Capítulo 3	59
Capítulo 4	61
Capítulo 5	62
Capítulo 6	96
Capítulo 7	111
Capítulo 8	123
Referencias bibliográficas	126
Anexos	128

Tabla de contenido

Índice de figuras	10
Índice de tablas	13
Capítulo 1	14
Introducción.	14
Capítulo 2.....	16
Marco teórico (Antecedentes).....	16
2.1. Los plásticos	16
2.1.1. Termoplásticos	17
2.1.2. Termoestables.....	17
2.1.3. Elastómeros	17
2.2. Codificación de los plásticos	18
2.3. Proceso de inyección	19
2.4. Diagrama termodinámico del proceso de inyección.....	20
2.5. Ciclo de inyección	21
2.6. Tiempos en el ciclo de inyección	25
2.7. La máquina de inyección	27
2.8. Elementos de una máquina de inyección.....	27
2.9. Características básicas en las máquinas de inyección	29
2.9.1. Capacidad de inyección	29
2.9.2. Capacidad de plastificación.....	30
2.9.3. Presión de inyección	30
2.9.4. Velocidad de inyección.....	31
2.9.5. Fuerza de cierre	32
2.10. Moldes de inyección de plástico	32
2.11. Partes de un molde de inyección.....	33
2.12. Clasificación de los moldes de inyección.....	37
2.13. Defectos muy comunes	41
2.13.1. Líneas de soldadura	41
2.13.2. Rechupes	42

2.13.3. Rebaba.....	42
2.13.4. Marcas y deformaciones por la expulsión	43
2.13.5. Delaminación de capas	44
2.13.6. Llenado incompleto del molde.....	44
2.13.7. Pulido no uniforme o piel de naranja	45
2.13.8. Puntos negros/efecto diésel	46
2.14. La eslinga y cáncamo	46
2.15. Mejora continua	48
2.16. El ciclo PHVA.....	50
2.17. Diagrama de Pareto.....	53
2.17.1. Características de un buen diagrama de Pareto	54
2.17.2. Pasos para construir un diagrama de Pareto	55
2.18. Estratificación	56
2.19. Hoja de verificación	57
Capítulo 3.....	59
Planteamiento del problema	59
3.1. Identificación.....	59
3.2. Justificación.	60
3.3. Alcance.	60
Capítulo 4.....	61
Objetivos	61
4.1. Objetivos generales.	61
4.2. Objetivos específicos.	61
Capítulo 5.....	62
Metodología	62
5.1. Metodología de trabajo	62
5.1.1. Autocapacitación	62
5.1.2. Identificar los principales aditamentos para manipular un molde ...	65
5.1.3. Periodo de observación.....	66
5.1.4. Realizar actividades de reparación	66

5.1.4.1.	Modificación de pines en el Core y cavidad	67
5.1.4.2.	Limpieza de protector a molde de nuevo modelo	71
5.1.4.3.	Revisión de placa expulsora	73
5.1.4.4.	Chequeo de sello del molde.....	74
5.1.4.5.	Habilitación de Hot runner y conjunto de válvulas en molde obsoleto	78
5.1.4.6.	Prueba de fuga	81
5.2.	Metodología del proyecto.....	84
5.2.1.	Etapla 1.- Planear	84
5.2.2.	Etapla 2.- Hacer	93
5.2.3.	Etapla 3.- Verificar.....	94
5.2.4.	Etapla 4.- Actuar	94
Capítulo 6.....		96
Resultados		96
6.1.	Resultados de la metodología de trabajo.....	96
6.2.	Resultados de la metodología del proyecto	102
Capítulo 7		111
Análisis de Resultados.....		111
7.1.	Análisis de resultados de las actividades.....	111
7.2.	Análisis de los resultados del proyecto	119
Capítulo 8.....		123
Conclusiones y trabajo a futuro.....		123
8.1.	Conclusión	123
8.2.	Trabajo a futuro.....	124
Competencias desarrolladas y/o aplicadas.....		125
Referencias bibliográficas		126
Anexos		128
Anexo 1		128

Índice de figuras

Figura 1 Códigos de identificación de resinas de plástico. [1]	19
Figura 2 Diagrama P-V-T [2].....	20
Figura 3 Movimiento de cierre de molde [4]	22
Figura 4 Movimiento de apoyo de la unidad de inyección [4]	23
Figura 5 Fase de inyección y postpresión [4].	23
Figura 6 Carrera de dosificación, rotación axial y desplazamiento del husillo [4].	24
Figura 7 Movimiento de retroceso de la unidad de inyección [4]	24
Figura 8 Apertura de molde y extracción de la pieza [4].....	25
Figura 9 Tiempos en el ciclo de inyección [5].....	25
Figura 10 Componentes de una máquina de inyección [3].....	29
Figura 11 Pérdida de presión a través de los distintos puntos del proceso [3].	31
Figura 12 Elementos estructurales de un molde de inyección: (a) Accesorios fundamentales [9].....	33
Figura 13 Elementos estructurales de un molde de inyección: Posicionamiento del conjunto de placas [9]	34
Figura 14 (a) Elementos asociados al sistema de alimentación con colada caliente, (b) esquemas de conexiones boquilla-bebedero más empleados [9]	37
Figura 15 Molde de cavidad única [11].....	38
Figura 16 Molde multicavidad [11].....	38
Figura 17 Molde con mordazas [11].	39
Figura 18 Molde multicavidad de dos placas [11].....	39
Figura 19 Molde de tres placas [11].	40
Figura 20 Molde sándwich [11].....	41
Figura 21 Formación de una línea de soldadura [11].	42
Figura 22 Rechupes [2].	42
Figura 23 Ejemplo de rebaba en pieza moldeada [11].	43
Figura 24 Marcas debido al uso de expulsores [11].	43
Figura 25 Delaminación [4].....	44
Figura 26 Pieza incompleta [11].	45
Figura 27 Pulido no uniforme (Piel naranja) [2].	46
Figura 28 Efecto diésel [11].....	46
Figura 29 Formato norma DIN 580 para los cáncamos [12].....	47
Figura 30 Ejemplo de diagrama de Pareto [14].	53
Figura 31 Diagrama de flujo de la autocalificación (elaboración propia).	63
Figura 32 Máquina volteadora y sus controles	66
Figura 33 Pieza antes de realizar la modificación	67
Figura 34 Cáncamos y eslinga utilizados.	67
Figura 35 Proceso para voltear el molde	68

Figura 36 Pasos para la apertura del molde.....	69
Figura 37 Pasos para voltear la parte macho del molde	69
Figura 38 Pines de la cavidad.	70
Figura 39 Pines del core.....	70
Figura 40 Modificación de los pines del core.....	71
Figura 41 Parte macho y hembra del molde.....	72
Figura 42 Carro lateral retirado del molde.	72
Figura 43 Placa expulsora.....	74
Figura 44 Conexión del molde al sistema hidráulico y su accionamiento.	74
Figura 45 Zonas con rebaba en la pieza.	75
Figura 46 Molde centrado.....	75
Figura 47 Molde dentro de la prensa.....	76
Figura 48 Medición del espesor de la placa base y clamps colocados.	76
Figura 49 Abertura del molde en la prensa.....	77
Figura 50 Cavidad con pintura para verificar sello en zonas con rebaba y otras zonas del molde.	77
Figura 51 Conexión para el termopar y resistencia.	79
Figura 52 Conectores listos y orden del cableado.....	80
Figura 53 Válvulas dañadas.	80
Figura 54 Conexión de mangueras para realizar prueba de fuga.....	81
Figura 55 Llaves de la estructura para el uso del agua, aire y purga.	82
Figura 56 Fuga de agua por conectores en mal estado.	83
Figura 57 Moldes más críticos.....	87
Figura 58 Diagrama de Pareto de las actividades más frecuentes.....	89
Figura 59 Diagrama de Pareto de las causas de las pérdidas de tiempo.....	92
Figura 60 Plan de implementación.	93
Figura 61 Core y cavidad después de la modificación.	97
Figura 62 Parte macho del molde completamente limpia.....	97
Figura 63 Funcionamiento de la placa expulsora.	98
Figura 64 Funcionamiento del sistema expulsor.	98
Figura 65 Capas de cinta masking en zonas con rebaba.....	99
Figura 66 Cableado de hot runner.....	100
Figura 67 Conectores nuevos y controladores para prueba de temperatura del hot runner.....	100
Figura 68 Reemplazo de conectores.....	101
Figura 69 Molde sin presencia de fugas.....	101
Figura 70 Causas de las pérdidas de tiempo.	102
Figura 71 Contenido del manual.....	103
Figura 72 Fragmento de la sección "Herramientas"	104
Figura 73 Fragmento de la sección de "herramientas"	105

Figura 74	Fragmento de la sección "Diagrama de flujo".....	106
Figura 75	Fragmento de la sección "Actividades"	107
Figura 76	Capacitación al personal.	108
Figura 77	Gráfica de registro para "Loss Time"	109
Figura 78	Registro de "Loss Time" promedio por día.	110
Figura 79	Zonas con rebaba.....	115
Figura 80	Zonas de sellado del molde.....	116
Figura 81	Resultado de la prueba de temperatura del hot runner.	117
Figura 82	Llaves de la estructura para el uso del agua, aire y purga.	118
Figura 83	Resultados de Loss Time	120
Figura 84	Resultado de Loss Time promedio por día.....	121
Figura 85	Diagrama de Pareto de las actividades más frecuentes.....	122

Índice de tablas

Tabla 1 Materiales más utilizados por el método de inyección [3]	18
Tabla 2 Tipos de eslingas [12]	47
Tabla 3 Tipos de cáncamos [12]	48
Tabla 4 Ciclo PHVA y 8 pasos en la solución de un problema. [14]	50
Tabla 5 Estratificación por defecto [14]	58
Tabla 6 Target semana 9 -12 y Loss Time.....	84
Tabla 7 Hoja de registro de moldes.	85
Tabla 8 Estratificación moldes más críticos.	86
Tabla 9 Moldes más críticos semana 9.....	88
Tabla 10 Estratificación de las principales actividades.	89
Tabla 11 Estratificación por causas.	91
Tabla 12 Registro de "Loss Time".....	109
Tabla 13 Registro de "Loss Time" promedio por día.....	110

Capítulo 1

Introducción.

El moldeo por inyección es un método para producir piezas de plástico que ha tomado mucha fuerza en los últimos años debido su gran escalabilidad para producir en masa, no obstante, en este proceso intervienen diversas variables como lo son las propiedades del material que se va a utilizar, parámetros de la máquina de inyección, características de la pieza a inyectar y del molde.

En este proceso los moldes son los encargados de dar la forma deseada a la pieza, puede contar con una o múltiples cavidades, tener cierto número de placas, ser de colada fría o colada caliente, etc. El tipo de molde que se implemente dependerá de la pieza que se desea inyectar ya que no se puede decir que un tipo de molde es mejor que otro, simplemente dependerá de la aplicación que se le vaya a dar al molde, siempre y cuando las piezas que sean producidas con dicho molde cumplan las necesidades del cliente.

Sin embargo, como ya se mencionó, el proceso de inyección al permitir un alto volumen de producción significa someter a grandes cantidades de ciclos de inyección a los moldes lo cual genera desgaste en sus elementos. Dicho desgaste puede provocar defectos en las piezas o llevar al límite la vida útil del molde hasta ocasionar una fractura, oxidación o exceso de suciedad lo que implica el tener que realizar reparaciones o mantenimiento. Otros factores que pueden dañar los moldes son los parámetros utilizados en las máquinas de inyección, por ejemplo, al no utilizar la temperatura o presión adecuada la cavidad puede sufrir daños en su acabado, el molde puede producir rebaba en las piezas, etc.

El realizar las reparaciones en los moldes no es una tarea sencilla pues el personal debe estar lo suficientemente capacitado para realizarlas en tiempo y forma para evitar tiempos muertos por moldes que se encuentran parados por falta de reparación. El incumplimiento de los indicadores de productividad relacionados con

las reparaciones en los moldes en el área de moldes de inyección de la planta 2 de Samsung Electronics Digital Appliances es problema que se aborda con el presente informe de residencias, el área se encuentra directamente relacionada con la producción de la planta por lo que el tener los indicadores de productividad en niveles óptimos es de vital importancia, por lo tanto, al analizar el problema se busca encontrar cómo reducir estas pérdidas y desperdicios generados en el área a causa de la gran cantidad tiempo que transcurre para realizar las reparaciones en los moldes.

Capítulo 2

Marco teórico (Antecedentes).

2.1. Los plásticos

De acuerdo a [1] cuando se utiliza el término plástico es para describir el estado el cual puede llegar a alcanzar el material cuando se le aplica un calentamiento y pasa de estar sólido a un estado plástico, cuando pasa esto el material pierde sus propiedades de resistencia a esfuerzos mecánicos.

“Los plásticos son sustancias químicas sintéticas denominadas polímeros, de estructura macromolecular que puede ser moldeada mediante calor o presión y cuyo componente principal es el carbono” [2]. El utilizar plásticos es una gran ventaja puesto que cuentan con propiedades que no pueden ofrecer otros materiales como por ejemplo: Color, resistencia a la degradación, poco peso, su acabo es agradable al tacto y es ideal para utilizarse en procesos de producción ya que este estado es cuando el material puede manipularse de múltiples maneras.

No obstante, no todos los plásticos tienen las mismas características y propiedades, la mayoría de estos cumplen con las siguientes características:

- Muy buenos aislantes eléctricos.
- Resistentes contra la corrosión.
- Facilidad para ser moldeados y trabajar con ellos.
- Muchos de ellos son impermeables.
- Baja densidad.
- Bajo coste de producción.
- Aceptable comportamiento como aislante acústico [1].

Dependiendo de cómo se comporte el material cuando hay presencia de calor, se pueden clasificar los plásticos en: Termoplásticos, Termoestables y Elastómeros.

2.1.1. Termoplásticos

Es aquel material el cual se transforma en líquido cuando se le aplica altas temperaturas y cuando comienza a enfriarse lo suficiente se endurece y queda con un aspecto sólido. Los termoplásticos tienen la capacidad de calentarse nuevamente y moldearse para formar otros objetos las veces que se quiera, sin embargo, sus propiedades físicas disminuyen de manera gradual cada vez que pasa por este proceso.

Los más usados son: el polietileno (PE), el polipropileno (PP), el poliestireno (PS), el polimetilmetacrilato (PMMA), el policloruro de vinilo (PVC), el politereftalato de etileno (PET), el teflón (o politetrafluoretileno, PTFE) y el nylon (un tipo de poliamida) [2].

2.1.2. Termoestables

Son aquellos polímeros que, a comparación de los termoplásticos, si se les aplica calor nuevamente después del proceso de “Calentamiento – Fusión” y “Formación – Solidificación”, no tienen la capacidad de volver a fundirse debido a que sus moléculas ya están enlazadas de manera permanente. Por lo tanto, al elevar su temperatura nuevamente no se funden, se queman y al final del proceso si se le aplica cierta presión y temperatura pueden tener un acabado pastoso o sólido

2.1.3. Elastómeros

Estos polímeros se caracterizan porque tienen un comportamiento elástico ya que se encuentran a una temperatura en la cual tienen una gran capacidad de deformación. Cuando se encuentran a temperatura ambiente son relativamente blandos y deformables, sus principales aplicaciones son adhesivos, partes flexibles y cierres herméticos. Un elastómero está compuesto por carbono, hidrógeno, oxígeno y/o silicio.

A continuación, se muestra la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** que contiene los plásticos más utilizados en la industria.

Tabla 1 Materiales más utilizados por el método de inyección [3]

Resina termoestable	Símbolo ISO 1043	Denominación	Resina termoplástica	Símbolo ISO 1043	Denominación
Fenólicas.	PF.	Resina Fenolfolmadehído	Acrílicas	PMMA	Polimetil-metacriato
Melaminicas.	MF. MPF	Resinamelaina– formaldehído. Resinamelamina-fenol- formaldehído	Celulositas	CA CAB CP	Acetato de celulosa. Acetabutireno de celulosa. Polipropinato de celulosa.
Ureicas.	UF.	Resina ureaformaldehído	Estirenicas	PS SB ABS SAN	Poliestireno. Poliestireno de alto impacto.
Arílicas	---	Resina alquílica	Vinílicas	PVC PVAC	Cloruro de polivinilo. Poliacetato de vinilo
Alquídicas	PDAP	Resina alílica (policialifftalato)	Polioléfinicas	PE PP	Polietileno. Polipropileno
Epóxicas	EP.	Resina epóxica	Poliamidas	POM	Poliacetel (Poli.simetileno)
Poliésteres insaturados	UP.	Resina poliéster (insaturada)	Poliamidas	PA 66 PA 6 PA 610 PA 11 PA 12	Poliamida 66 Poliamida 6 Poliamida 610 Poliamida 11 Poliamida12
Poliuretanos (con estructura reticulada)	PUR.	Resina poliuretánica (rígida o flexible)	Policarbonatos	PC	Policarbonato
Silicónicas (con estructura reticulada)	SI.	Resina silicónica	Poliésteres. Termoplásticos. Polifenilénicas. Poliuretanos (con estructura líneal)	PBTP PETP PPO PUR	Polibutilén-tereftalato. Polibutilén-tereftalato. Polióxido de fenileno Poliuretano termoplástico
			Resinas Fluoro- carbónicas	FEP ETFC PCTFE	Fluoro etleno-propileno. Tetrafluoroetileno-etileno Trifluoroetileno-políclore

2.2. Codificación de los plásticos

Actualmente existen muchos tipos de plásticos que sirven para diferentes aplicaciones y productos, con la intención de identificar de manera más fácil cual es el más adecuado y para posteriormente poder reciclar el material, se creó un código para cada tipo de plástico. La codificación consiste en un símbolo internacional de reciclado con el código que le corresponde, cada producto lo debe de tener para su posterior reciclaje. A continuación, se muestran los diferentes códigos que corresponden a los diferentes materiales plásticos que existen con su nomenclatura en la Figura 1.



Figura 1 Códigos de identificación de resinas de plástico. [1]

2.3. Proceso de inyección

El proceso de inyección de plástico actualmente es uno de los más importantes y utilizados en las industrias, especialmente en la automotriz, electrodomésticos y línea blanca, esto se debe a que permite optimizar los tiempos de producción y reducir costos. Al observar con atención a su alrededor se puede dar cuenta que muchos de los objetos tienen componentes que fueron fabricados mediante un proceso de inyección de plástico. Además de lo mencionado anteriormente, debido a que conforme pasó el tiempo las piezas requirieron más especificaciones y la calidad que tiene cada uno de los materiales con los cuales se van a fabricar también cambió, son factores que contribuyeron a que la inyección de plástico se convirtiera en la solución más viable para el proceso de producción de piezas. Por lo tanto, el utilizar este método se puede garantizar:

- Altos volúmenes de producción
- Costos bajos de operación
- Fabricación de piezas con geometría muy compleja.
- Obtención de diferentes acabados superficiales.
- Buena tolerancia dimensional.

En el proceso de inyección se logra fundir el material mediante ciertas condiciones y variables para que sea posible transportarse a presión a través de los diferentes canales del molde, los cuales siempre se encuentran a una temperatura mucho menor que el plástico, el material se transporta a las cavidades del molde hasta llenarlas y es ahí donde se logra finalmente transformar de líquido a sólido el

polímero, posteriormente se enfría hasta alcanzar una temperatura donde las piezas se puedan extraer del molde sin que estas se deformen o presenten algún defecto.

2.4. Diagrama termodinámico del proceso de inyección

A medida que el proceso de inyección se está llevando a cabo, a causa de la presión y temperatura a la que se somete, el material va sufriendo cambios termodinámicos en su volumen. Por lo cual se puede ver su comportamiento mediante un diagrama P-V-T, en donde se observan las fases por las cuales pasa el material hasta su estado final. Al analizar el siguiente diagrama P-V-T se puede observar que el proceso de inyección tiene en total 5 puntos clave en la transformación del material y 4 fases principales (ver Figura 2).

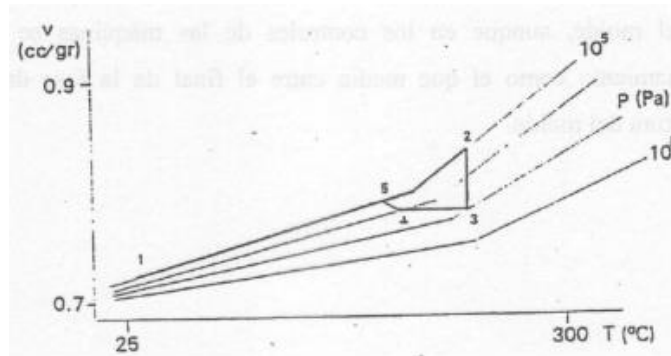


Figura 2 Diagrama P-V-T [2]

- **Fase 1 – 2**

Esta fase ocurre en la máquina de inyección y es donde se empieza a incrementar la temperatura del material, además, a esta fase se le puede considerar un proceso isobárico porque, aunque si se incrementa la temperatura, no hay una variación de presión que sea significativa para que la mezcla sea más homogénea. Por lo tanto, el material ira recorriendo su camino mientras aumenta de temperatura y volumen específico para disminuir tanto su densidad como su viscosidad para que sea lo suficientemente homogénea cuando llegue al punto de inyección.

- **Fase 2 – 3**

Se puede considerar un proceso isotérmico ya que la variación de temperatura no es significativa. Se considera la primera fase de la inyección ya que inicia en la unidad de espera de la máquina de inyección donde se suministra un caudal elevado para que el material fluya a alta velocidad lo que dará como resultado una caída de presión y que la temperatura aumente por el rozamiento del material con la superficie de los canales y paredes de la cavidad del molde, el alto caudal es importante ya que de lo contrario esto implicaría que la caída de presión sea mayor y la temperatura sea menor. La temperatura ideal para el proceso de inyección será la que lo mantenga como proceso isotérmico, esta será su condición ideal para realizar la inyección.

- **Fase 3 – 4**

Es la fase en la cual se debe continuar inyectando el plástico para evitar que se tenga un reflujo de plástico hacia la cámara de inyección, ya que al tener la presencia de presión puede suceder esto. Por otro lado, también sirve para evitar las contracciones que se producen a causa de que el material se va enfriando, y por lo tanto, su volumen va disminuyendo. A esta fase se le da el nombre de fase de mantenimiento.

- **Fase 4 – 5**

Teniendo en cuenta que el material se ha estado enfriando de manera progresiva desde que se comenzó a inyectar dentro del molde, esta será la fase de enfriamiento del material en donde la presión comienza a decrecer desde la fase de mantenimiento (fase 3 – 4). El punto 5 es el momento en el cual la pieza ya fue expulsada y se encuentra fuera del molde a una presión atmosférica.

2.5. Ciclo de inyección

En la transformación de plásticos se denomina ciclo a los movimientos de máquina sucesivos, los cuales corresponden a determinadas técnicas de proceso, las cuales

incluyen los procesos de trabajo necesarios para la producción de una pieza moldeada (Eduardo Dougall).

El tiempo de ciclo es la duración total del ciclo y este depende de la exigencia que lleve el proceso de inyección, mientras más pequeño sea el tiempo de ciclo mayor cantidad de piezas se moldearán por unidad de tiempo. Las etapas de un ciclo de inyección son las siguientes:

- 1) Cierre de molde
- 2) Apoyo de la unidad de inyección
- 3) Inyección - Postpresión
- 4) Dosificación
- 5) Retroceso de Unidad
- 6) Apertura de molde y expulsión.

Cierre de molde

Es la primera etapa del ciclo, al inicio del cierre el molde se encuentra sin presión alguna y después, una de las placas portamolde se comienza a mover con una velocidad y presión predeterminada en la máquina de inyección. Cuando el molde está por cerrarse de manera completa, aproximadamente 0.2mm antes, el molde ahora se encuentra a alta presión y se aplica la fuerza de cierre necesaria para la inyección (ver Figura 3).

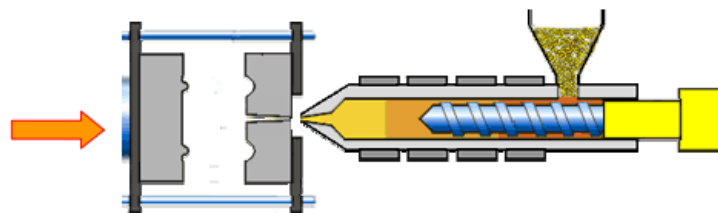


Figura 3 Movimiento de cierre de molde [4]

Apoyo de la unidad de inyección

Cuando el molde ya se encuentra totalmente cerrado, con la presión indicada para realizar la inyección del material dentro del molde, la unidad de inyección se

desplaza para colocar la boquilla en la entrada del canal de la cavidad del molde como se muestra en la Figura 4.

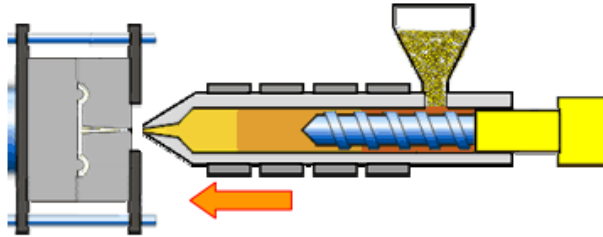


Figura 4 Movimiento de apoyo de la unidad de inyección [4]

Inyección – postpresión

En esta etapa el husillo o tornillo de inyección se comienza a desplazar con una velocidad ajustable hacia adelante como un pistón para inyectar el material fundido mediante la boquilla en el canal de la cavidad del molde (ver Figura 5).

Al terminar de llenar la cavidad del molde se realiza la postpresión para compensar la pérdida de volumen que ocurre a causa del enfriamiento, ya que el material entra a una temperatura distinta a la del molde y esto puede provocar rechupes, problemas de llenado, o piezas con poca compactación.

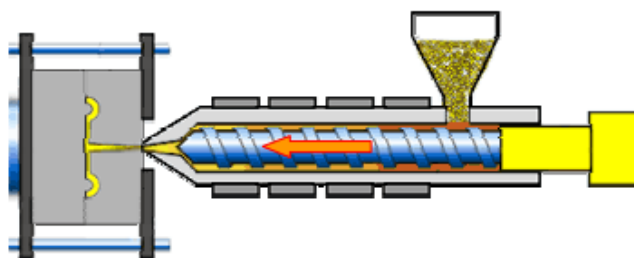


Figura 5 Fase de inyección y postpresión [4].

Dosificación

En esta etapa del ciclo el material cae desde la tolva a la zona de entrada del husillo y es transportado mediante los pasos y la rotación del mismo hacia la boquilla, el material es fundido mediante el calentamiento externo del mismo husillo por lo cual

cuando el material se encuentra fundido y se acumula provocando un movimiento axial de retroceso como se puede ver en la Figura 6. De esta manera se alcanza un volumen de material indicado para llenar el molde, se le da el nombre de carrera de dosificación.

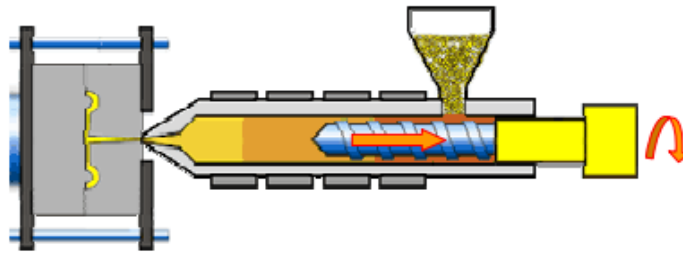


Figura 6 Carrera de dosificación, rotación axial y desplazamiento del husillo [4].

Retroceso de la unidad de inyección

En esta penúltima fase, la unidad de inyección retrocede para regresar a su lugar de inicio, quitando la boquilla de la entrada del canal de la cavidad como se puede observar en la Figura 7. Esto también ayuda a romper la colada, el material en el molde no suba a temperaturas excesivas y la boquilla no se enfríe demasiado.

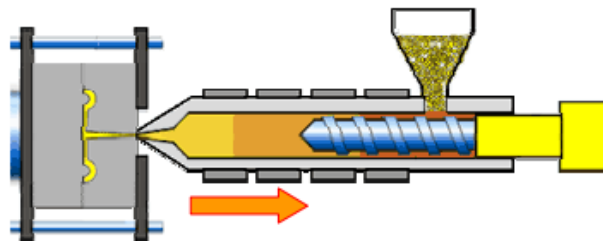


Figura 7 Movimiento de retroceso de la unidad de inyección [4]

Desmoldeo

En esta última etapa, el tiempo de enfriamiento ya ha transcurrido y el molde se abre, ambas placas porta moldes se encuentran en su posición inicial y mediante los botadores y lifters la pieza es expulsada del molde, en la Figura 8 se muestra como se realiza esta etapa. Enseguida de esto inicia el tiempo de desmoldeo, es

una pequeña pausa donde la pieza es retirada del molde y al finalizar se inicia el ciclo de nuevo.

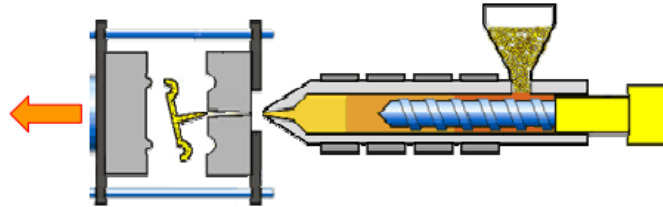


Figura 8 Apertura de molde y extracción de la pieza [4]

2.6. Tiempos en el ciclo de inyección

Usualmente cuando se habla de las etapas de un proceso de inyección se divide en dos, la primera etapa consiste en la fusión del material en donde pasa de un estado sólido a líquido y la segunda donde se realiza todo el proceso de inyección en el molde. Es importante mencionar que dependiendo de la máquina, se pueden distinguir más etapas en el proceso de inyección.

Considerando una máquina de inyección convencional, los tiempos claves en el ciclo de inyección son los que se muestran en la Figura 9.



Figura 9 Tiempos en el ciclo de inyección [5]

Estos tiempos que integran el ciclo de inyección se pueden definir de la siguiente manera:

- **Tiempo de cierre del molde:** Tiempo en el cual el sistema de la máquina de inyección realiza el cierre del molde.
- **Tiempo de avance de la unidad de inyección:** Tiempo en el cual la unidad de inyección tarda en colocar la boquilla en el bebedero del molde.
- **Tiempo de llenado o inyección:** Tiempo que tarda el husillo o tornillo en avanzar, inyectando el material dentro del molde. Dependerá mucho de factores como: las dimensiones del molde, densidad del material, temperatura, velocidad de avance del husillo así como el tamaño del mismo, etc.
- **Tiempo de compactación (o tiempo de moldeo):** Tiempo en el cual el molde se mantiene cerrado para mantener la presión mientras el plástico comienza a reducir su temperatura para que no ocurra ningún tipo de contracción y al mismo tiempo se sigue inyectado en poca cantidad material. El tiempo de moldeo es muy importante ya que de eso dependen características como el peso de la pieza, sus dimensiones y tensiones internas del material.
- **Tiempo de retroceso de la unidad de inyección:** Es el tiempo que transcurre cuando el material que se encuentra en la entrada de la cavidad se solidifica y la unidad de inyección inicia su regreso, al mismo tiempo el husillo comienza a rotar para comenzar a plastificar el material y pasar a la siguiente etapa. Al mismo tiempo que pasa esto, la etapa de enfriamiento sigue, la apertura del molde para extraer la pieza, con eso el tiempo del ciclo no se extiende demasiado.
- **Tiempo de enfriamiento:** Es el tiempo que transcurre desde que termina la etapa de compactación hasta que el molde abre, aunque realmente el enfriamiento del material inicia desde que el polímero toca la superficie del molde y termina hasta que la pieza es extraída. Por lo tanto el enfriamiento se da también durante las etapas de llenado y compactación.

- **Tiempo de apertura del molde:** Es el tiempo durante el cual el molde es abierto.
- **Tiempo de extracción de la pieza:** Es el tiempo que se tarda en sacar las piezas de las cavidades del molde.

2.7. La máquina de inyección

“Las máquinas de inyección son generalmente máquinas universales, siendo su tarea principal consiste en la fabricación discontinua (cíclica y repetitiva) de piezas a partir de masas de moldeo de elevado peso molecular, con la ayuda de presiones elevadas” [1].

Una máquina de inyección cuenta con varios elementos que la constituyen, sin embargo podemos dividirla en 4 componentes principales, los cuales son: Unidad de cierre, de inyección, de potencia y de control (ver Figura 10).

Normalmente se suelen considerar independientes tanto la unidad de inyección como la de cierre ya que el hacer esto ha permitido que surjan máquinas de inyección que son muy específicas para piezas que no se podrían fabricar en una máquina convencional de inyección, ya sea porque se desea fabricar piezas de sección transversal más grande y pared delgada o viceversa, esto beneficia directamente a los costos de operación y de inversión en equipo.

2.8. Elementos de una máquina de inyección

- Unidad de cierre

Su función principal es la de hacer que el molde selle de manera correcta ya que esto impacta directamente sobre la calidad de la pieza y esto requeriría de actividades que generarían costos y tiempo adicional, como por ejemplo el eliminar rebaba. El sistema de cierre de una máquina de inyección usualmente consta de dos platos o placas que se encuentran fijas y unidas por cuatro columnas de alineación. Al lado de un plato se encuentra la unidad de inyección y junto al otro

está la unidad de cierre, entre ambos platos se encuentra un espacio donde se coloca el molde.

“Cuenta con los dispositivos necesarios para la colocación, accionamiento y funcionamiento de las dos mitades del molde, su funcionamiento es semejante al de una prensa de compresión” [3].

- Unidad de inyección

En esta unidad se encuentra una tolva que funciona como alimentación de la máquina de inyección y el sistema de cilindro-tornillo. Su función es cargar y plastificar el material que entra por la tolva mediante el giro axial del cilindro-tornillo con el propósito de que sea inyectado en el molde y mantenerlo a una presión hasta que sea abierto.

- Unidad de potencia

Es la responsable de proporcionar la fuerza motriz a las unidades de cierre e inyección, puede ser eléctrica o hidráulica dependiendo de la potencia que se requiera. Los elementos que la componen son la bomba de aceite, depósito de aceite, dos válvulas y dos pistones de doble efecto, esto se debe a que tanto la unidad de inyección como la de cierre requieren de una válvula y un pistón, válvulas que regula la presión del molde, válvulas que regulan la presión del tornillo, pistón de cierre y apertura del molde,

- Unidad de control

Desde la unidad de control es posible insertar los puntos de referencia con los que trabajará la máquina según el material de fabricación. El sistema de control envía las señales que accionan los dispositivos de inyección y cierre; además mantiene las variables de temperatura y presión en el punto de referencia determinado [6].

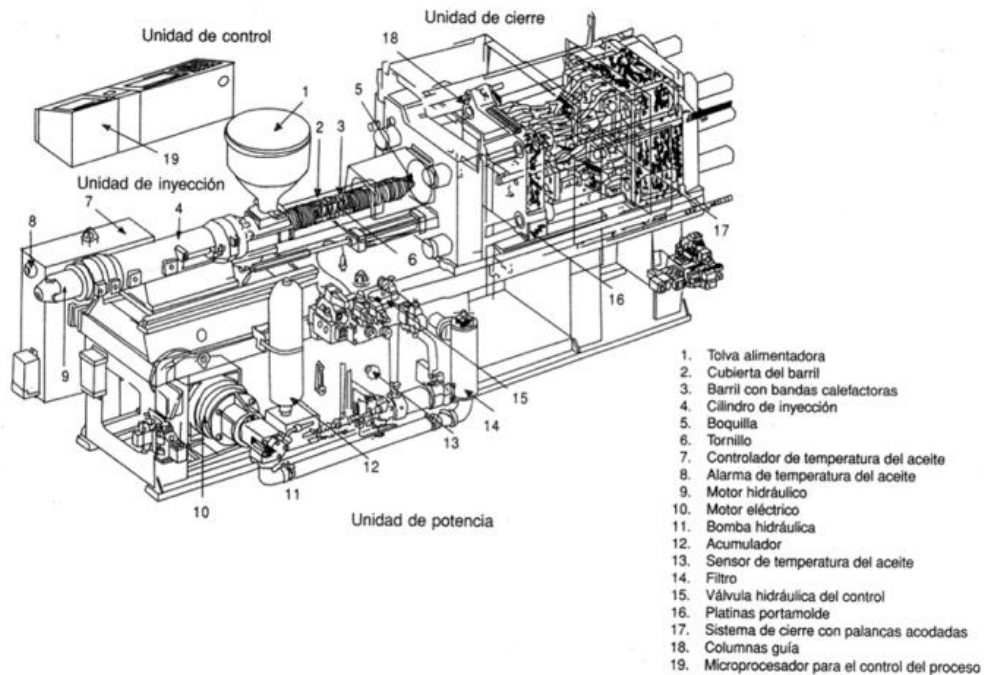


Figura 10 Componentes de una máquina de inyección [3]

2.9. Características básicas en las máquinas de inyección

2.9.1. Capacidad de inyección

“Se entiende por capacidad de inyección la cantidad máxima de material que una máquina es capaz de inyectar en un ciclo a un molde y con una presión determinada” [7].

Para algunos casos, la capacidad de inyección viene indicada por el fabricante ya sea como el peso máximo que la máquina puede inyectar en un ciclo y normalmente está expresado en gramos. Otro caso puede ser que venga especificada como volumen de barrido por el husillo de inyección en el recorrido que realiza hacia la boquilla. En este último caso el volumen viene determinado por el diámetro y la carrera del husillo de inyección, el tipo de molde que se esté utilizando, temperatura del material fundido, presión a la que se inyecta el material, entre otras. Es importante mencionar que en caso de que el molde que se está utilizando sea difícil de llenar, la capacidad real de inyección que se tiene es menor a la que indica el fabricante.

Por otra parte, la cantidad de material introducida en el molde nunca debe ser inferior al 20% ni superior al 80% de la capacidad del cilindro, esto debido a que es necesario que el tiempo de permanencia del material en la cámara de plastificación no sea excesivamente largo para evitar que el material se comience a degradar, ni excesivamente corto para evitar que no se encuentre plastificado [7] .

2.9.2. Capacidad de plastificación

A comparación de la característica anterior, la capacidad de plastificación es difícil de expresar de manera numérica. De manera ambigua se puede definir como la cantidad máxima de material que la máquina es capaz de plastificar por unidad de tiempo.

Con el concepto de “plastificar” se refiere a elevar la temperatura del material a tal grado que es suficiente para que este alcance un estado en el cual pueda ser inyectado. La dificultad para llevar el material a este estado dependerá de la capacidad de la eficiencia de la cámara de plastificación y de las propiedades térmicas del polímero que se desea plastificar.

2.9.3. Presión de inyección

La presión de inyección es algo muy importante dentro del proceso de inyección de plásticos, sin embargo, también es un factor que es muy difícil de controlar por los siguientes aspectos:

- Resistencia al flujo del material
- Velocidad de llenado
- Temperatura del aceite hidráulico
- Temperatura del material
- Temperatura del molde.

Debido a la presencia de circuitos neumáticos e hidráulicos (ver Figura 11) pueden ocurrir caídas de presión. De acuerdo a [7] “Físicamente la presión se refiere a la medida en la cara delantera "AS" del pistón de inyección o husillo. Como el husillo está actuado por un pistón hidráulico, la fuerza en ambas caras refiérase como

"Cara AC" y "Cara AS" será la misma y "PH" es la presión de la línea hidráulica". La presión de inyección se puede obtener de la siguiente manera:

$$P_{CS} = P_H \left(\frac{AC}{AS} \right)$$

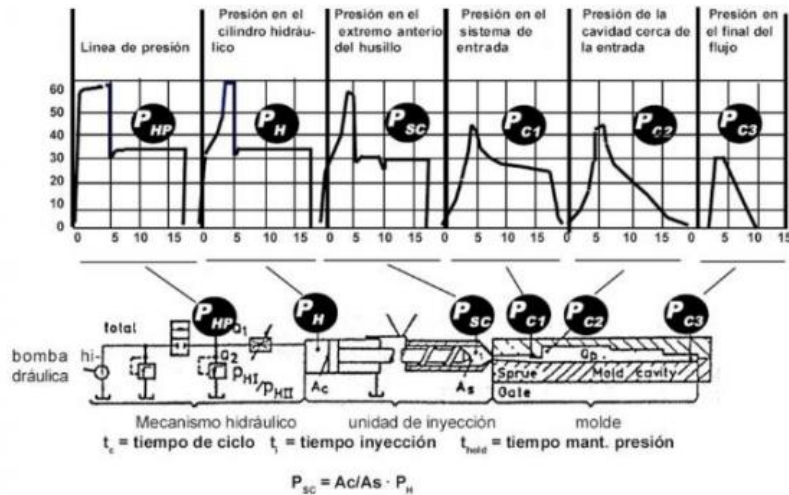


Figura 11 Pérdida de presión a través de los distintos puntos del proceso [3].

De la fórmula, PH es el dato de la presión que se puede obtener al leer el manómetro y la relación (AC/AS) es una característica de la máquina que se debe conocer, además, las máquinas convencionales de inyección suelen tener relaciones entre 8 y 9. La presión Psc no es la presión máxima que se puede encontrar en las cavidades, la presión que se puede llegar a desarrollar dentro de las cavidades puede llegar a tener un valor del 20% de la presión de inyección o hasta un valor más bajo. Esto dependerá de factores como las características del molde, las condiciones del proceso de moldeo y el material que se esté inyectando.

2.9.4. Velocidad de inyección

La velocidad de inyección es el caudal de material que sale de la máquina durante el periodo de inyección; se expresa generalmente en mm³/s y es una medida de la rapidez con que puede llenarse un molde dado. La velocidad de inyección tiene principalmente determinada por la velocidad de avance del pistón o husillo [7].

La velocidad de inyección se puede definir como el número de veces por unidad de tiempo que el husillo puede realizar su recorrido completo cuando la máquina está funcionando sin molde y sin material. Sin embargo, cuando la máquina está trabajando de manera real, con un molde montado y material listo para inyectar, la velocidad de inyección dependerá de factores como la presión de inyección, la temperatura, características del material así como el camino que recorre en estado plástico.

2.9.5. Fuerza de cierre

La fuerza de cierre es la fuerza que se encarga de mantener unidas las dos partes del molde mientras la presión aumenta a su valor máximo dentro de la cavidad. La presión dentro de la cavidad es menor a la presión de inyección pero aun así se desarrolla una fuerza que tiende a abrir el molde, es por eso que es importante que la fuerza de cierre.

2.10. Moldes de inyección de plástico

Un molde de inyección es una agrupación de piezas con geometrías específicas que se encuentran ensambladas entre sí, en su interior contiene cavidades que poseen la forma que se desea para la pieza a moldear. Además, [8] nos menciona que un molde de inyección tiene diferentes funciones y no solamente la de contener el material, un molde tiene como funciones básicas:

- Distribuir el material fundido.
- Moldear y enfriar el material.
- Solidificar el material fundido.

Para tener mayores beneficios económicos es importante tener un ciclo de desmoldeo lo más corto posible pero tampoco se debe descuidar la calidad de la pieza por lo que el proceso de expulsión debe ser lo más confiable posible para no dañar las piezas o la cavidad, especialmente porque en ocasiones las geometrías de las piezas son muy complejas.

2.11. Partes de un molde de inyección

A continuación, se muestran los elementos que constituyen un molde de inyección de plástico, se tomó como referencia un molde de dos placas ya que como se verá más adelante existen diferentes tipos de moldes que puede contener o no otros elementos en su estructura.

Utilizando como referencia la Figura 12, los principales elementos que constituyen un molde se describen a continuación:

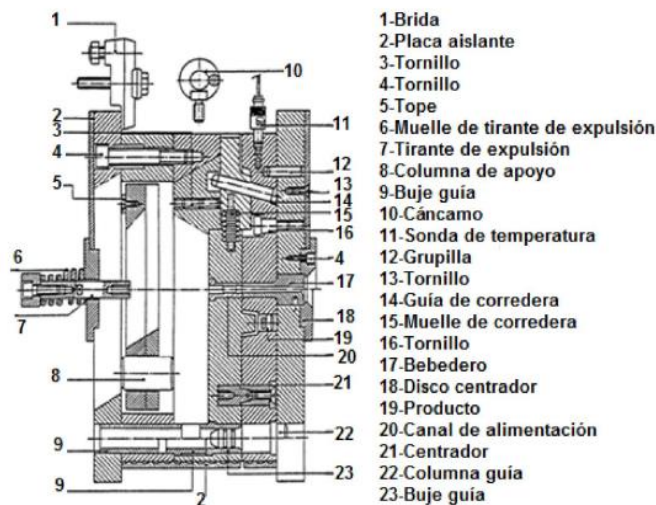


Figura 12 Elementos estructurales de un molde de inyección: (a) Accesorios fundamentales [9]

En la Figura 13 se puede observar como están posicionados cada uno de los elementos en un molde de inyección de manera más específica en un molde de inyección de plástico

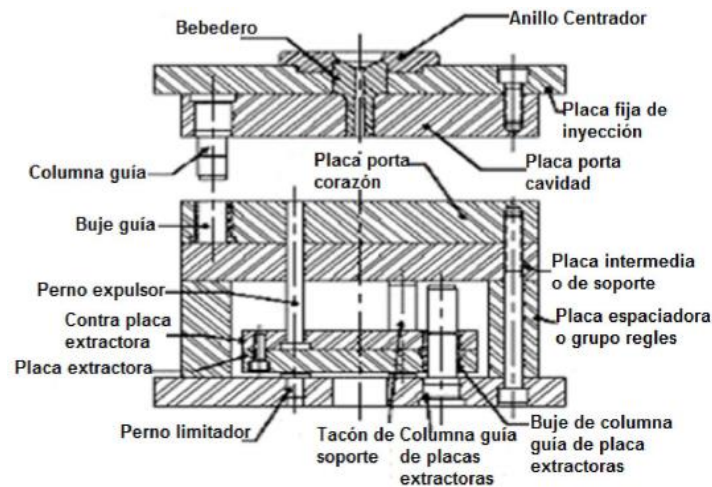


Figura 13 Elementos estructurales de un molde de inyección: Posicionamiento del conjunto de placas [9]

Cavidad: Se puede definir como el contorno exterior, las caras que serán vistas de la pieza por lo tanto es donde se le da el acabado deseado. Se recomienda que las dimensiones de la cavidad sean 1.006% superiores a las de la pieza para solucionar las contracciones que puede sufrir el material y así no tener errores en las dimensiones en el resultado final.

Placas porta cavidades: Se encarga de sujetar los insertos de las cavidades o a las propias cavidades directamente. Se encuentra en la parte fija del molde en donde la unidad de inyección coloca la boquilla en la entrada del bebedero o canal de alimentación para inyectar el material fundido.

Anillo o disco de centrado: Consiste en un anillo que sobresale del molde para ayudar a centrarlo en la máquina de inyección y así la boquilla de la máquina coincida con bebedero donde debe inyectar el plástico, este anillo entra en un orificio que tiene la placa portamoldes fija de la máquina.

Placa fija superior o de respaldo: Es la placa que permite que el molde se pueda sujetar al plato porta molde fija de la máquina de inyección mediante clamps.

Corazón o macho: Es lo que permite moldear la parte interior de la pieza.

Placa porta corazones o porta núcleos: En ella se encuentra el corazón e incluye los machos que dan forma al interior de la pieza y va sujeta a la placa intermedia o de soporte.

Línea de partición: Es la línea donde ambas partes del molde se unen para sellar por completo el molde y así retener la colada.

Columnas guías: Ayudan a ensamblar los elementos del molde de manera correcta, permiten el movimiento de los carros móviles y al mismo tiempo alinean el molde.

Buje guía: Su función es que las columnas estén en su posición correcta y en caso de sufrir demasiado desgaste deben ser reemplazados.

Placa intermedia: Se encarga de aportar soporte a la placa porta corazón y también a través de ella los pines, botadores y lifters realizan su movimiento para expulsar la pieza.

Barreno de la placa expulsora: Proporciona espacio para que el mecanismo de expulsión realice su desplazamiento.

Pilar de soporte: Es otro elemento que le da soporte a la placa porta corazón.

Tacón: Funciona como un tope para el rango de movimiento de las placas expulsoras.

Grupo de regles: Consiste en dos placas en posición paralelas y están ubicadas entre la placa de respaldo inferior y la placa intermedia, forman el puente de expulsión para que las placas expulsoras se puedan mover (Ver figura 13).

Placa de respaldo inferior: Permite unir el molde al plato porta molde móvil de la máquina.

Placa expulsora superior: Dentro de ella están los cabezas de los pernos de retorno, botadores o expulsores.

Placa expulsora inferior: Es la encargada de dar un empuje y tope a todos los elementos expulsores y también transmite el movimiento de las barras extractoras de la máquina.

Perno expulsor: También llamados botadores, se encargan de sacar la pieza sólida del molde al final del ciclo de inyección.

Gancho o perno de colada: Se encarga de obstruir el paso de la colada cuando el molde se abre para posteriormente, cuando el molde vuelva a cerrar, sea expulsada.

Pernos recuperadores: Su función es regresar a su posición inicial a las placas expulsoras al mismo tiempo que el molde se cierra de nuevo.

Columna guía de la placa expulsora: Se encarga de guiar la placa expulsora.

Buje guía de la placa expulsora: Permite que las columnas guía estén en su posición.

Tornillos, tuercas y espárragos: Unen y mantienen fijas cada una de las placas del molde.

Cáncamos: Son elementos que permiten sujetar el molde cuando se quiere mover de lugar, montar o desmontar en la máquina de inyección.

Punto de inyección: Es la abertura mediante la cual entra el paso de la colada de plástico hasta llegar a la cavidad (Figura 14).

Canal de alimentación: Es el conducto mediante el cual el material fundido fluye desde la boquilla hasta el punto de inyección (Figura 14).

Canales de refrigeración: Conductos mediante los cuales fluyen líquido refrigerante (agua) o gases (aire) para dispersar el calor del material para que este se solidifique en menos tiempo.

Bebedero: Este elemento permite que el material inyectado llegue a los canales del molde.

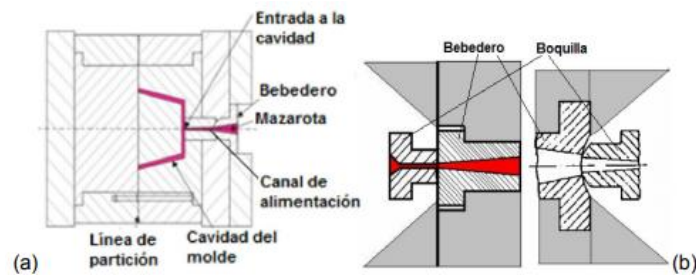


Figura 14 (a) Elementos asociados al sistema de alimentación con colada caliente, (b) esquemas de conexiones boquilla-bebedero más empleados [9]

2.12. Clasificación de los moldes de inyección

Debido a que actualmente las características de cada uno de los materiales que se utilizan en los procesos de inyección son tan diversas a veces es complicado poder clasificar los moldes además de que cada fabricante tiene una perspectiva diferente. Sin embargo, [10] menciona que de acuerdo a la norma DIN E16 750 “Moldes de inyección para materiales plásticos” una clasificación para los moldes consiste en el siguiente esquema:

- Molde estándar (molde de dos placas).
- Molde de mordazas (molde de correderas).
- Molde de extracción por segmentos.
- Molde de tres placas.
- Molde de pisos (molde sándwich)
- Molde de canal caliente

Por otra parte, [11] menciona en su informe que se pueden clasificar de acuerdo a:

- Número de cavidades
 - Una sola cavidad

La principal característica de este molde es que solamente puede fabricar una sola pieza por ciclo de inyección. Por lo cual es recomendable utilizarlo cuando se van a fabricar piezas de gran tamaño, suele ser de dos placas y la ventaja que da este molde es que si la pieza solo necesita de un punto de inyección, “La cantidad de puntos de inyección depende del volumen de material a inyectar, complejidad de la

geometría, tiempo de llenado, confianza de llenado, calidad de la pieza, tipo de entrada” [11]. Por lo tanto, este tipo de molde ya no necesita utilizar canales, por otro lado la desventaja es que al solo producir una pieza por ciclo su productividad es menor a comparación de los demás tipos de molde, en la Figura 15 se puede observar un ejemplo de un molde de una sola cavidad.



Figura 15 Molde de cavidad única [11].

- Multicavidad

Contiene dos o más cavidades por lo cual es posible producir varias piezas en un ciclo de inyección, las cavidades pueden ser idénticas o diferentes (ver Figura 16) lo cual es otra ventaja más al utilizar este tipo de molde. Son muy utilizados cuando se requiere una producción en gran volumen, sin embargo, el tiempo de ciclo que requieren es mayor y así como la cantidad de material que necesitan ya que utilizan los sistemas de alimentación.



Figura 16 Molde multicavidad [11]

- Tipo de desmoldeo
 - Molde estándar

Es el tipo de molde más común ya que su forma de apertura es en dos partes y no requiere de ningún otro tipo de movimiento para poder extraer la pieza de su interior.

- Molde con mordazas

Se utilizan cuando el proceso de extracción de la pieza necesita de movimientos adicionales debido a su geometría, mediante el uso de elementos que se pueden desplazar de manera mecánica o hidráulica permite extraer la pieza de manera más adecuada que un molde estándar, en la Figura 17 se muestra un molde con mordazas.



Figura 17 Molde con mordazas [11].

- Número de placas
 - Dos placas

En este tipo de molde el plano de partición se encuentra alineado con la entrada para ser expulsados cuando se abren (ver Figura 18). En moldes que tienen dos o más cavidades es importante que se tenga un flujo equilibrado a través de los canales, de lo contrario es necesario utilizar un molde de tres placas.

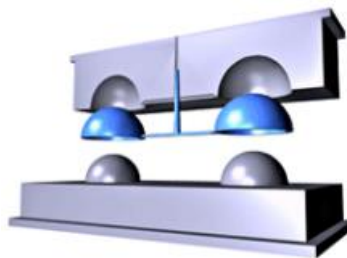


Figura 18 Molde multicavidad de dos placas [11].

- Tres placas

Como se puede ver en la Figura 19, aquí el sistema de canales de alimentación se encuentra de manera paralela al plano de partición del molde para permitir la expulsión de los canales y el bebedero cuando el molde se abre. Un molde de tres placas es más económico y sus posibilidades de degradarse a causa de materiales térmicos sensibles es muy baja, por otro lado, requiere un tiempo de ciclo más largo debido a la expulsión de los canales y por la misma situación requiere de presiones más grandes para llenar por completo sus cavidades y tiene mayores desperdicios de material.

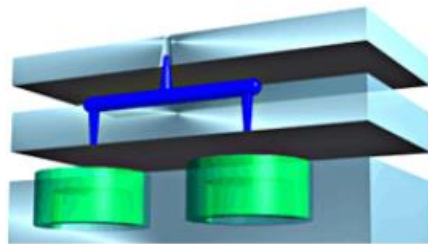


Figura 19 Molde de tres placas [11].

- Sandwich

Contiene dos o más líneas de partición ya que las cavidades en este tipo de molde están una por encima de la otra en cada una de las placas que lo conforman, lo que reduce el espacio del área proyectada, en la Figura 20 se puede apreciar cómo está estructurado este tipo de molde. Esto es una ventaja muy grande respecto a un molde convencional ya que puede llegar a duplicar la producción de piezas sin necesidad de ser un molde de tamaño excesivamente grande y al disminuir el área proyectada de las cavidades no requiere de una fuerza de cierre tan grande. Su desventaja es que necesita utilizar tanto el bebedero como una cámara o también llamada colada caliente para poder transportar el material a todas las placas.

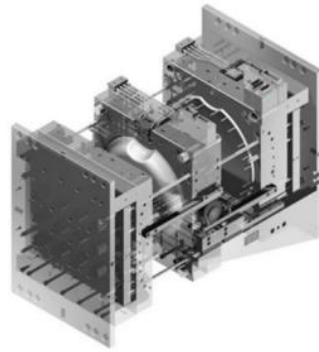


Figura 20 Molde sándwich [11].

Al tener un molde de colada o canal caliente se obtienen muy buenos beneficios, como se mencionó en la clasificación anterior. De acuerdo a [2] “Aplicados correctamente, ofrecen un menor consumo de materias primas y una menor pérdida de presión en comparación con los sistemas de canales que se solidifican en cada ciclo”. Además, un sistema de colada caliente es de menor tamaño que uno de colada fría, lo cual impacta de manera positiva en el tiempo de llenado y en el espacio que necesita el molde en la máquina de inyección.

2.13. Defectos muy comunes

Ahora que ya se conocen aspectos importantes acerca del proceso de inyección, las variables que impactan directamente sobre el proceso y como está constituido un molde, es momento de analizar los defectos que suelen ocurrir con mayor frecuencia en una pieza y las causas de su aparición con la intención de prevenir todos estos defectos ya que causan pérdidas y desperdicios en el proceso al ser piezas rechazadas por no cumplir los estándares de calidad.

2.13.1. Líneas de soldadura

Este defecto aparece a causa de que frentes de inyección se encuentran en direcciones opuestas y el ángulo entre las líneas de convergencia es menor a 135° se forman estas líneas de soldadura. Las causas por las cuales se puede dar este defecto son: baja presión y temperatura de inyección o el punto de inyección no está ubicado correctamente, en la Figura 21 se muestra un diagrama de cómo se forman las líneas de soldadura.

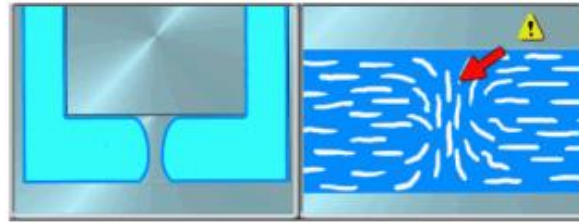


Figura 21 Formación de una línea de soldadura [11].

2.13.2. Rechupes

Este defecto consiste en irregularidades en la pieza que se pueden apreciar de manera visual (ver Figura 22). La principal causa es que no se agregó material adicional cuando la pieza comenzó su proceso de contracción, aunque también se puede originar al momento de que la pieza es extraída del molde ya que si el proceso de inyección se realiza demasiado rápido el núcleo de la pieza aún seguirá en estado líquido y esto crea un estado de tensión lo que da como resultado contracciones en el exterior de la pieza.

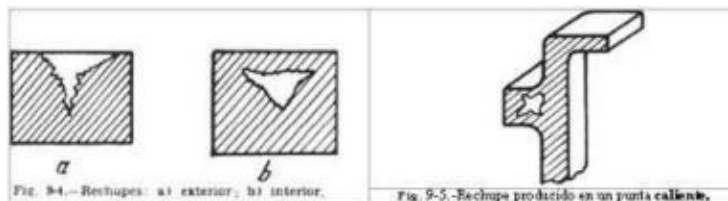


Figura 22 Rechupes [2].

Para este defecto [2] da las siguientes recomendaciones como solución:

- Evitar diferencias de espesor de las paredes.
- Evitar acumulaciones de material.
- Prestar especial atención a la relación grosor-diseño de los nervios.
- Asegurar una adecuada refrigeración del molde.
- Situar el conducto de colada en la pared más gruesa.

2.13.3. Rebaba

La rebaba es el material sobrante que se va acumulando sobre los bordes de la pieza que se moldea (ver Figura 23) y en el molde se forman en la línea de partición. Cuando el material fundido se mete entre las separaciones de las partes del molde

se origina este defecto y puede ser por tres causas: La carga es demasiada, la temperatura de fusión o presión de inyección están muy elevadas. Es importante corregir este defecto ya que afecta el estado del molde al crear mayor desgaste y para corregirlo se recomienda:

- Disminuir la temperatura de fusión o la presión de inyección, en caso de que no funcione lo más recomendable es aumentar tanto la presión de mantenimiento como la temperatura de la cavidad.
- Realizar mantenimiento al molde.
- Realizar ajuste al molde.
- Medir mejor la cantidad de material que se inyecta.
- Disminuir el tiempo de inyección.



Figura 23 Ejemplo de rebaba en pieza moldeada [11].

2.13.4. Marcas y deformaciones por la expulsión

El defecto se produce a causa de una presión de expulsión muy elevada, otro factor pueden ser los expulsores así que probablemente sea necesario utilizar algunos más y disminuir la presión de expulsión para solucionar el defecto. En la Figura 24 se puede observar una pieza que presenta marcas debido a la expulsión.



Figura 24 Marcas debido al uso de expulsores [11].

2.13.5. Delaminación de capas

Este defecto consiste en la separación de diferentes capas de la pieza principalmente en zonas largas y delgadas de la misma, como se aprecia en el ejemplo de la Figura 25. Aparece debido a que hay una diferencia demasiado grande entre la cavidad y el material fundido, además la velocidad de inyección también puede que sea demasiado baja ya que el defecto se puede apreciar una vez que la pieza se comienza a enfriar. Las medidas que se deben implementar para disolver este defecto son las siguientes:

- Aumentar velocidad de inyección.
- Ajustar temperatura de la cavidad y el material fundido
- Aumentar contrapresión de la máquina de inyección

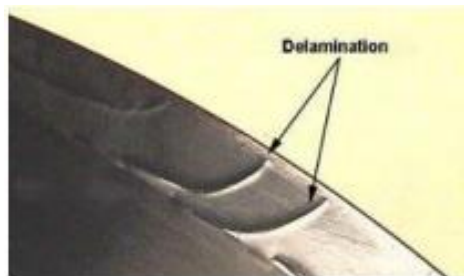


Figura 25 Delaminación [4]

2.13.6. Llenado incompleto del molde

Se origina cuando la pieza se enfría y se solidifica antes de que la cavidad del molde termine de ser inyectada por completo con el material, el resultado de esto son piezas incompletas (ver Figura 26). Lo que puede provocar este defecto en las piezas puede ser lo siguiente:

- No se inyectó suficiente material en la cavidad.
- La tolva no tiene suficiente material.
- El cañón o boquilla es demasiado pequeña
- La temperatura del material es demasiado baja
- La tolva o boquilla tiene una obstrucción.
- Alguna válvula del molde se encuentra tapada

- El tiempo de sostenimiento no es lo suficientemente grande.
- La velocidad de inyección es demasiado baja.
- Los canales del molde son demasiado pequeños.

De acuerdo a [2], las soluciones para quitar este defecto de las piezas son las siguientes:

- Inyectar más material.
- Cambiar el molde a una máquina de mayor capacidad.
- Incrementar la temperatura del barril.
- Incrementar la velocidad de inyección.
- Modificar el tamaño de los canales del molde.

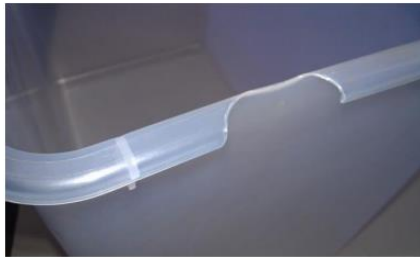


Figura 26 Pieza incompleta [11].

2.13.7. Pulido no uniforme o piel de naranja

Como se puede ver en la Figura 27, este defecto se puede apreciar cuando el acabado de la superficie es demasiado o poco brillante en algunas zonas, es decir, hay diferencias de brillo y la textura es porosa, con ondulaciones y picaduras significa que se tiene presente este defecto. Las causas pueden ser que el enfriamiento del molde no es el adecuado y que existen diferencias en las contracciones de la pieza. La solución es realizar un proceso de pulido adecuado a la zona de la cavidad que corresponde a la parte de la pieza que tiene el mal acabado.



Figura 27 Pulido no uniforme (Piel naranja) [2].

2.13.8. Puntos negros/efecto diésel

Son quemaduras de color negro que aparecen en la pieza (ver Figura 28), de ahí su nombre “efecto diésel” y es causado porque no hay una correcta ventilación o salida de aire ya que al tener cantidad de aire comprimido en la cavidad, cuando entra el material fundido provoca que la temperatura se eleve demasiado lo que provoca que el material se queme. Se recomienda disminuir la velocidad de inyección así como mantener limpios los canales de ventilación para evitar este defecto en las piezas.








Figura 28 Efecto diésel [11].

2.14. La eslinga y cáncamo

La eslinga es un elemento, una cinta que permite sujetar el molde para moverlo y de acuerdo a las características de este, como el peso y las dimensiones, se utiliza una eslinga en específico ya que existen varios tipos con diferentes capacidades de carga de acuerdo a su longitud, anchura y manera de utilizar. A continuación, la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se describe las características de una eslinga y formas de uso, sin embargo, es importante mencionar que las capacidades que las capacidades varían según el fabricante.

Tabla 2 Tipos de eslingas [12]

	Vertical	Enlazada	En "U" 90°	En "U" 60°	En "U" 45°
Diámetro					
Pulgadas	KG	KG	KG	KG	KG
0.60	1 179	953	2 359	2 041	1 633
0.80	2 404	1 905	4 808	4 128	3 357
1.00	3 810	3 048	7 620	6 577	5 352
1.20	4 808	3 856	9 616	8 301	6 804
1.30	5 987	4 808	11 975	10 342	8 437
1.40	7 620	6 178	15 241	12 474	10 206
1.55	9 616	7 711	19 232	16 647	13 562
1.75	11 340	9 072	22 680	19 641	16 012
2.13	14 061	11 249	28 123	24 312	19 867
2.35	18 144	14 515	36 287	31 389	25 628
3.15	23 995	19 232	48 081	41 549	33 929
3.95	29 982	23 986	59 874	51 891	42 365

De igual manera se encuentra el cáncamo (ver Figura 29), este elemento se une al molde mediante un roscado y permite que el molde sea sujetado con la eslinga. La manera de utilizarlo también es de vital importancia ya que si no se le da un buen uso, así como a la eslinga, se puede ocasionar un accidente. Sus distintas medidas y capacidades se pueden ver en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

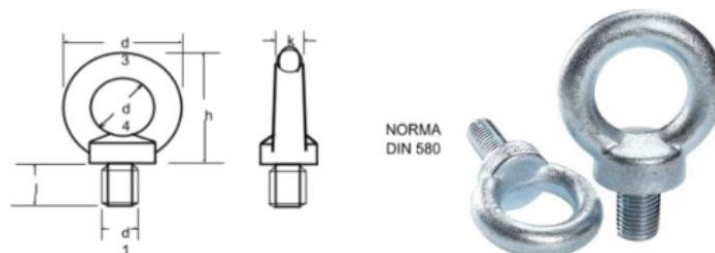









Figura 29 Formato norma DIN 580 para los cáncamos [12]

Tabla 3 Tipos de cáncamos [12]

Código de color	Capacidad		Medidas en mm					Color
	a 0°	a 90°	d3	d4	h	k	l	
M64	16000 kg	11000 kg	206	110	208	48	90	
M48	8600 kg	6100 kg	166	90	168	38	68	
M42	7000 kg	5000 kg	144	80	147	32	63	
M36	5100 kg	3700 kg	126	70	128	28	54	
M30	3600 kg	2600 kg	108	60	109	24	45	
M24	1800 kg	1270 kg	90	50	90	20	36	
M20	1200 kg	830 kg	72	40	71	16	30	

2.15. Mejora continua

De acuerdo a [13] podemos definir la mejora continua de la siguiente manera “La mejora continua de los procesos consiste en aplicar metodologías que permitan optimizar, de manera cuántica y sistemática, el comportamiento y resultados de los procesos, incrementando su eficiencia, eficacia y efectividad”. Cualquier organización que tenga como objetivo competir a un alto nivel debe de buscar e implementar métodos para aumentar el desempeño de sus procesos, el nivel de desempeño que tengan estos es importante ya que son los que dan el nivel de satisfacción a los clientes y a las personas que están involucradas como lo son accionistas, empleados y proveedores.

El resultado de tener una mejora continua es un mejor producto y/o servicio, las mejoras se realizan a los indicadores de desempeño de los procesos como lo son los costos, la calidad, el tiempo de respuesta, el tiempo de ciclo, el porcentaje de

reclamos, la flexibilidad por mencionar algunos. Para mejorar un proceso se pueden utilizar diferentes técnicas o herramientas, sin embargo no son tan distintas unas de las otras ya que tienen en común etapas como lo son identificación y análisis de los procesos, identificación y revisión de los objetivos e indicadores de desempeño, determinación análisis de las oportunidades de mejora, desarrollo de la mejora y medición de resultados.

Es importante complementar las etapas mencionadas anteriormente para tener una base más sólida, para esto es necesario utilizar herramientas de mejora que se utilizan de acuerdo a la naturaleza del problema que se quiere solucionar y con la etapa del proceso en la que se encuentre.

Los problemas de calidad y productividad con los que tienen que lidiar de manera cotidiana las organizaciones son muy conocidos y por lo tanto ya se han hecho muchos intentos para resolverlos pero es muy frecuente que no desaparezcan por completo. Esto se debe a que cuando se le quiere dar solución a un problema se suelen cometer errores, de acuerdo a [14] son los siguientes:

- Se atacan los efectos y los síntomas y no se va a las causas de fondo de los problemas.
- Se trata de resolver los problemas por reacción, por impulsos, ocurrencias y regaños, no mediante un plan de solución sustentado en métodos y herramientas de análisis.
- Los esfuerzos son aislados, no hay mejora continua.
- No se ataca lo realmente importante, sino más bien aspectos o problemas secundarios.
- Se cree que las soluciones son definitivas.
- No se sabe el impacto que tiene lo que se hace y se administra según el resultado anterior.
- Se tienen creencias erróneas sobre cómo resolver los problemas.

2.16. El ciclo PHVA

Un método que permite resolver de manera correcta un problema es el ciclo PHVA, ya que es muy útil cuando se requiere estructurar y ejecutar proyectos para mejorar la calidad de la calidad y productividad independientemente del nivel en la organización donde se quiera aplicar el proyecto. También se le conoce como ciclo de Shewhart, Deming o el ciclo de la calidad y para desarrollarlo de la manera correcta es indispensable utilizar herramientas básicas de la calidad. Antes de intentar resolver el problema se debe contar con la información necesaria que en conjunto con la implementación de un método, las probabilidades de obtener éxito incrementan de manera considerable. En la Tabla 4 se muestran las etapas que componen un ciclo PHVA junto con los ocho pasos que conforman las mismas.

Tabla 4 Ciclo PHVA y 8 pasos en la solución de un problema. [14]

Etapas del ciclo	Paso núm.	Nombre del paso	Posibles técnicas a usar
Planear	1	Definir y analizar la magnitud del problema.	Pareto, h. de verificación, histogramas, c. de control.
	2	Buscar todas las posibles causas.	Observar el problema, lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa.
	3	Investigar cual es la causa más importante.	Pareto, estratificación, d. de dispersión, d. de Ishikawa.
Hacer	4	Considerar las medidas de remedio.	Por qué.....necesidad
			Qué.....objetivo
Verificar	5	Poner en práctica las medidas de remedio.	Dónde.....lugar
			Cuánto.....tiempo y costo
Actuar	6	Revisar los resultados obtenidos.	Cómo.....plan
			Seguir el plan elaborado en el paso anterior e involucrarlo a los afectados.
			Histogramas, Pareto, C. de control, H. de verificación.
Actuar	7	Prevenir la recurrencia del problema.	Estandarización, inspección, supervisión, h. de verificación, cartas de control.
			8

A continuación se hablará en qué consiste cada de una de las fases para que se desarrollen de manera correcta y se le dé una solución viable al problema que se quiere eliminar.

1.- Definir, delimitar y analizar la magnitud del problema.

Lo primero que se debe realizar es plantear de forma clara cuál es el problema y cómo es que llega a afectar al cliente así como a la calidad y productividad del proceso. También es importante identificar la frecuencia con la que aparece y para obtener toda esta información y que sea posible interpretarla de manera clara se propone implementar herramientas de calidad como las que se observan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

2.- Buscar todas las posibles causas

Una vez que se tiene bien definido todo lo mencionado en el paso anterior, ahora es importante enfocarse en las que realmente son las causas del problema y no confundirse con los síntomas ya que de ser así no se lograría eliminarlo, por ejemplo, si las piezas de un molde salen con ráfagas en alguna zona (síntoma) es probable que sea porque la cavidad del molde necesite de un proceso de pulido (causa). Incluir la variabilidad en el análisis también es muy importante, con variabilidad se habla de cuándo se da el problema (horario, turno, departamento, máquinas), fase del proceso que se presentan los defectos en las piezas, si se da en un producto o proceso específicamente, etc. En este paso se recomienda utilizar la lluvia de ideas o el diagrama de Ishikawa para tener un panorama más amplio de todas las posibles causas y no descartar ninguna.

3.- Investigar cual es la causa más importante.

Ahora que se cuenta con más información acerca del problema es necesario comenzar a seleccionar la más importante, las principales causas o factores y para esto se puede hacer uso de técnicas y métodos como el diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, la estratificación, diagrama de dispersión o una hoja de verificación.

4.- Considerar las medidas de remedio para las causas más importantes.

Es el último paso de la fase de planeación, es donde se plantean las medidas de remedio para solucionar las causas y lo ideal es que sea de manera permanente ya que si el problema se vuelve a presentar significa que las medidas tomadas no son las indicadas y lo que se busca es eliminar de forma permanente el problema. De acuerdo a [14] “es indispensable cuestionarse lo siguiente: su necesidad, cuál es el

objetivo, dónde se implementarán, cuánto tiempo llevará establecerlas, cuánto costará, quién lo hará y cómo”. Al momento de plantear estas medidas de remedio se deben de considerar dos aspectos, se debe analizar si estas no causarán otros problemas en el proceso porque de ser así es necesario preverlo para considerar acciones y contrarrestar estos problemas secundarios. Por otra parte, también se debe de tener una forma de evaluar las medidas que se van a implementar para en base a esto elaborar un plan bien estructurado.

5.- Poner en práctica las medidas de remedio

Inicia la segunda etapa del ciclo, Hacer, donde después de analizar por completo el problema se procede a efectuar el plan que se elaboró. Es importante seguirlo al pie de la letra ya que de no ser así los resultados no serán tan claros y no serán un buen parámetro para medir si las medidas de remedio o el análisis del problema se plantearon correctamente.

6.- Revisar los resultados obtenidos

Se evalúa si las medidas tomadas dieron resultados, no obstante, es importante que antes de comenzar a evaluarlos el proceso debe de estar en funcionamiento bajo esas medidas durante un tiempo considerable para observar de manera clara cambios en el proceso.

7.- Prevenir la ocurrencia del problema

Si los resultados son favorables ahora lo que se busca es prevenir que nuevamente ocurra el problema, por lo tanto se busca estandarizar las medidas utilizadas a nivel de proceso, es decir, mediante documentación y procedimientos.

Caso contrario, si los resultados no son favorables se debe de dar retroalimentación y reflexionar si lo que se hizo anteriormente fue correcto, principalmente lo que se planteó y realizó en los pasos cuatro y cinco porque, como ya se mencionó, si las medidas no son las correctas o no se siguieron al pie de la letra los resultados no dejarán ver realmente si se trabajó correctamente o no el problema. De ser necesario se puede empezar de nuevo desde el paso uno para garantizar que no se tengan errores en ningún paso del ciclo.

8.- Conclusión

Para concluir se debe reflexionar sobre todo lo trabajado anteriormente, si persiste algunos problemas, si se les puede dar alguna solución y el trabajo a futuro. Además, es importante documentar todo el procedimiento que realizó para dejar un aprendizaje y que las decisiones que se tomen a futuro sean mejores, que se pueda complementar el trabajo hecho y se tenga un historial del cual se pueda partir.

2.17. Diagrama de Pareto

Es una herramienta de calidad que se utilizará en la realización del presente proyecto de manera similar como [15] lo hace para identificar en donde se encuentra el problema que más repercute de forma negativa en los tiempos muertos durante el proceso de montaje de moldes en las máquinas de inyección.

Esta herramienta consiste en un diagrama de (ver Figura 30) que se puede utilizar cuando se están manejando datos de manera categórica para su respectivo análisis, permite encontrar el o los problemas vitales, así como las causas de los mismos. “El diagrama de Pareto permite clasificar los elementos (problemas o defectos) en función de su impacto en la organización.” [13].

Funciona bajo el principio de Pareto o también conocido como “Ley 80-20” o “Pocos vitales, muchos triviales” la cual enuncia que el 20% de los elementos son los responsables del 80% del impacto dentro del proceso, el resto genera muy poco impacto. Es decir, de todos los problemas que se pueden tener dentro de una organización realmente solo algunos son importantes.

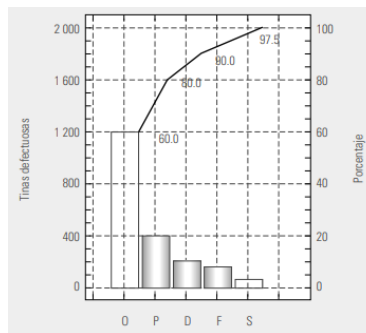


Figura 30 Ejemplo de diagrama de Pareto [14].

El utilizar el diagrama de Pareto permite analizar que mejora obtuvo el proyecto al observar como la altura de la barra de la categoría correspondiente disminuye a comparación de su estado inicial en el diagrama. Podemos utilizarlo para cualquier tipo de problema, pueden ser problemas de calidad, eficiencia, conservación de materiales, seguridad, etc. Si se utiliza en conjunto con la estratificación se puede profundizar el problema de una manera más completa usando un conjunto de datos para la toma de decisiones y ser más subjetivos en la misma.

2.17.1. Características de un buen diagrama de Pareto

Realizar un diagrama de Pareto no es complicado, a pesar de esto, hay que tener en cuenta que debe cumplir con ciertas características al momento de desarrollarlo para tener como resultado un buen diagrama de Pareto que aporte bien su función de ayudar a identificar el/los problema/s más vitales. A continuación se enlistan las características que menciona [14] para generar un buen diagrama de Pareto.

- 1) Las variables que se coloquen en el eje horizontal del diagrama pueden ser de distintos tipos, por ejemplo: Tipo de defectos, obrero, método de trabajo, producto, etc.
- 2) Las unidades de medida que se coloquen en el eje vertical izquierdo deben de ser claras para que se pueda identificar que tanto contribuye cada defecto o categoría en la gravedad del problema. No obstante, si se tienen categorías o defectos los cuales su gravedad o costo son muy diferentes entre sí, el diagrama no se debe realizar de acuerdo a la frecuencia si no a la multiplicación de frecuencia por costo. Para aclarar un poco más la situación se puede utilizar el siguiente ejemplo que propone [14]:

“si en una empresa se han detectado seis tipos básicos de defectos, los cuales se han presentado con la siguiente frecuencia: A (12%), B (18%), C (30%), D (11%), E (19%) y F (10%), y si el costo unitario de reparar cada defecto es muy diferente: A = 3, B = 6, C = 2, D = 3, E = 4 y F = 7”. Para realizar correctamente el diagrama de Pareto lo que se debe de hacer es realizar la multiplicación como se mencionó anteriormente, entonces:

$$A = 36; B = 106; C = 60; D = 33; E = 76; F = 70$$

En donde se puede observar que el defecto B es el que tiene mayor frecuencia y en el cual se debería enfocar para darle solución el problema.

- 3) Las unidades del eje vertical derecho son porcentajes para evaluar qué importancia tiene cada categoría o defecto uno respecto a otro.
- 4) La línea en el diagrama representa el conjunto de porcentajes de todas las categorías en una sumatoria.
- 5) En ocasiones puede ocurrir que se tengan demasiadas categorías o defectos, en este caso lo ideal es agrupar las que tengan menor importancia dentro de una misma, por ejemplo en "Otras"
- 6) Es importante observar si la primera barra de las categorías es más importante que las demás, para esto es necesario que dicha barra tenga claramente más magnitud, sin embargo, no necesariamente debe de abarcar el 80% del total de porcentajes para ser la que más predomina de todas.
- 7) Si se tiene el caso que ninguna barra predomina por lo que el diagrama se aprecia con muy poco descenso se debe de volver a clasificar los datos de otra manera hasta encontrar un dato que destaque de los demás.
- 8) El periodo de tiempo que representan los datos también es muy importante, así como la fuente y el título del diagrama.
- 9) Cuando ya se ha encontrado el principal problema es recomendable utilizar otro Pareto para que ahora se localice las causas que lo originan. A esto se le llama Pareto de segundo nivel.

2.17.2. Pasos para construir un diagrama de Pareto

A continuación, se va a describir el proceso a seguir para construir un diagrama de Pareto que en conjunto con las características vistas en el subtema anterior ayudarán a utilizar de manera correcta esta herramienta.

1.- Como primer paso se debe de analizar y delimitar el problema que se tiene y en qué área está presente para identificar qué tipo de Pareto se va a utilizar, primer o segundo nivel.

2.- Ahora se debe identificar qué tipo de datos se van a utilizar y las posibles categorías que se van a estratificar.

3.- Se debe de definir de donde se van a extraer los datos (Informes, reportes semanales, formatos de Excel, etc.) así como el período en el cual se van a tomar y el responsable de esta actividad.

4.- Una vez que ya se cuenta con la información es necesario estratificar mediante una tabla en la cual se tenga la frecuencia de cada categoría o defecto, el porcentaje que representa del 100% y demás información que sea necesaria.

5.- Ahora se debe de construir el diagrama para lo cual es necesario ordenar los datos de manera descendente y totalizar los mismos.

6.- Se deben asignar los datos a los respectivos ejes del diagrama, donde:

- (X) % Total de categorías o defectos
- (Y) % Total del impacto de cada categoría o defecto

7.- Graficar los datos de la tabla mediante el uso de barras en el diagrama.

8.- Con el dato de porcentaje de cada categoría o defecto se debe de graficar la línea acumulada.

9.- Se deben agregar datos importantes al diagrama como los son títulos, período de la toma de datos, área de trabajo, etc.

2.18. Estratificación

Anteriormente se explicó en qué consiste un diagrama de Pareto y como es que se construye, por lo tanto es necesario entender lo que es la estratificación ya que forma parte de los pasos para realizar este diagrama. Cuando se habla de estratificar se refiere a que se analice un problema y las quejas o datos extraídos de este se clasifiquen o agrupen como sea más conveniente, puede ser de acuerdo a su magnitud o cómo influyen en el proceso.

Se puede definir estratificación cómo una técnica de búsqueda que ayuda a comprender como es que distintas variables o factores intervienen en una situación para lograr identificar de dónde proviene la variabilidad y llegar a las causas que generan el problema

Cuando se quiere comenzar a estratificar es importante hacerlo a partir de un objetivo, el cual se pueda analizar para identificar datos o factores que requieran estratificarse para posteriormente evaluar cómo se encuentran actualmente y utilizar el diagrama de Pareto para plasmarlos de manera gráfica. Incluso se puede presentar una situación en donde después de estratificar un conjunto de datos ayude a encontrar una característica que requiere ser analizada con más profundidad y se requiera estratificar de nuevo, pero de manera específica.

2.19. Hoja de verificación

Como se ha podido analizar a lo largo de los temas anteriores, el obtener información y datos acerca del problema que se quiere tratar es de alta importancia para facilitar la toma de decisiones, pese a esto, en muchas ocasiones las organizaciones no cuentan con dicha información o incluso aunque si lo hagan no la utilizan de manera que su proceso tenga una mejora continua por distintas circunstancias, tal vez los registros se hicieron demasiado tarde o no se hicieron bien o simplemente no se analizaron para darle seguimiento. En conclusión, en ambas situaciones no se tiene la información para generar una solución adecuada y centrar los esfuerzos en el factor que más influya, con esto surge la necesidad de tener métodos o herramientas para obtener y analizar datos que se puedan utilizar para lidiar con los problemas del día a día dentro de una organización, la hoja de verificación o de registro es uno de esos métodos que permiten realizar esa obtención de datos para posteriormente hacer su análisis.

“Es un formato creado para recolectar datos, de tal forma que su registro sea sencillo y sistemático” [14]. Su principal virtud o ventaja de este documento es que a simple vista permite identificar la magnitud y donde se encuentran los principales problemas. Es importante conocer bien la hoja de verificación ya que como se pudo

observar es un paso necesario en el desarrollo de un diagrama de Pareto y también para realizar la estratificación de los datos. Existen distintos tipos de hojas de verificación como lo son la hoja para distribución de procesos, para registro de defectos, para localización de defectos y para las causas de los defectos. A continuación se muestra un ejemplo de esta última (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) que ya se desarrollará de manera similar una hoja de verificación para estratificar los datos de los moldes más críticos que se han reparado durante cierto periodo de tiempo y posteriormente realizar un diagrama de Pareto para analizar cuáles son esos moldes y las causas más vitales por las cuales requiere una reparación tan frecuente, partiendo de esa información que se obtenida se podrá estandarizar un proceso para ese o esos moldes y la/s causa/s más vital/es.

Tabla 5 Estratificación por defecto [14]

Tipo de defecto de las piezas	Número de defectos	Porcentaje	Número acumulado	Porcentaje acumulado
Rasguños superficiales	119	62.63	119	62.63
Ruptura	37	19.47	156	82.11
Incompletas	13	6.84	169	88.95
Forma inapropiada	12	6.32	181	95.26
Otros	9	4.74	190	100.00

Capítulo 3

Planteamiento del problema

3.1. Identificación.

El proceso de inyección de plástico es muy utilizado en industrias como lo son la automotriz, electrodomésticos y farmacéutica por su rentabilidad y eficiencia, sin embargo, no está exento a tener pérdidas y desperdicios si no se llevan los procedimientos adecuados de control para que se tenga la capacidad de producir grandes cantidades de piezas pero mantener un buen nivel calidad. Dentro del proceso de inyección de plástico podemos encontrar el molde, que juega un papel importante ya que es el encargado de darle la geometría deseada a la pieza con las dimensiones y acabados deseados. Sin embargo, un aspecto importante es que mientras el molde sea sometido a mayor número de ciclos o los parámetros de la máquina no sean los más adecuados, se pueden presentar problemas de menor o mayor gravedad que impactan en la calidad de las piezas.

Tal vez se podría encontrar con un mal acabado en el core del molde lo que generaría desperfectos en el resultado final de la pieza por lo cual se podría requerir de un proceso de pulido que dependiendo del mal estado de la superficie será más extenso o corto. En ocasiones incluso será necesaria alguna modificación en el molde, las razones pueden ser que tal vez un componente está demasiado ajustado por lo cual la pieza al ser expulsada del molde por los botadores se fractura por lo cual es necesario un rectificado. Todo esto mencionado anteriormente son situaciones que se pueden dar y generan desperdicios de material y pérdidas de tiempo de producción.

Actualmente en el área de injection mold se están teniendo problemas para cumplir con los KPI's que se tienen como objetivo: Loss Time y Scrap, por lo tanto se le debe dar una solución ya que al no cumplir con estos indicadores de calidad se tienen como resultado piezas defectuosas en grandes cantidades y falta de productividad. Por lo cual es necesario identificar las razones por las cuales el proceso no está dando los resultados esperados y darles solución.

3.2. Justificación.

Samsung Electronics Digital Appliances es una subsidiaria perteneciente a Samsung en la cual se fabrica y ensambla línea blanca por lo que su producción es en gran volumen, por lo tanto, en sus procesos de inyección pueden ocurrir pérdidas y desperdicios generados por diversos problemas con los moldes ya que al ser sometidos a demasiados ciclos, sufren desgaste e incluso fracturas que afectan al proceso y también el nivel de calidad de los productos que la empresa quiere para sus productos. Por lo cual, se busca que el proceso de producción de las piezas de plástico y la calidad de las mismas no se vean afectadas, una forma de medir esto es mediante los KPI que la empresa tiene como objetivo mantener o disminuir primordialmente, partiendo de los resultados obtenidos se analizará en que se debe hacer énfasis para mejorar el proceso.

3.3. Alcance.

Con el presente informe de residencias profesionales se pretende realizar una investigación acerca de los moldes de inyección, en la cual se abarcarán temas importantes sobre cómo están constituidos los moldes, su funcionamiento, los problemas que pueden llegar a tener, etc, para que sirva como apoyo para futuras investigaciones y aportes en el área. Además de describir una metodología para mantener los indicadores de calidad en un nivel aceptable de acuerdo a los criterios planteados así como desarrollar un manual que sirva como método de estandarización en el área para realizar de manera correcta las actividades de reparación que requieren los moldes de inyección que son atendidos de manera más frecuente.

Capítulo 4

Objetivos

4.1. Objetivos generales.

Reducir los tiempos muertos y desperdicios generados por daños en los moldes.

4.2. Objetivos específicos.

1. Realizar autocapacitación para complementar los aprendizajes obtenidos durante la capacitación en la planta.
2. Adquirir las herramientas y habilidades que se requieren para reparar los moldes que se utilizan en la planta de inyección.
3. Recabar información más relevante de los moldes que se reparan de manera más frecuente.
4. Determinar las causas más frecuentes por las cuales se generan las pérdidas y desperdicios.
5. Aplicar medidas de remedio para reducir las pérdidas.
6. Analizar los KPI's obtenidos como resultado de la estandarización de las actividades de reparación.

Capítulo 5

Metodología

Con el objetivo de estructurar de mejor manera el desarrollo que tuvo el presente proyecto, la metodología se dividió en dos partes. La metodología de trabajo, en la cual se va a describir lo realizado durante la capacitación en el área de moldes de inyección de la planta 2 de la subsidiaria Samsung Electronics Digital Appliances ya que tiene un papel importante al permitir conocer de manera progresiva los moldes de inyección, los diversos factores por los cuales requieren de reparaciones, como se realizan las mismas, cuales son los síntomas que presenta un molde que requiere reparación o mantenimiento preventivo, etc.

Por otra parte, se encuentra la metodología del proyecto en donde se describen las técnicas utilizadas en el método que se siguió para darle un correcto desarrollo y estructura al mismo. Se presentan datos que sirven como base para partir a un análisis y que más tarde se utilizarán como punto de comparación del estado anterior y actual del problema, si se le dio una solución o no.

5.1. Metodología de trabajo

5.1.1. Autocapacitación

Para conocer a raíz el problema de las pérdidas y desperdicios dentro del área es necesario encontrar las causas, sin embargo, no es posible hacerlo si primeramente no se está relacionado con las actividades, maquinaria, herramienta, personal y lugar donde se presentan. Por lo que se realizó una capacitación en el área de moldes de inyección acerca de las reparaciones que se realizan en los moldes, no obstante, para adquirir de manera más clara y fácil lo visto en dicha capacitación se realizó una autocapacitación la cual consistió en una investigación de las reparaciones a tratar y así disolver dudas que se presenten. En la Figura 31 se presenta el diagrama de flujo con los pasos que a seguir para que la autocapacitación sea efectiva y complemente de manera correcta la capacitación recibida en la planta.



Figura 31 Diagrama de flujo de la autocalificación (elaboración propia).

Capacitación

Se adquieren las habilidades y conocimientos acerca de los moldes de inyección mediante la realización de prácticas con apoyo del personal así como la teoría fundamental para realizar las reparaciones que se atienden en el área.

Formular dudas

Del tema visto en la capacitación se formulan las dudas que surgieron a los largo de la misma, pueden ser acerca de la herramienta, técnica para realizar la reparación, aditamentos que se utilizan, componentes, etc. Se deben de plantear de la forma más clara y concreta posible para evitar desviarse del tema principal.

Externar dudas

Se le hace llegar las dudas formuladas anteriormente a algún miembro del personal que puede ser el especialista en la reparación o el asesor externo, en este caso es el encargado de reparaciones.

¿Se resolvieron?

Se reflexiona si las dudas se aclararon y la información se comprendió satisfactoriamente de manera que se puede continuar sin problemas con la capacitación.

Fuentes de información

Si las dudas continúan, se realiza la búsqueda de fuentes confiables de información, preferentemente deben de ser artículos, tesis o libros con la intención de que la información que se lea sea lo más clara y concreta posible, además se debe cerciorar que contiene el tema del cual surgieron las dudas en la capacitación.

Lectura/análisis

Leer, y de ser necesario, subrayar y hacer anotaciones sobre lo que se considere más relevante de toda la información sobre todo si es referente a las dudas que se tienen.

¿Se resolvieron?

Se reflexiona si la información leída de las fuentes de información sirvió para complementar lo visto en el tema de la capacitación y si se solventaron las dudas que se tenían anteriormente. De no ser así, es necesario volver a formular correctamente las dudas que se tenían o las nuevas que surgieron para posteriormente externarlas nuevamente.

Complementar informe de residencias

Con las dudas resueltas e información más completa, se complementa el informe de residencias con los investigado y visto en la capacitación para conformar las secciones de marco teórico, metodología y resultados.

5.1.2. Identificar los principales aditamentos para manipular un molde

Se identificaron los elementos que ayudan a manipular un molde y con ayuda del personal se aprendió a utilizarlos de manera correcta. La primera herramienta a utilizar fue la eslinga, como ya se vio en el tema 2.14, está puede tener ciertas características por lo cual fue necesario que identificaran cual utilizar en diferentes situaciones para no ocasionar accidentes.

De manera similar se aprendió la clasificación que se tiene de los distintos cáncamos utilizados en el taller para cada tipo de molde ya que en conjunto con la eslinga es de vital importancia darles un buen uso puesto que mediante estos elementos se sujeta el molde

Posteriormente, se recibieron instrucciones sobre cómo manipular la grúa para poder transportar los moldes haciendo énfasis en que es necesario utilizar la grúa correcta ya que no todas tienen la misma capacidad de carga lo que puede provocar algún daño a la grúa, al molde y lo más importante causar un accidente. Además, es necesario utilizar siempre el equipo de protección personal (Casco y botas) cuando se esté manipulando la grúa mientras se está transportando un molde.

Por último se tuvo una explicación del funcionamiento de la máquina volteadora que se utiliza para cambiar la posición de los moldes, consta de dos placas que se pueden colocar a 90° una de la otra y realizar un movimiento que permita cambiar la posición del molde a como se desee o sea más conveniente para transportarlo. En la Figura 32 se puede observar la máquina volteadora con las placas A y B, así como su control, los botones y su función de cada uno.

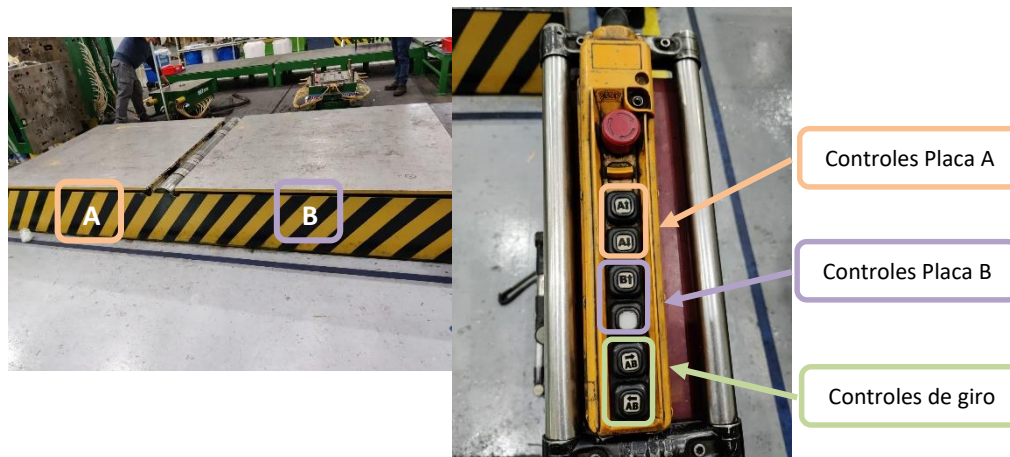


Figura 32 Máquina volteadora y sus controles

5.1.3. Periodo de observación

Durante un periodo de la primera semana de la capacitación, la principal actividad consistió en estar presente los distintos especialistas de las diversas reparaciones que se realizan en los moldes de inyección por lo cual si en lapsos del día surgía un caso de molde que requería un proceso pulido, por mencionar alguno, debía estar observando y realizando preguntas para disolver dudas que surgen durante el proceso de pulido.

Las dudas pueden estar relacionadas con las diferentes herramientas que se utilizan, cuando se deben utilizar, como evaluar la gravedad del estado del molde para identificar si se debe comenzar el proceso utilizando piedra para pulir, que a su vez puede ser de diamante o cerámica, o simplemente utilizando lija, pasta de diamante y cepillos. Todas las herramientas mencionadas anteriormente tienen graduación (Tamaño de grano en el caso de la pasta, lija y piedra para pulir y en el caso del cepillo por su diámetro y suavidad) por lo cual también es importante conocer e identificar el más adecuado para el proceso de pulido.

5.1.4. Realizar actividades de reparación

Una vez cumplido el periodo de observación se procedió a realizar de manera progresiva y con apoyo del personal de mayor experiencia actividades asignadas por el asesor durante el día conforme los moldes necesiten las reparaciones o mantenimiento preventivo. A continuación, se muestran las actividades en las que

se dieron soporte, en ocasiones y conforme se adquirió experiencia, se realizaron dichas actividades de forma individual, sin embargo, siempre bajo observación de un integrante del personal de la planta.

5.1.4.1. Modificación de pines en el Core y cavidad

La presente actividad consistió en modificar el core y cavidad de un molde de panel control para eliminar 8 pines de la pieza por requerimiento del cliente, a continuación, se muestra en la Figura 33 el estado de la pieza antes de la modificación señalando los pines que se modificaron.



Figura 33 Pieza antes de realizar la modificación

Para iniciar con la actividad se necesitaron cáncamos y eslingas para mover el molde para que posteriormente se situará en posición vertical la grúa y sostener el molde. Una vez que se colocaron tanto cáncamos como las eslingas de cada lado correspondiente del molde sin olvidar hacer un uso correcto de ambos elementos (Ver Figura 34).



Figura 34 Cáncamos y eslinga utilizados.

Posteriormente se utilizó la grúa para levantar el molde de manera progresiva y evitar que hiciera movimientos pendulares y se pudiera mover de manera segura a la máquina volteadora donde se ubicó en la placa A, cuando el molde se plantó en la placa se accionó la placa B mediante el control para posteriormente girar la placa en dirección A → B y girar el molde como se observa en la Figura 35.



Figura 35 Proceso para voltear el molde

Cuando el molde se encontraba completamente en la nueva posición y ambas placas de la máquina volteadora en su posición inicial se movieron de posición los cáncamos para sujetar el molde desde la parte hembra y se utilizaron las eslingas nuevamente para moverlo a un espacio donde se pudiera trabajar.

Una vez que el molde se situó completamente en el suelo nuevamente fue necesario cambiar de posición los cáncamos, pero esta vez en la parte macho del mismo para abrirlo como se muestra en la Figura 36 y posteriormente quitar los seguros de los laterales y revisar que ninguna manguera se encontrará conectada entre ambas partes del molde.

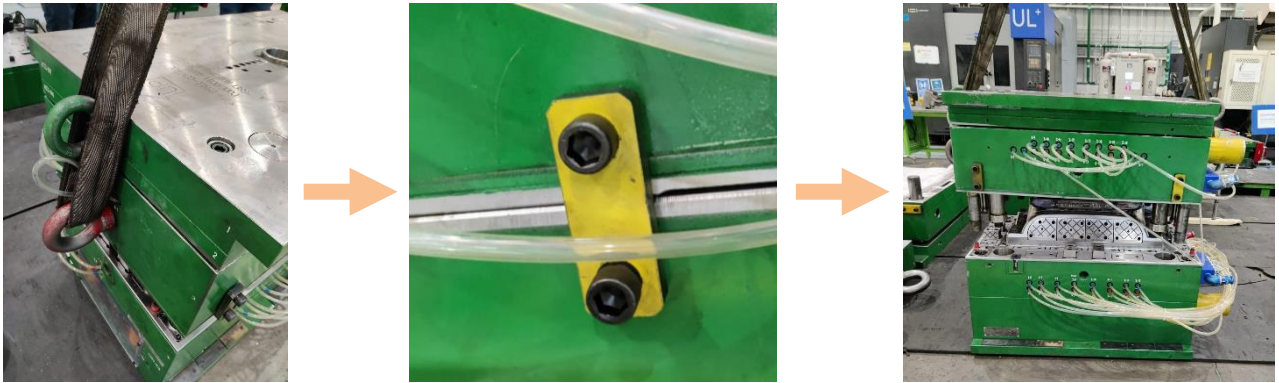


Figura 36 Pasos para la apertura del molde

Para terminar de abrir el molde se realizó nuevamente el proceso para voltear la parte macho del molde (Ver Figura 37) y finalmente moverla de la máquina pero antes de colocarla nuevamente sobre el suelo se situaron 2 vigas de madera en el suelo para evitar que la parte macho del molde quedará apoyada sobre el anillo centrado y sufriera algún daño.

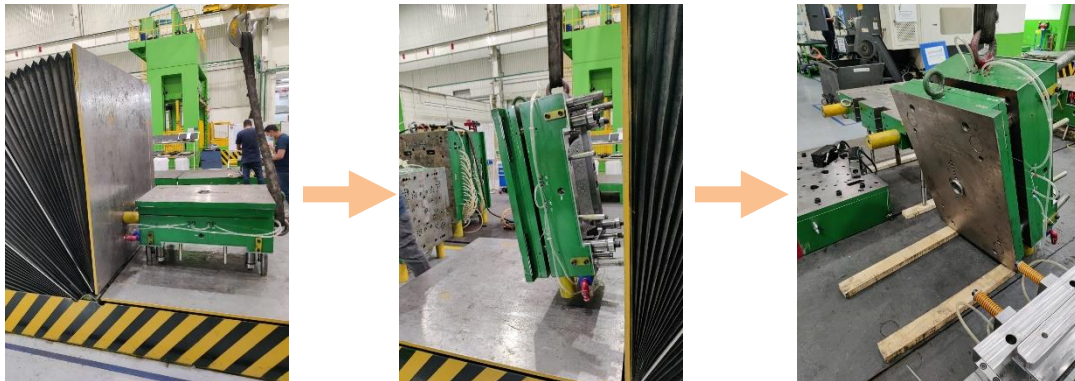


Figura 37 Pasos para voltear la parte macho del molde

Una vez hecho esto se identificaron en la cavidad y en el core los pines que se solicitan eliminar y se señalaron (ver Figura 38). Antes de comenzar con el proceso de modificación se protegió la cavidad con cinta masking para evitar que se dañara al momento de trabajar los pines.

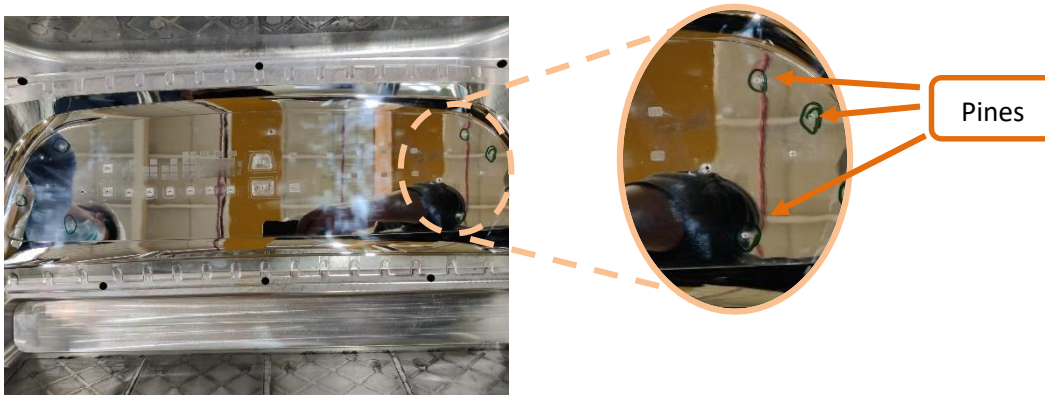


Figura 38 Pines de la cavidad.

En la Figura 39 se muestran los pines a modificar en el core, los cuales eran 4 en cada uno de los lados de la pieza por lo que en total se debían modificar 8 pines.

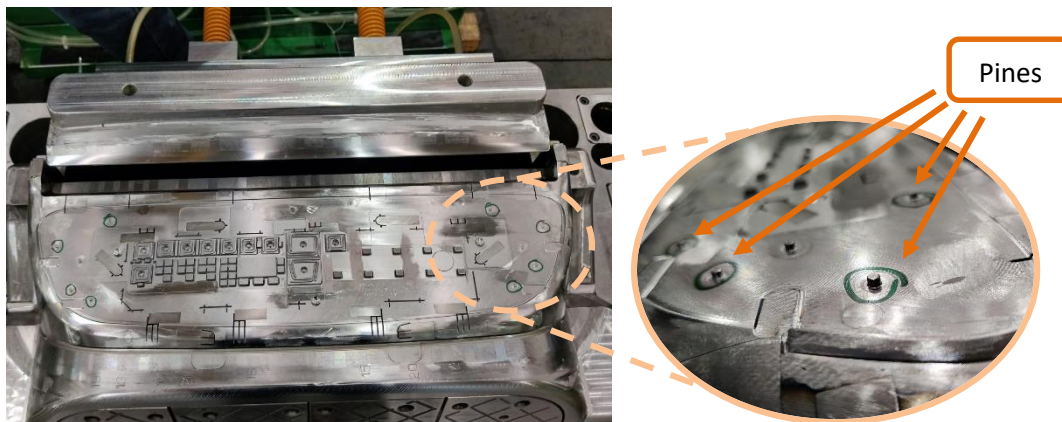


Figura 39 Pines del core.

Primero se trabajó el core y utilizando el moto tool con el disco para lijar se rebajaron los pines casi hasta el tope cuidando de no dañar el core y después se utilizó una piedra abrasiva para rebajar lo restante del pin hasta que la superficie quedara lo más plana posible para seguir con el proceso (ver Figura 40).

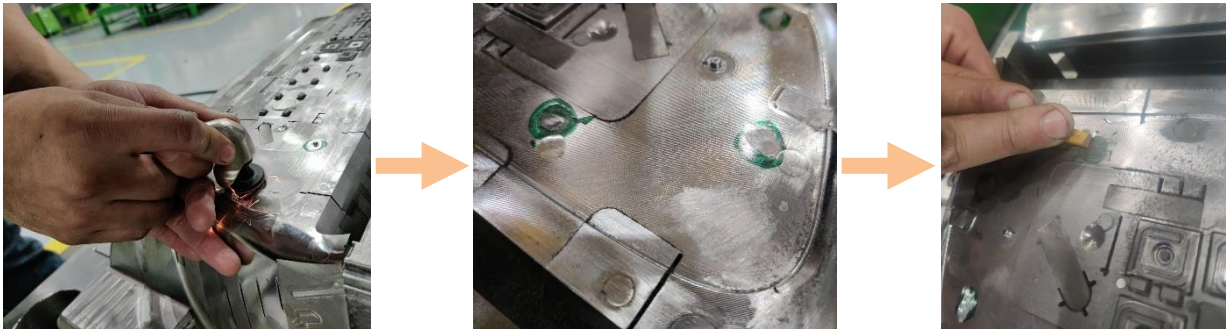


Figura 40 Modificación de los pines del core.

El proceso para dejar en condiciones similares la cavidad fue realizado por el personal ya que es una zona más crítica y requiere una mayor experiencia por lo que solamente se observó cómo avanzó el proceso hasta tener cada uno de los pines rebajados. Para el proceso de pulido únicamente se apoyó con dos de los pines, recibiendo instrucciones del personal para tomar experiencia de esta actividad, se aplicó pasta naranja y utilizando el moto tool con el cepillo de caballo se eliminaron los rayones de la cavidad que se dejaron con la piedra anteriormente y para finalizar el acabado se utilizaron kleenex para aplicar un poco más de pasta amarilla para terminar de quitar lo opaco de la superficie y terminar de limpiar los restos de la misma con limpiador industrial CS-09 y kleenex. El personal se encargó de terminar los pines restantes y dejar toda la superficie con un buen acabado.

5.1.4.2. Limpieza de protector a molde de nuevo modelo

El propósito de esta actividad consistió en dejar en óptimas condiciones el molde para iniciar con las pruebas de inyección, por lo cual fue necesario retirar el protector que les aplican los fabricantes a los moldes para evitar que se tenga presencia de óxido a causa de la humedad a la que se exponen durante el viaje desde el país de origen hasta llegar a la planta.

Para iniciar con esta actividad primero efectuó el proceso de apertura del molde, prácticamente igual que en la actividad anterior pues se seleccionaron los cáncamos y eslingas adecuados para el molde, se utilizó la grúa y la máquina volteadora para posicionar el molde y así poder abrirlo. Posteriormente, como ambas partes internas

del molde están cubiertas con protector fue necesario voltear la parte hembra del molde, una vez hecho esto se tiene lo siguiente (ver Figura 41).

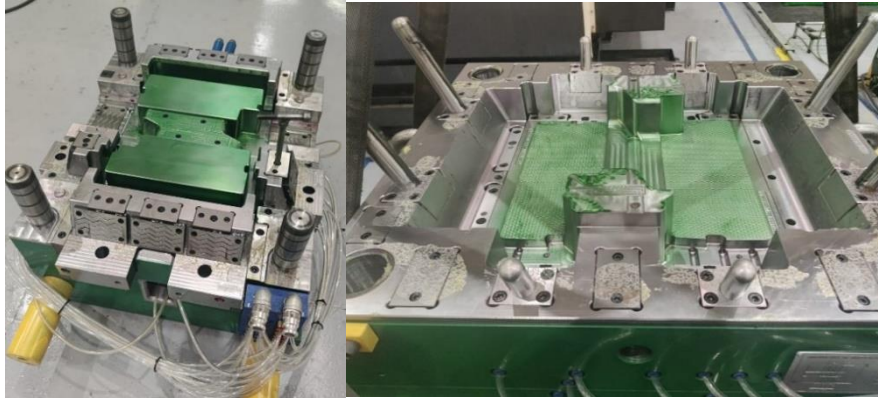


Figura 41 Parte macho y hembra del molde.

Como se puede observar para el caso específico de este molde es necesario retirar los carros, lo que significa que hay que retirar tornillería y los resortes que lleva el molde por lo tanto, fue necesario utilizar una pistola de impacto y dados de acuerdo a la tornillería, se retiraron los resortes helicoidales y posteriormente las cuñas laterales para que los carros tuvieran suficiente espacio. Para retirar los carros se hizo uso de llaves T en conjunto con eslingas y grúa para retirar cada uno y colocarlos en la mesa de trabajo (ver Figura 42).

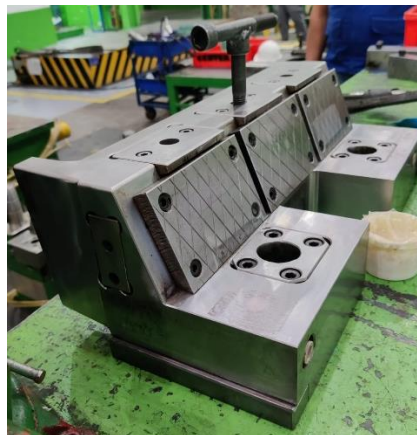


Figura 42 Carro lateral retirado del molde.

Una vez que se realizó lo anterior ya se tiene el molde lo suficientemente desarmado para realizar la limpieza de todos los elementos que están cubiertos de protector.

Utilizando kleenex y limpiador CS-09 se limpiaron las zonas tanto del core, cavidad y carros con acabado espejo, no obstante, es una superficie que se debe evitar dañar para que las piezas no tengan defectos por lo que se deben limpiar con estos elementos evitando malas prácticas como el rociar el limpiador directamente sobre las superficies ya que cuando queda algún tipo de líquido entre los componentes del molde, al momento de inyectar la pieza esta sale manchada. Para el resto del molde y de los carros se utilizó thinner y trapos para retirar los restos de grasa ya que no son zonas críticas como las que se encargan de darle apariencia a la pieza, a pesar de eso se debe seguir evitando la mala práctica mencionada anteriormente.

Una vez que se terminó de limpiar se procedió al armado del molde, sin embargo, antes de ensamblar todo, se colocó grasa en cada una de las correderas tanto de las placas como de los carros y cuñas para que el molde tenga una buena lubricación. Una vez que se lubricó correctamente lo que procedió con el armado del molde comenzando por los carros para posteriormente colocar las cuñas que le corresponde a cada uno.

Se colocó y ajustó nuevamente la tornillería de las cuñas, se pusieron los resortes que le correspondían y por último con la pistola de aire se terminó de limpiar el molde para evitar que quedarán residuos y finalmente realizar el proceso de cerrado del molde.

5.1.4.3. Revisión de placa expulsora

Esta actividad se realizó porque anteriormente se llevó a cabo una limpieza de protector a cargo del personal, no obstante, al ser otro tipo de molde se requiere verificar que la placa expulsora funcione correctamente, la cual se puede observar en la Figura 43, además esto permite realizar una limpieza más profunda a los botadores y lifters sin necesidad de desarmar completamente el molde.

En esta ocasión el molde ya había sido abierto y limpiado en su mayoría por el personal de la planta por lo cual se asignó que se verificará el funcionamiento de la placa expulsora y retirarán los residuos de protector de los pernos botadores y lifters para cerrar el molde.

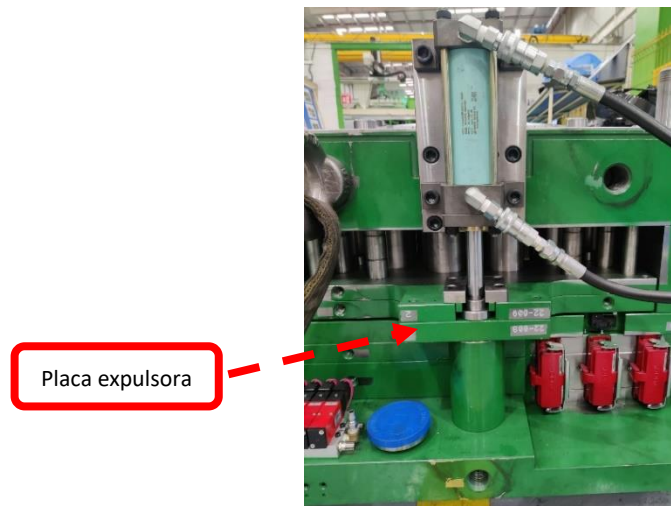


Figura 43 Placa expulsora

Para comenzar con el proceso se hizo la conexión a las entradas macho del sistema hidráulico del molde con las mangueras de la prensa para activar el sistema hidráulico (ver Figura 44) y accionar el sistema de expulsión completo del molde. Una vez que el sistema de expulsión funcionaba se comenzó a revisar que lo hiciera de la manera correcta, es decir, que ninguna placa se estuviera amarrada, así mismo, que los lifters y botadores salieran y entraran sin problemas.

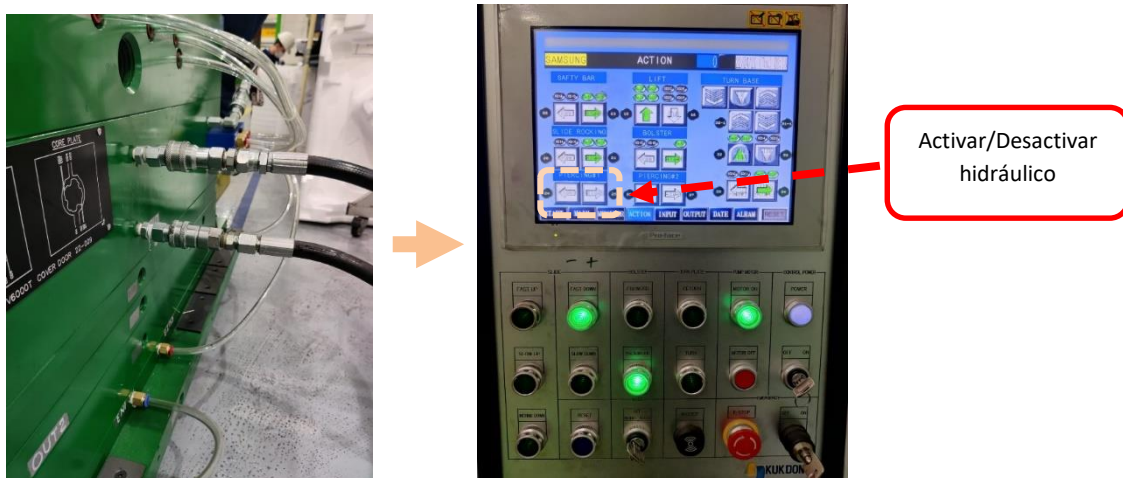


Figura 44 Conexión del molde al sistema hidráulico y su accionamiento.

5.1.4.4. Chequeo de sello del molde

Esta actividad se realizó por la presencia de rebaba en ciertas zonas de las piezas que salían inyectadas del molde (ver Figura 45) por lo cual, era necesario verificar

que tan bien estaba sellando el molde cuando se cerraba para comenzar el ciclo de inyección.



Figura 45 Zonas con rebaba en la pieza.

Se hizo uso de la prensa hidráulica con la que cuenta la planta de inyección, lo primero que se hizo fue mover el molde a la platina BOLSTER pero antes de plantarlo en ella fue necesario retirar el anillo centrador para no dañarlo y verificar que los clamps tanto del BOLSTER como del SLIDE estén en un lugar adecuado y no se golpearan con el molde para posteriormente centrarlo correctamente sin obstáculos como se muestra en la Figura 46.



Figura 46 Molde centrado.

Una vez hecho esto mediante el panel de control de la prensa se acciono el BOLSTER para que regrese a su posición inicial y tener en posición el molde. Lo siguiente que se hizo fue bajar la otra platina (SLIDE), lo cual es aconsejable hacerlo de manera progresiva para no golpear el molde y además realizarlo con los botones SLOW DOWN e INCHING DOWN, este último se utilizó especialmente cuando la

platina se encontraba muy cerca del molde ya que permite que tope con el molde pero sin aplicar presión en él (ver Figura 47).

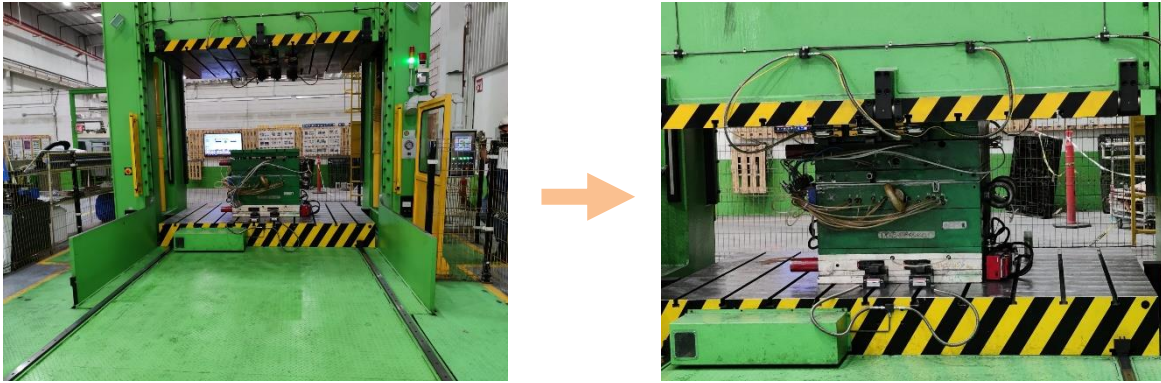


Figura 47 Molde dentro de la prensa.

Ahora que el molde se encontraba entre ambas platinas se comprobó que el espesor de la placa del molde sea de 50 mm ya que a esta distancia es cuando los clamps sujetan el molde correctamente, de lo contrario se puede caer de la prensa y causar un accidente. En el caso de este molde cumplió con el espesor requerido y no fue necesario agregar calzas por lo que se colocaron sin problemas los clamps para sujetar ambas partes del molde como se muestra en la Figura 48.

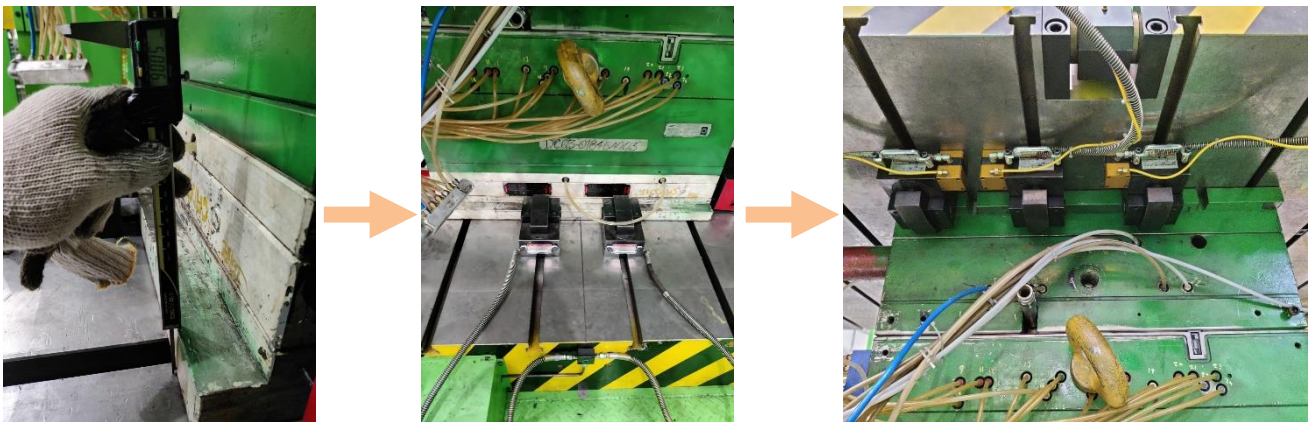


Figura 48 Medición del espesor de la placa base y clamps colocados.

Una vez que se activaron los clamps se dejaron transcurrir algunos segundos en lo que la bomba envía presión a estos mediante mangueras para que se accionen y sujeten el molde, posteriormente usando el modo manual y el botón “FAST UP” del

SLIDE, se realizó la apertura del molde (ver Figura 50). Ahora mediante el botón BACKWORD del BOLSTER se accionó la platina inferior para que saliera totalmente a su posición inicial y con el botón "TURN" de la sección "TURN PLATE" la platina superior giró para de igual manera regresar a su posición inicial.



Figura 49 Abertura del molde en la prensa.

Una vez que ambas partes del molde estaban fuera de la prensa, se protegió la cavidad con cinta masking, las zonas en donde se encuentra el acabado espejo. Después se aplicó sellador rojo sobre las secciones del core donde se observa rebaba en la pieza para identificar en el core si es que el molde está sellando o no (ver Figura 50).

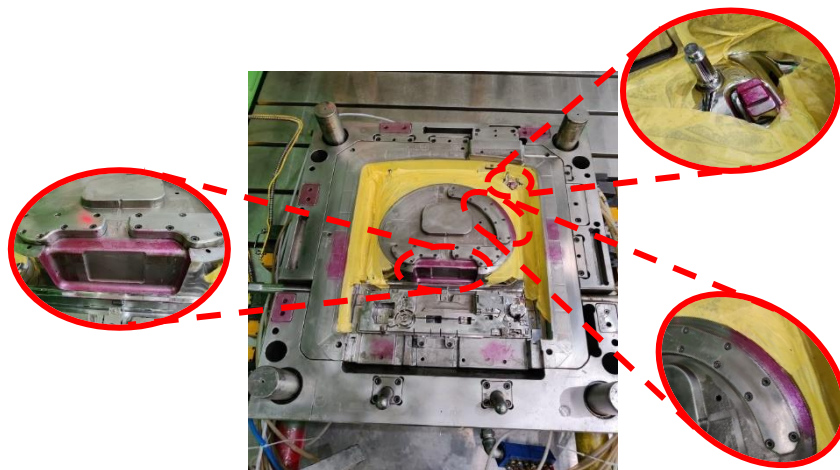


Figura 50 Cavidad con pintura para verificar sello en zonas con rebaba y otras zonas del molde.

En ese momento el molde se encuentra listo para realizar la prueba de sellado por lo que fue momento de efectuar el proceso de cierre del molde en donde se utilizó el botón “RETURN” de la sección “TURN PLATE” para que nuevamente la platina se colocara en la parte superior y con “FORWORD” para que el BOLDSTER se colocará de manera vertical a la platina.

Se utilizó la máquina en modo manual para nuevamente utilizar los botones “FAST DOWN” e “INCHING DOWN” para acerca de manera progresiva la parte superior del molde y para terminar de sellarlo, en la pestaña MAIN, se colocó la carga que se desea aplicar para sellar el molde. Se comenzó aplicando una carga inferior a los 200 psi para posteriormente someter a los 200 psi que aplican las máquinas inyección cuando está el molde montado en estas.

Una vez que se seleccionó la carga deseada, se utilizó el botón “FAST DOWN” para aplicar la carga en el molde y posteriormente abrirlo nuevamente para revisar si la cavidad tenía muestras de sellador rojo lo que daría como resultado que el molde si sella de manera correcta, no obstante, en este caso no fue así por lo que era necesario colocar una capa de cinta masking con el propósito de saber cuánta cantidad de mm le hacía falta en la zona para que termine de sellar ya que cada capa de cinta mide 1 décima de milímetro. Consecutivamente se fue necesario repetir el proceso hasta que el molde selló correctamente, el proceso de soldadura, rectificación y verificación de sello para terminar la actividad lo llevó a cabo el personal

5.1.4.5. Habilitación de Hot runner y conjunto de válvulas en molde obsoleto

Se habilitó el hot runner completo y conjunto de válvulas de un molde que se encontraba obsoleto en el almacén porque se requería que entrará en producción nuevamente, sin embargo, antes de eso era necesario que el molde estuviera en óptimas condiciones. Primeramente, se tuvo que retirar el runner del molde para voltearlo de manera que se pueda observar completamente el runner por debajo, se identificó que gran parte del cableado estaba desconectado y no estaba

ordenado de acuerdo al diagrama del molde, además de que el conjunto de válvulas no servía por lo que era necesario realizar el cambio por unas nuevas.

Se comenzó por la parte del cableado en donde se retiraron los clips que sostienen los cables en cada uno de los canales del runner para limpiarlos y retirarlos de los conectores, los cuales también se reemplazaron por nuevos, en el caso de este molde se utilizaron conectores de 24 pines y válvulas de 220 voltios de corriente alterna.

Para distribuir correctamente los cables a través de los canales del runner se identificaron los cables correspondientes a cada una de las resistencias y su respectivo termopar, esto es importante para no tener cables sueltos por todos lados y realizar correctamente la conexión en los conectores. Las resistencias no tienen polaridad, no obstante, el termopar sí por lo que se identificó el cable positivo (cable azul) y negativo (cable rojo) para realizar las conexiones como se muestra en la Figura 51.

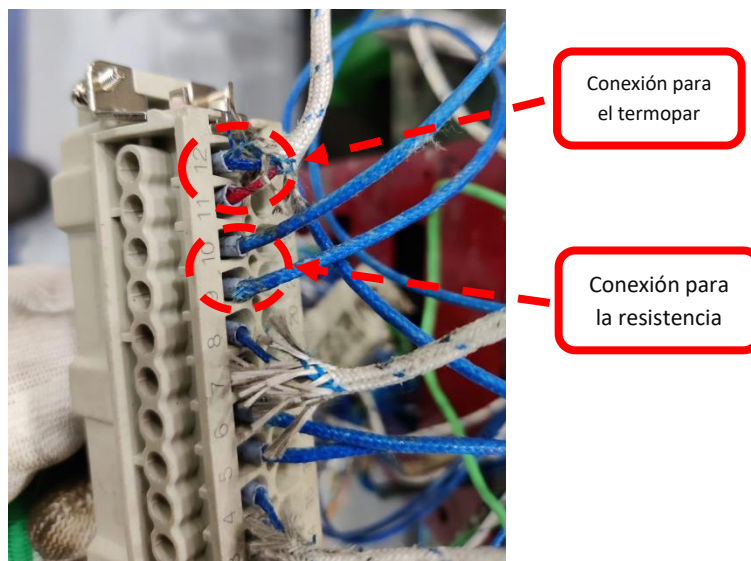


Figura 51 Conexión para el termopar y resistencia.

Una vez que se realizaron las conexiones en cada uno de los conectores se ordenaron los cables de cada una de las resistencias y termopares que corresponden a los distintos torpedos, se agruparon con cinchos para tener un mejor

orden y manejo de los mismos como se observa en la Figura 52. Se acomodaron en los canales y se colocaron los clips nuevamente para evitar tener desorden en el molde.

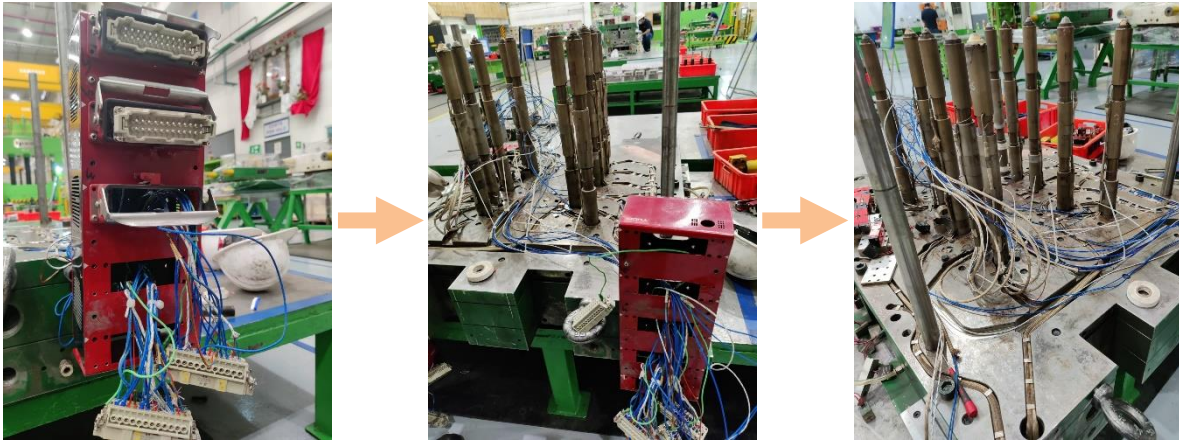


Figura 52 Conectores listos y orden del cableado.

Para el caso de las válvulas fue necesario retirar las que se encontraban en mal estado (ver Figura 53) para reemplazarlas por nuevas ya que el molde tenía demasiado tiempo guardado en el almacén y se dañaron. Para terminar la actividad se verificó que las válvulas y el cableado funcione correctamente para lo cual se hizo uso de los controladores con los que cuenta el área para comprobar que las resistencias llegaran a la temperatura correspondiente de 220 °C y se mantiene ahí y se probaron que las válvulas accionen los obturadores que permiten la inyección de plástico.

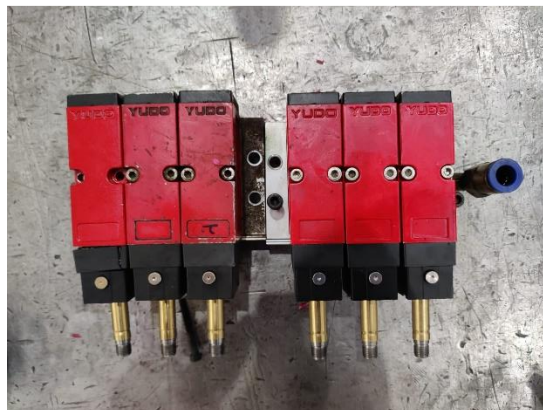


Figura 53 Válvulas dañadas.

5.1.4.6. Prueba de fuga

La actividad se realiza para verificar que los moldes no tengan fugas internas y externas ya que si esto llega a ocurrir en el proceso de inyección provocaría que las piezas fabricadas sean defectuosas por manchas en la superficie lo cual impacta en la calidad de las mismas y se requeriría detener la máquina para revisar el molde para solucionar las fugas, habría tiempos muertos en la producción lo cual demuestra la importancia de la presente actividad.

En esta ocasión el personal terminó de realizar mantenimiento preventivo al molde por lo que ahora correspondía verificar que el molde no presentará fugas. Primeramente se ubicó el molde en el área de pruebas de fuga para realizar la conexión de las mangueras donde se revisó que la conexión de las mangueras estuviese correctamente así como las del sistema de enfriamiento del molde ya que es muy peligroso realizar la prueba si una de las mangueras está desconectada porque puede ocurrir un accidente (ver Figura 54).

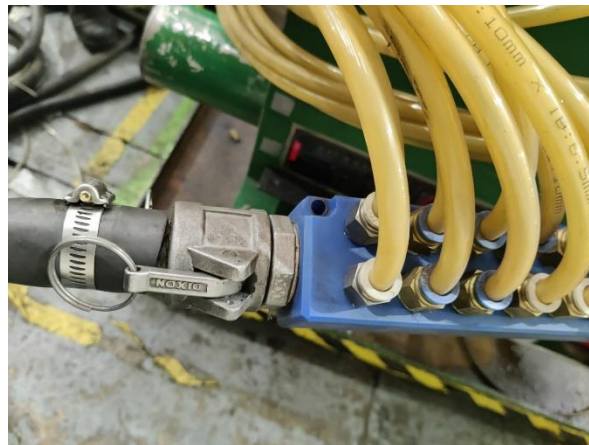


Figura 54 Conexión de mangueras para realizar prueba de fuga.

Para realizar la prueba de fuga se utilizó un compresor junto con una estructura armada en la propia área de moldes de inyección que permite introducir agua en el interior del molde (Ver Figura 55). Como primer paso para continuar con la revisión y que no se tengan mangueras sueltas o en mal estado se abre la llave para introducir dentro del molde, de esta manera, si alguna manguera se suelta porque

ya no sirve o el conector está en mal estado se puede cambiar antes de continuar con la prueba.

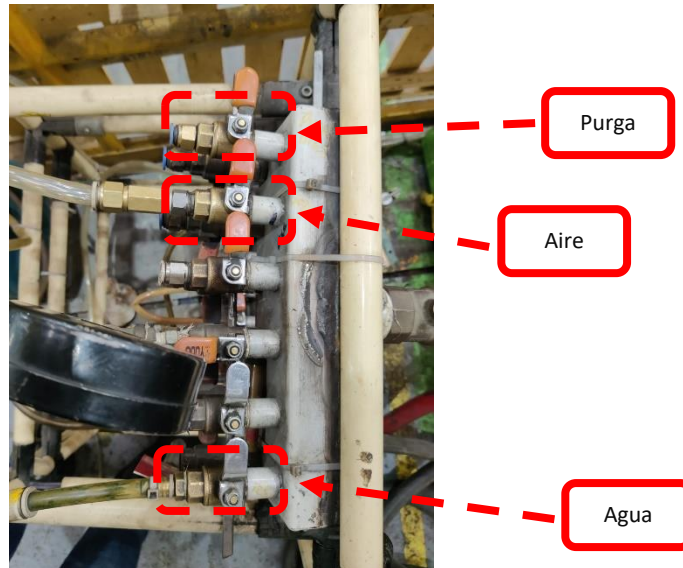


Figura 55 Llaves de la estructura para el uso del agua, aire y purga.

El molde no presentó ninguna problema por lo cual se procedió a abrir la purga para sacar el aire por completo del interior, una vez que no queda aire , lo siguiente es abrir la llave del agua y la purga para el agua para evitar que queden burbujas de aire y el molde no tenga presión en demasiada cantidad. Segundos después se cerró la purga del agua para inyectar presión mediante el compresor, la presión que se debe aplicar es de 0.35 Mpa aproximadamente y no se debe exceder mucho más de esta cantidad, en este punto se esperó a revisar si el molde presentaba fugas. Se observó el core y conectores, ya que son los lugares más comunes para identificar fugas internas y externas y desafortunadamente en 3 conectores se apreció fuga de agua lo cual requirió que se bajara el molde para realizar el cambio como se observa en la Figura 56 y volver a realizar la prueba de fuga de agua.

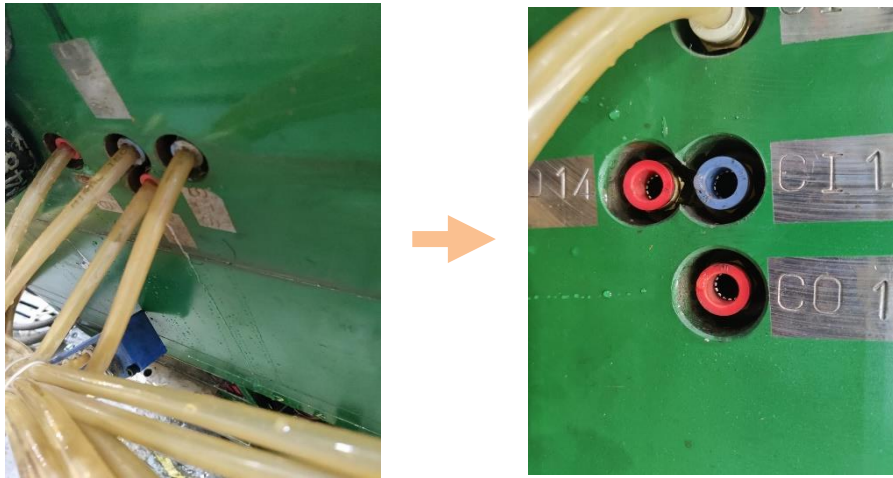


Figura 56 Fuga de agua por conectores en mal estado.

5.2. Metodología del proyecto

5.2.1. Etapa 1.- Planear

- Paso 1.- Definir y analizar la magnitud del problema

Dentro del área de moldes de inyección se llevan a cabo las diversas reparaciones y/o modificaciones que requieren los moldes para fabricar las piezas de los distintos modelos de lavadoras, secadoras y refrigeradores que se producen. Para medir la productividad, las pérdidas y desperdicios cada sub área de la planta de inyección cuenta con sus propios KPI's que deben cumplir para sus estándares de calidad y productividad, en el caso específico del área de moldes de inyección se tienen los KPI's de Scrap y Loss Time. Desde el inicio del presente año se están teniendo problemas principalmente con Loss Time ya que se está rebasando el Target de 8 200 minutos semanales para realizar las reparaciones y/o modificaciones que se solicitan (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Tabla 6 Target semana 9 -12 y Loss Time

	Semana			
	9	10	11	12
Target (min)	8200	8200	8200	8200
Tiempo (min)	8357	8381	8298	8315
Loss Time (min)	157	181	98	115

Esto no solamente afecta en el desempeño y productividad de la misma área sino que también repercute en otras pues al entregar fuera de tiempo los moldes reparados las máquinas del área de inyección se mantienen paradas en ocasiones lo cual impacta directamente en la producción de la planta de inyección. También se tienen desperdicios pues, en ocasiones, al montar los moldes nuevamente en las máquinas de inyección, se dañan al poco tiempo porque el trabajo no se hizo correctamente y existen perdidas por las piezas dañadas que se produjeron, el tiempo que va a requerir reparar el molde nuevamente y el paro de máquina. Por lo tanto la hipótesis del presente proyecto es que al aplicar la medida de remedio para eliminar las causas que generan los tiempos muertos estos disminuirán en una cantidad de 200 minutos. A continuación se muestra la hoja de registro (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) con los datos de los moldes más críticos

que surgieron durante el periodo de tiempo de las 4 semanas mencionadas anteriormente.

Tabla 7 Hoja de registro de moldes.

Molde	Semana				Total
	9	10	11	12	
Cap Door R REF		1			1
Case Basket Low		1			1
Case Filter					0
Case Veg Low				1	1
Cap Door Up	1				1
Case French Front	4				4
Case Veg Left	1				1
Case Dispenser		3			3
Case French		4			4
Case Hub In		2		3	5
Case Basket			1	1	2
Case Veg Right			2		2
Cover Filter	2			2	4
Cover Lamp				1	1
Cover Panel	3	3	3	7	16
Cover Top	3	3	3	7	16
Cover Veg		7	3	5	15
Cover Veg Front					0
Cover Basket	1	1			2
Cover chilled Room	2				2
Cover Dispenser		1			1
Cover Guard	4	1			5
Cover Veg Low	1				1
Cover Door			4	1	5
Door Lid TC	4	9	8	6	27
Door Lid TC Lower	1			2	3
Duct Left		2			2
Guard Ref	4	2	5	7	18
Guard Variety	5			2	7
Guide Led	1				1
Guard Ref Right		2			2
Guard Ref Up		1		1	2
Guard Variety R		3			3
Guard Ref Low			1		1

Molde	Semana				Total
	9	10	11	12	
Holder Glass				1	1
Panel Control	9	7	8	9	33
Rail Veg R	2				2
Rail Ref Up			1		1
Rail Ref Up L			6		6
Rail Veg R			3		3
Support Rail Low L	4				4
Support Rail Low R	3				3
Top Cover	1		3		4
Top Table	2	2			4
Tub Outer	6	4	3	5	18

De la hoja de registro anterior se puede observar que durante ese periodo de tiempo se atendieron gran cantidad de moldes correspondientes a distintas piezas para modelos de los productos que se fabrican, sin embargo, para atacar de manera más efectiva el problema y no perder el enfoque en otras causas que no son tan críticas es necesario comenzar a descartar información que tiene menor relevancia para encontrar las principales causas del problema. Se comenzó a analizar los moldes de inyección que se atienden en el área de manera más frecuente y de la hoja de registro se puede llegar a la conclusión de que los moldes más críticos son los que se muestran a continuación en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 8 Estratificación moldes más críticos.

Moldes más críticos				
Molde	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada
Panel Control	33	23.08%	33	23.08%
Door Lid TC	27	18.88%	60	41.96%
Tub Outer	18	12.59%	78	54.55%
Guard Ref	18	12.59%	96	67.13%
Cover Top	16	11.19%	112	78.32%
Cover Panel	16	11.19%	128	89.51%
Cover Veg	15	10.49%	143	100.00%
Total	143	100.0%		

Ahora que ya se tienen los moldes más críticos y una menor cantidad de datos se facilitará el identificar los datos en los que realmente se debe enfocar para no cometer errores en la solución del problema. Lo siguiente es seguir profundizando

el análisis por medio de un diagrama de Pareto (ver Figura 57) el cual permite ver de manera más gráfica lo obtenido en la tabla anterior y al mismo encontrar en qué moldes están las principales pérdidas de tiempo.

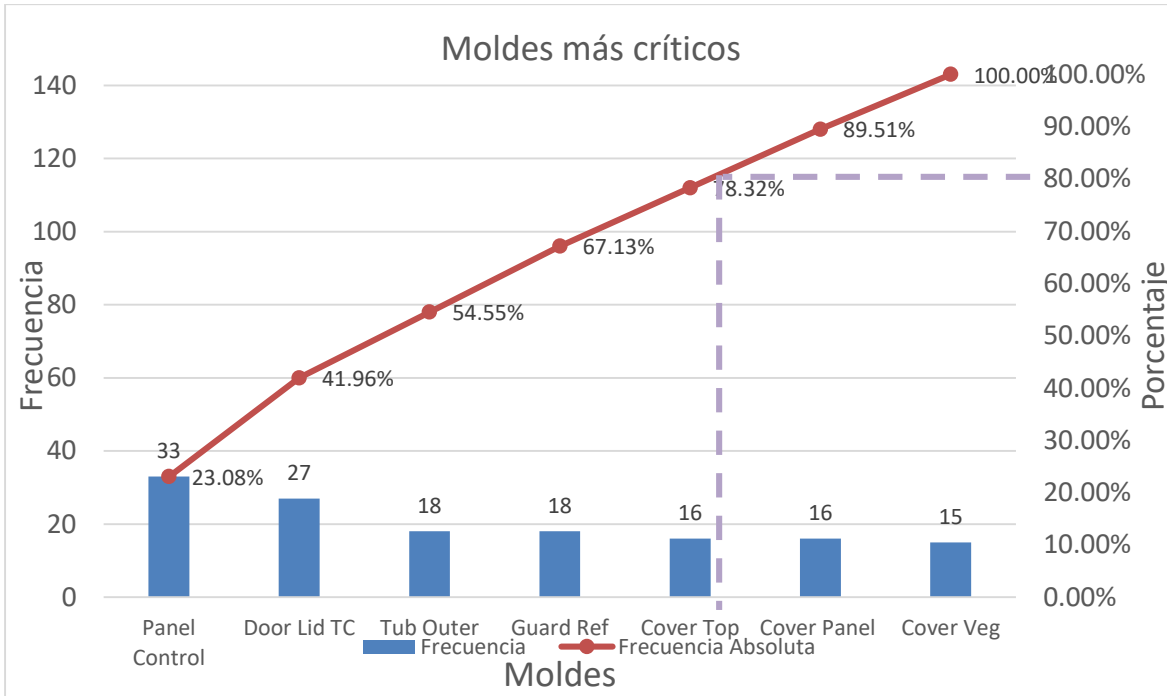


Figura 57 Moldes más críticos

Del diagrama se puede interpretar que de los 7 moldes que se atienden con mayor frecuencia en el taller se debe de enfocar solamente en Panel Control, Door Lid TC, Tub Outer, Guard ref y Cover Top.

El haber realizado el diagrama de Pareto permitió reducir el número de moldes que se tenía en el registro de datos mediante la ley “80-20” por lo que los moldes anteriormente mencionados corresponden a ese 20% el cual representa las causas que se requieren eliminar. A continuación se muestra una hoja de registro (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) que se realizó en para encontrar qué actividad o actividades son en las que el personal está requiriendo mayor tiempo para completarlas, dichas actividades son las que se realizan en los 5 moldes que se obtuvieron del diagrama de Pareto anterior.

Tabla 9 Moldes más críticos semana 9.

Semana 9								
Nombre	Actividad							Trabajo en maquina
	MOD	REP	FLASH	PULIDO	PMS	PMC	Otros	
Cover Panel				1			1	
Cover Panel			1					
Cover Panel			1	1				
Cover Top		1		1		1	1	
Cover Top		1				1	1	
Cover Top				1		1	1	
Door Lid TC		1				1		
Door Lid TC		1				1		
Door Lid TC				1				1
Door Lid TC				1				1
Door Lid TC		1						
Guard Ref				1				1
Guard Ref		1						
Guard Ref				1				1
Guard Ref		1		1	1			1
Panel Control			1		1			
Panel Control				1			1	1
Panel Control				1			1	1
Panel Control							1	
Panel Control				1				1
Panel Control							1	
Panel Control		1	1		1		1	
Panel Control				1				1
Panel Control			1					
Tub Outer		1				1		
Tub Outer		1				1		1
Tub Outer		1				1		
Tub Outer		1						
Tub Outer		1					1	1
Tub Outer		1				1		
Total	0	14	5	13	3	9	10	11

Se realizó una hoja de registro de manera similar para las semanas 10,11 y 12 para tener clasificada la información y proceder a estratificar para realizar un análisis más claro por lo que se realizó la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** en donde se muestra cada una de las actividades y la frecuencia con la que se

registraron durante las 4 semanas, mismo periodo en el cual se tomaron los datos de los moldes más críticos.

Tabla 10 Estratificación de las principales actividades.

Actividades más frecuentes				
Actividad	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada
Pulido	73	30.67%	73	30.67%
Rep	56	23.53%	129	54.20%
PMS	40	16.81%	169	71.01%
Otros	29	12.18%	198	83.19%
PMC	20	8.40%	218	91.60%
Flash	16	6.72%	234	98.32%
Mod	4	1.68%	238	100.00%
Total	238	100.00%		

De la tabla se puede observar que la actividad que tiene mayor frecuencia es el proceso de pulido, de ahí se puede pensar que solamente esta actividad es la principal y única causa de que se tengan las pérdidas de tiempo, no obstante, al igual que en el caso de los moldes es necesario realizar un Pareto de segundo nivel el cual se puede observar en la Figura 58 para verificar si esto es cierto o tal vez alguna otra actividad o actividades también son causas que se deben considerar.

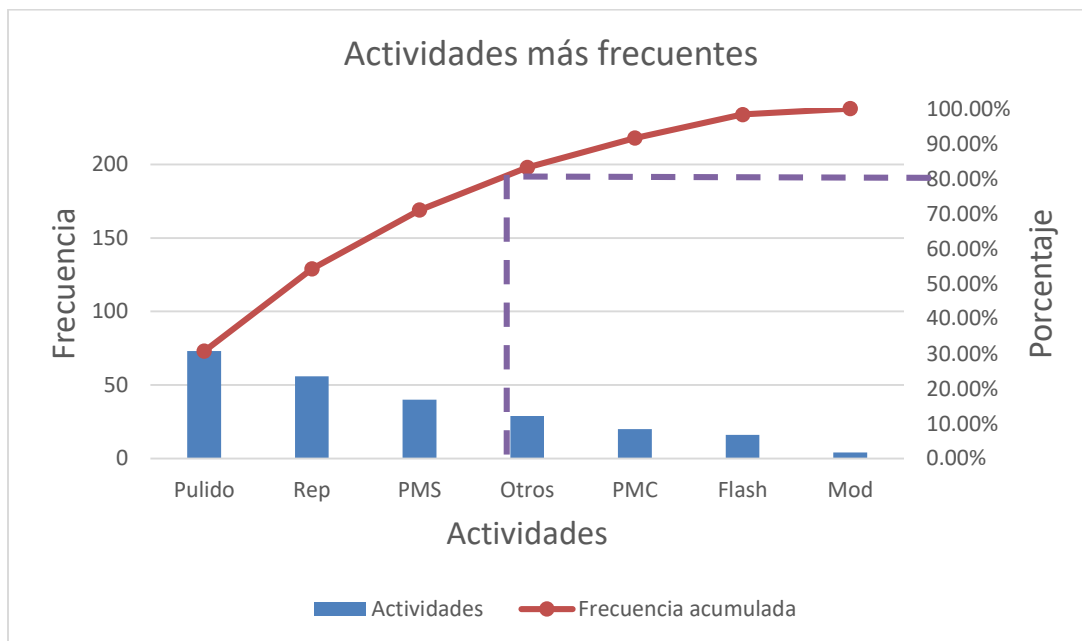


Figura 58 Diagrama de Pareto de las actividades más frecuentes.

Del diagrama de Pareto se concluye que las tres actividades en las que más se consume tiempo son el proceso de pulido, reparaciones y mantenimiento preventivo simple, sin embargo, esta última al ser una actividad que le corresponde al área de mantenimiento preventivo (PM) se descartará ya que dicha actividad se realiza en ciertos lapsos de tiempo para dar soporte cuando PM tiene mucha carga de trabajo.

➤ Paso 2.- Buscar todas las posibles causas

Una vez que ya se analizó y delimitó el problema se procedió a realizar una lluvia de ideas para encontrar las posibles causas que influyen para que no se esté cumpliendo con el target de minutos establecido en el área y por consecuencia se tengan las pérdidas de tiempo. Con dicha lluvia de ideas se llegaron a las siguientes causas:

1. Falta de estandarización

Se observó que cada uno de los integrantes del personal tiene distintas formas de realizar las actividades para la reparación de un molde lo cual implica que en ocasiones se tarde más en hacer las reparaciones.

2. No se identifica la herramienta necesaria para realizar las reparaciones.

El ritmo de trabajo se ve afectado porque el personal no se percató de la herramienta que se necesita para realizar la reparación lo cual retrasa en un tiempo considerable el terminar la actividad ya que esto se da de manera frecuente y cuando es una reparación en la que el molde está montado en máquina esta causa se vuelve aún más crítica.

3. Se olvidan de colocar todos los elementos del molde al estarlo ensamblando.

Hubo ocasiones en las que el personal ensambló completamente el molde y al final se percataron de que les faltó un inserto, lifter o un botador, por mencionar algunos elementos, y se tiene que volver a desarmar para colocar el elemento faltante lo que requiere más tiempo del que debería haber abarcado la reparación.

4. Inexperiencia para realizar las reparaciones.

En ocasiones se le asigna a otro miembro del personal con menor experiencia o conocimiento el efectuar la reparación por lo que se demora más tiempo en realizarla.

➤ Paso 3.- Investigar cuál es la causa más importante

Mediante la lluvia de ideas generada anteriormente se identificaron las causas que generan el problema, a pesar de eso es necesario identificar cuáles son en las que realmente se debe de hacer énfasis para resolver de manera permanente el problema. Para identificar tales causas se realizó nuevamente una estratificación la cual se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, las causas se registraron durante un periodo de 2 semanas.

Tabla 11 Estratificación por causas.

Causas de las pérdidas y desperdicios				
Causa	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
Falta de estandarización.	7	33.33%	7	33.33%
Inexperiencia	7	33.33%	14	66.67%
Se olvida de la herramienta necesaria.	5	23.81%	19	90.48%
Ensamble del molde incompleto.	2	9.52%	21	100.00%
Total	21	100.00%		

De la estratificación se puede observar que las causas que más se presentaron durante las 2 semanas de registro son la falta de estandarización y la inexperiencia, sin embargo, la tercera causa no se encuentra muy por debajo de estas por lo cual nuevamente se realizó un diagrama de Pareto (ver Figura 59) para identificar de manera visual cuales son las que se deben considerar realmente importantes o las que realmente influyen para que se dé el problema.

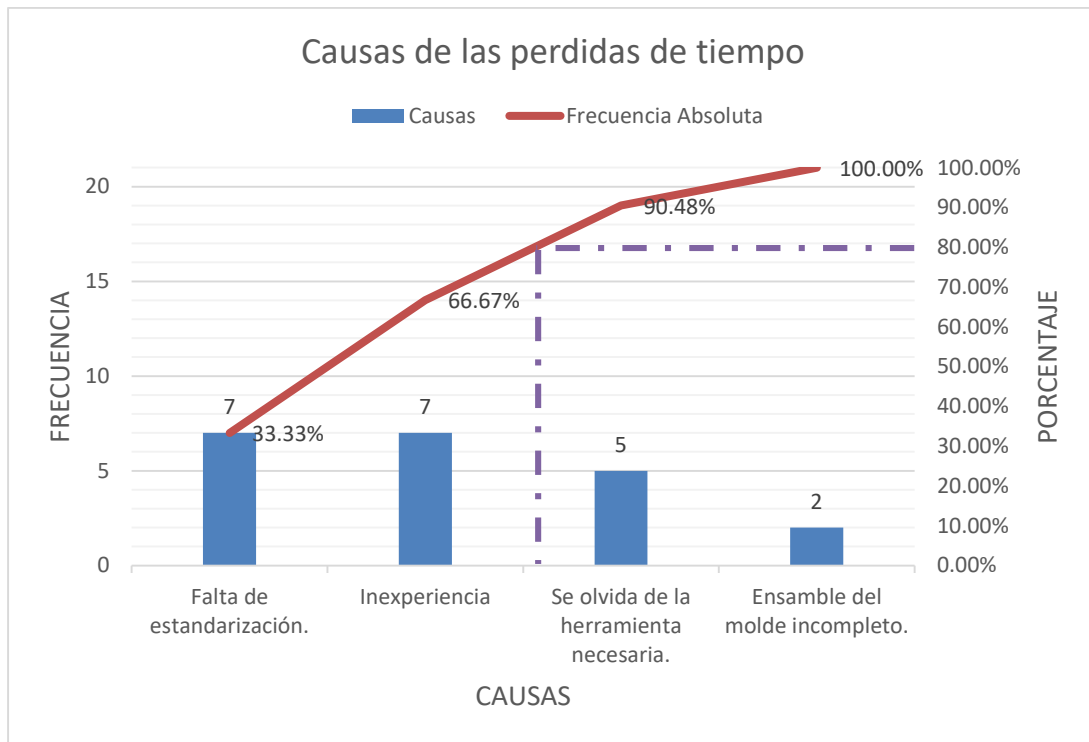


Figura 59 Diagrama de Pareto de las causas de las pérdidas de tiempo.

Del diagrama de Pareto se puede concluir que la falta de estandarización e inexperiencia son las causas a eliminar para darle solución al problema por lo que las medidas de remedio que se apliquen deben de eliminar tales causas.

➤ Paso 4.- Considerar medidas de remedio

Después de haber realizado el análisis completo del problema y sus causas, se llegó a que la medida de remedio que se va a implementar es un manual que permita instruir al personal paso a paso para realizar las diferentes actividades de reparación que se realizan en el área de moldes de inyección ya que esto ataca directamente a las causas identificadas en el diagrama de Pareto (Figura 59). El manual incluirá las actividades de pulido y reparaciones, esta última categoría contendrá las actividades que se realizan de manera más frecuente para que el personal las pueda encontrar fácilmente en el contenido del manual.

Se implementará en el área de moldes de inyección durante el tiempo más prolongado posible por lo que se pondrán en práctica medidas para que el personal continúe utilizando el manual ya que lo que se busca es que se adopte un mismo método de trabajo para realizar las actividades de reparación y cada miembro del personal cuente con las mismas bases acerca de tales reparaciones.

Para implementar el manual se seguirá el diagrama de flujo (Figura 60) que se muestra a continuación.



Figura 60 Plan de implementación.

5.2.2. Etapa 2.- Hacer

- Paso 5 Poner en práctica las medidas de remedio.

Una vez que se planteó cómo se va a implementar el manual se debe de seguir el plan correctamente, es por eso que primeramente se va a realizar una reunión con

los gerentes del área con el fin de presentar la propuesta del manual así como la hipótesis de los resultados que se esperan obtener de su implementación, una vez que se autorizó es importante verificar el estado de los indicadores de productividad en el área para conocer el estado de los mismos antes de aplicar el manual y programar la capacitación de forma que no afecte tanto el flujo de trabajo, lo más conveniente será en grupos de 2-3 personas máximo para que los demás integrantes del personal sigan atendiendo las reparaciones requeridas en los moldes.

Posteriormente, con apoyo del gerente y líder del grupo se impartirá la capacitación en donde se explicará a detalle cómo deben de seguir el manual para realizar las actividades de reparación en los moldes de inyección, las secciones que contiene el manual, lo que pueden encontrar en cada una de ellas y donde pueden consultar el manual. Una vez concluida la capacitación se atenderán las dudas que presente el personal para aclararlas antes de comenzar con la implementación del manual en donde se les entregará una copia del manual a cada uno para que puedan revisarlo con más detalle si se les olvida un paso, herramienta o como utilizarla. Por último se debe de verificar que se está cumpliendo con su uso de manera correcta, esto se explica con mejor detalle en el paso 7 de la Etapa 4 “Prevenir recurrencia del problema”

5.2.3. Etapa 3.- Verificar

- Paso 6.- Revisar los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos así como su análisis correspondiente a la etapa 3 del ciclo PHVA se pueden encontrar en los capítulos 6 y 7 del presente informe de residencias.

5.2.4. Etapa 4.- Actuar

- Paso 7.- Prevenir la recurrencia del problema.

Al implementar el manual se busca que se utilice frecuentemente por el personal ya que si únicamente se mantiene vigente durante 2-3 semanas y después se vuelve a la misma manera de realizar las reparaciones de antes, el problema de tener

pérdidas de tiempo se volverá a presentar lo cual no es lo deseado pues el objetivo de estandarizar cada una de las reparaciones que se realizan de manera más frecuente en el área es establecer una misma metodología de trabajo y que el personal se encuentre mejor capacitado.

Por lo tanto, para evitar la recurrencia del problema se realizará una junta de manera semanal en la cual se promoverá el uso constante del manual que en caso de ser necesario pueden hacer consulta del mismo en la zona general del área en la sección de documentos. Considerando que es muy probable que no todos los miembros del personal consideren estas recomendaciones en la junta, se le dará la responsabilidad al supervisor en turno de verificar si se está utilizando la metodología, herramienta y recomendaciones descritas en el manual de lo contrario deberá reportar con el líder del grupo para tener conocimiento de la situación.

El manual se actualizará a nuevas versiones que incluyan mayor número de herramientas en los pasos a seguir en el proceso de pulido para continuar capacitando al personal y con esto la información que contiene no se vuelva obsoleta ya que puede que el personal aprenda correctamente cómo realizar el proceso de pulido y ya no necesite consultarlo, lo que provocaría que el manual únicamente sea útil para personal con poca o nada de experiencia sobre el proceso.

➤ Paso 8.- Conclusión.

Las conclusiones a las que se llegaron mediante los 7 pasos aplicados anteriormente se muestran en el capítulo 8, sección 8.1 del presente informe de residencias.

Capítulo 6

Resultados

6.1. Resultados de la metodología de trabajo

A continuación se presentan los resultados obtenidos a partir de la metodología de trabajo de la sección 5.1 en la cual se describieron las actividades realizadas durante la capacitación que se realizó en el área de moldes de inyección.

- **Autocapacitación**

A la par se realizó una investigación de los conocimientos básicos necesarios para cumplir con la autocapacitación necesaria para complementar lo aprendido durante la capacitación en la planta. En el capítulo 2 del presente informe de residencias quedaron plasmados cada uno de los tópicos investigados para eliminar dudas e inquietudes que surgían ya que al comienzo de las residencias profesionales no se tenía conocimiento ni siquiera de lo básico acerca de los moldes de inyección.

- **Identificar los principales aditamentos para manipular un molde**

A partir de realizar la actividad se aprendió cómo se deben de utilizar cada uno de los aditamentos que se utilizan para manipular el molde de acuerdo a sus características ya que cada una de las eslingas y cáncamos cuentan con ciertas dimensiones y capacidad de carga. Con esto se evitó el utilizar los aditamentos incorrectos o el realizar un mal uso de los mismos, por consiguiente, los moldes se manipularon de manera segura sin ocasionar accidentes dentro de la planta.

- **Modificación de pines en el core y cavidad**

Después de realizar el proceso de rectificado y pulido se procedió a retirar la cinta masking y realizar la limpieza de toda la cavidad para eliminar cualquier residuo, se observaron los resultados mostrados en la Figura 61. Se cumplió satisfactoriamente con la actividad y se evaluó que tanto la cavidad como el core no tuvieran

deformaciones y los acabados estuvieran en óptimas condiciones para no tener problemas de defectos en las piezas lo que requeriría bajar el molde para realizar un proceso de pulido.

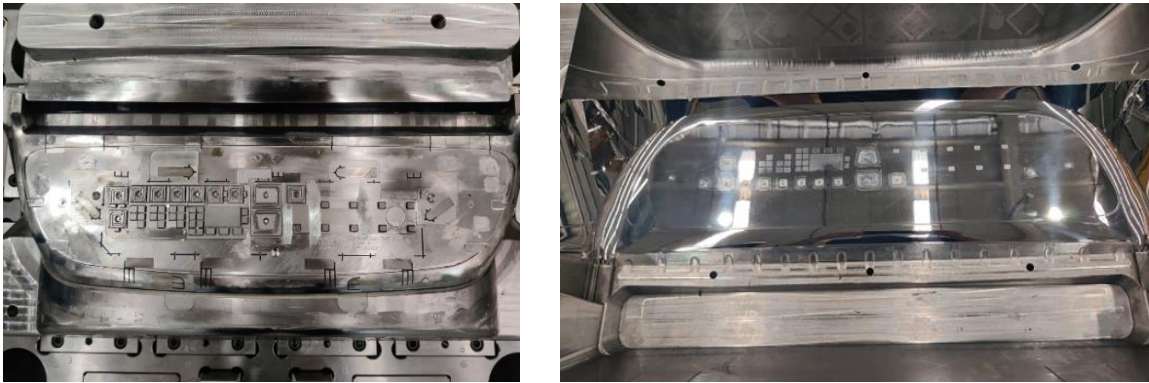


Figura 61 Core y cavidad después de la modificación.

- **Limpieza de protector a molde de nuevo modelo**

Se completó la limpieza del core y cavidad de manera satisfactoria ya que el realizar el desarmado del core, que es la parte que requiere más tiempo de trabajo a comparación de la cavidad, permitió realizar la limpieza con mayor profundidad y se obtuvo lo que se muestra en la Figura 62. Fue importante limpiar cada uno de los diferentes acabados con los materiales adecuados para evitar realizar malas prácticas y una limpieza de mala calidad.

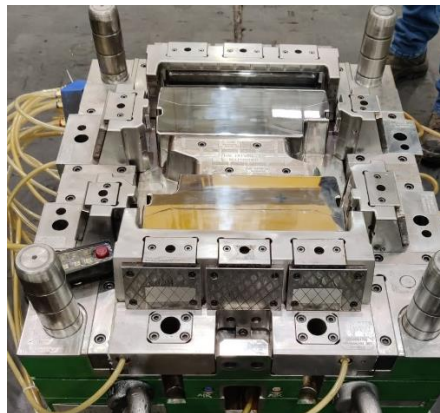


Figura 62 Parte macho del molde completamente limpia.

- **Chequeo de placa expulsora**

La placa de expulsión tuvo un accionamiento correcto ya que no se tuvo problemas de ajuste al momento de ser accionada con ayuda del sistema hidráulico de la prensa (ver Figura 63).

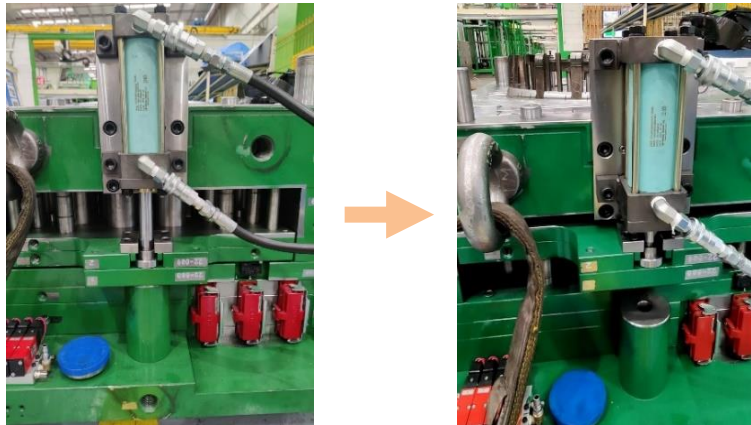


Figura 63 Funcionamiento de la placa expulsora.

Además de verificar la placa, se observó que el conjunto de lifters y botadores se desplazaran sin mayor inconveniente (ver Figura 64) porque en ocasiones hay moldes que los fracturan por que no están bien alineados con la placa o se tienen que rectificar.

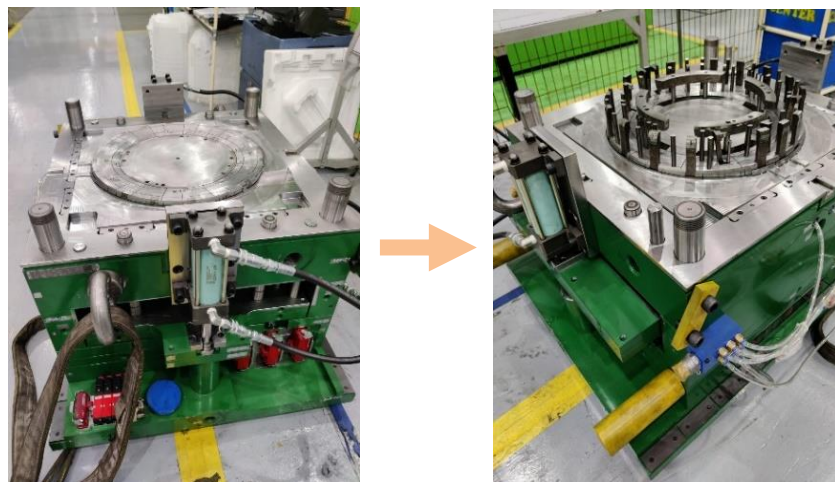


Figura 64 Funcionamiento del sistema expulsor.

- **Revisión de sello del molde**

La revisión del sello dejó ver que el molde necesitaba de 4 décimas de milímetro para que este sellara correctamente, por lo que se requirió realizar el proceso de revisión más de 1 vez. Influyó mucho el que tuviera más de 1 zona en las cuales necesitaba de soldadura para aumentar el grosor de las paredes, como se puede observar en la Figura 65, se revisaron 3 zonas de la cavidad por un mal sellado en el molde.

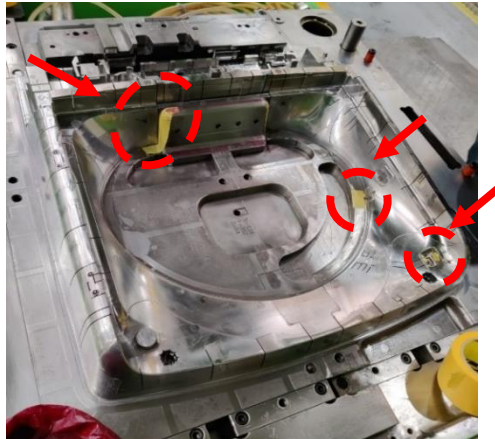


Figura 65 Capas de cinta masking en zonas con rebaba.

- **Habilitación de hot runner y conjunto de válvulas en molde obsoleto.**

Se habilitó correctamente el hot runner completo, se necesitó de ordenar, limpiar y colocar terminales nuevas en los cables para asegurar su correcto funcionamiento así como conectores nuevos ya que el molde se tuvo parado en el almacén por un largo tiempo, además, 2 válvulas se encontraban fracturadas por lo que se optó por cambiar todo el conjunto y no tener que realizar un cambio cuando el molde se encontrará montado en máquina (ver Figura 66).

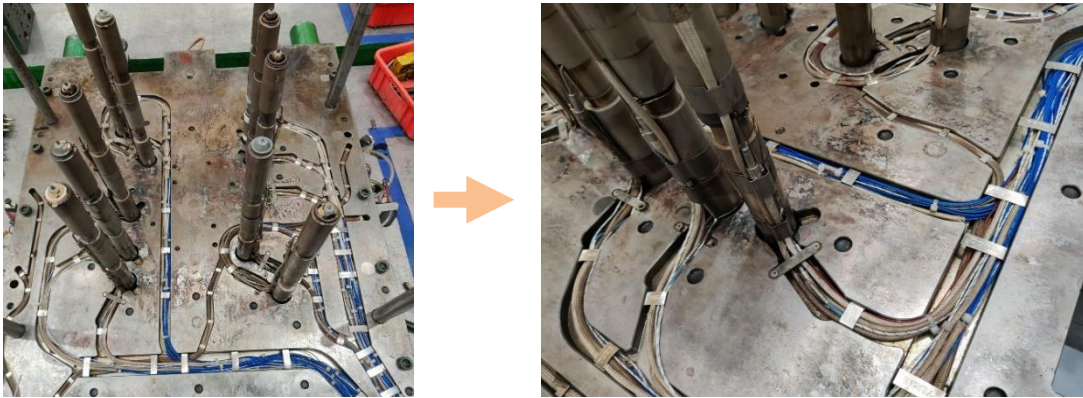


Figura 66 Cableado de hot runner.

Por último, la prueba de temperatura se realizó de manera exitosa ya que las resistencias se mantuvieron en los 220°C sin excederse, los resultados de la prueba se muestran en la Figura 67.

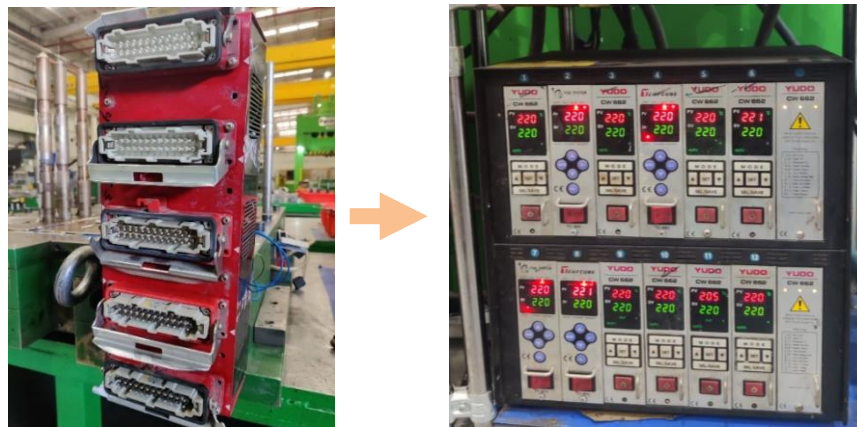


Figura 67 Conectores nuevos y controladores para prueba de temperatura del hot runner.

- **Prueba de fuga de agua**

Después de colocar los nuevos conectores (ver Figura 68), se realizó nuevamente la prueba para comprobar que el molde no tuviera ningún tipo de fugas internas. El proceso para realizar la prueba de fuga fue exactamente igual a como se describe en la sección 5.1.3.6 y se obtuvieron resultados favorables ya que el molde no presentó fugas por lo que se procedió a cerrarlo para su liberación.

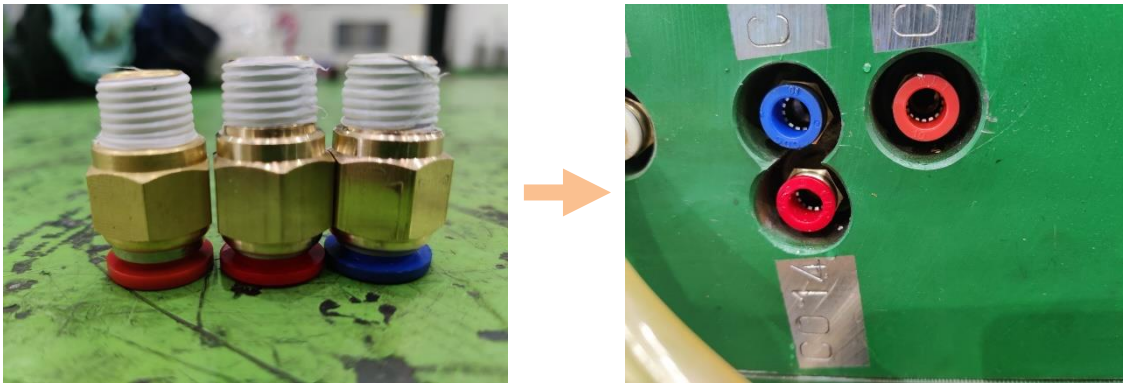


Figura 68 Reemplazo de conectores.

Como se puede ver en la Figura 69 el molde no presento más fugas por lo que el cambiar los 3 conectores fue la solución adecuada en este caso, de no haber sido así lo apropiado hubiera sido cambiar las mangueras ya que en ocasiones el material de estas se degrada con el tiempo y no se ajusta de manera correcta en las boquillas de los conectores.



Figura 69 Molde sin presencia de fugas.

Con esta última actividad se dan por concluidos los resultados obtenidos a partir de la metodología de trabajo de la sección 5.1 del presente informe.

6.2. Resultados de la metodología del proyecto

A continuación se muestran los resultados obtenidos al desarrollar la metodología del proyecto descrita en la sección 5.2 del capítulo 5. A partir de utilizar el método del ciclo PVHA se consultaron registros de los moldes que se atienden en el área y posteriormente se realizaron hojas de registro como la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** que se muestra en la sección 5.2.1 del capítulo 5 con la cual obtuvieron los moldes más reparados en el periodo de 1 mes y su información más relevante Esta información sirvió de base para realizar un análisis más profundo y encontrar las principales causas de las pérdidas de tiempo en el área de moldes de inyección que se muestran en la Figura 70 obtenida en la sección 5.2.1 de la Etapa 1.- Planear.

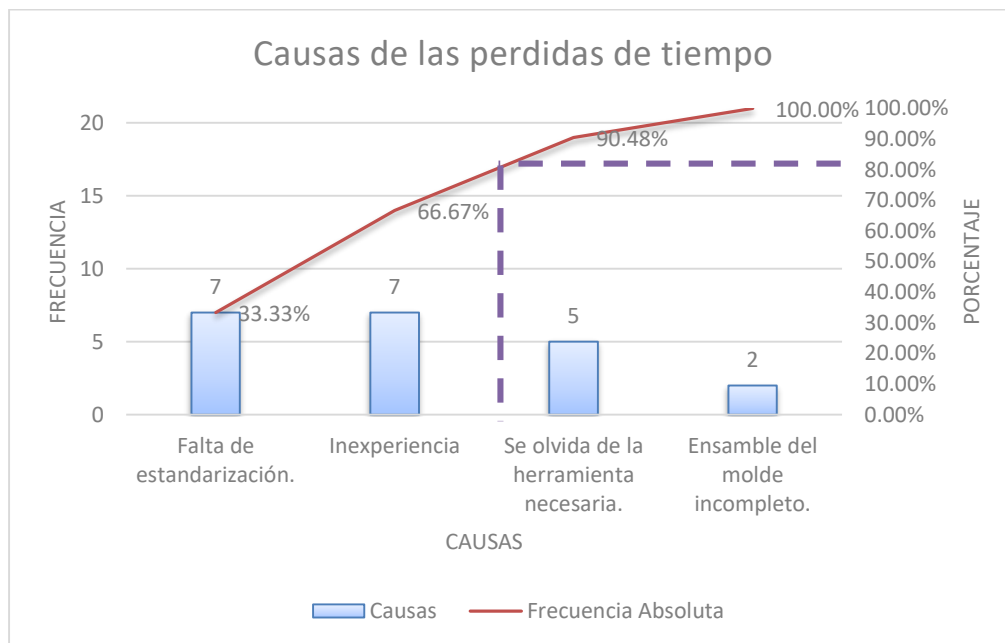


Figura 70 Causas de las pérdidas de tiempo.

Como medida de remedio para estas causas se desarrolló un manual el cual servirá para instrumentar al personal con la intención de que todos cuenten con las mismas

bases sólidas acerca del pulido, ya que es la actividad más crítica actualmente dentro del área al ser una reparación que se hace incluso cuando el molde se encuentra montado en la máquina de inyección. Por tal motivo y las fechas de entrega del presente proyecto se le dio prioridad el realizar el manual del proceso de pulido si se quiere ver el manual completo, ir a la sección de anexos del presente informe. En la Figura 71 se muestra la página 1 del manual la cual contiene la sección de “Contenido” donde se muestran cada una de las secciones que conforman el manual.

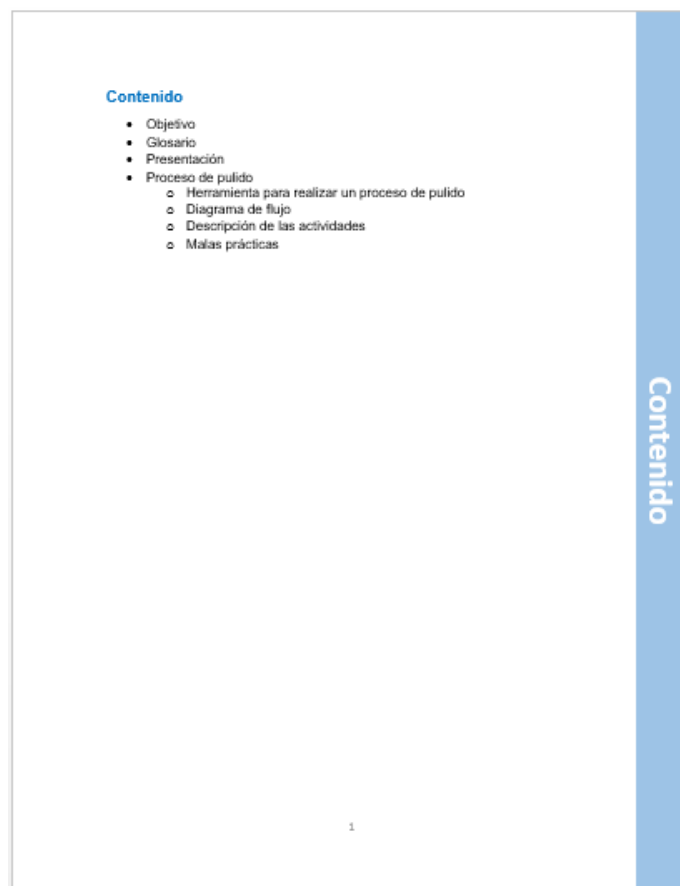


Figura 71 Contenido del manual

Cada una de las secciones que se integraron en el manual se hizo con la intención de instrumentar con la información más importante al personal, por lo tanto, se considera que las que se son de gran importancia para realizar un proceso de pulido.

En la Figura 72 se puede observar el contenido de la sección “herramientas” la cual tiene una descripción de la herramienta y posteriormente una figura de la misma para que el personal pueda reconocer como es físicamente ya que puede ocurrir que únicamente con el nombre no sea suficiente, además, se adjuntaron las herramientas que únicamente se utilizan en el área. En el caso del moto tool, si se cuenta con los 3 tipos que se mencionan en la sección.



Figura 72 Fragmento de la sección "Herramientas"

Para facilitar un poco más el uso de la herramienta se utilizaron tablas en donde dependiendo de la herramienta se utilizaron tablas con imágenes, códigos de

colores y características junto con su uso en la mayoría de las herramientas (ver Figura 73).

> Piedras de cristal

Está fabricada con fibras de cristal de muy alta calidad ya que está diseñada para desbaste y pulido fino en metales endurecidos y que anteriormente fueron sometidos a erosión. Por sus dimensiones, son ideales para utilizar en áreas pequeñas. Solamente se fabrican en 6 granos diferentes y existen de dos tipos, plana y redonda.

Aplicación	Tamaño de grano	Función
Desbaste	#150, #200	Eliminar grano de erosión, huella de maquinado y soldadura.
Spes-desbaste	#400, #600	Eliminar rayas profundas
Acabado	#800, #1000	Eliminar rayas finas

Tabla 6 Uso de piedra de cristal.

Piedra de cristal plana (100 mm)						
Dimensiones (mm)	Grano/Código de color					
	#150	#200	#400	#600	#800	#1000
1x2x100						
1x4x100						
1x6x100						
1x10x100						
1x1x300						

Tabla 7 Tipos de piedra de cristal plana de 100 mm.

Piedra de cristal redonda (100 mm y 50 mm)						
Dimensiones (mm)	Grano/Código de color					
	#150	#200	#400	#600	#800	#1000
3.00x50						
3.00x100						
2.35x50						
1.0x10x100						

Tabla 8 Tipos de piedra de cristal redonda de 100 y 50 mm.

> Puntas de fieltro

Punta fabricada con un material textil, comúnmente de lana, que se utilizan en conjunto con la pasta de diamante para el pulido de moldes, matriz y troqueles para obtener el acabado deseado hasta pulido espejo. Recomendables para cualquier superficie de materiales ferrosos, piedras, vidrio y materiales cerámicos. En la tabla 9 se muestran los diferentes tipos de fieltros que se pueden utilizar.

Figura 8 Puntas de fieltro.

Dimensiones	Fieltros					
	Tipo de fieltro					
Diámetro (mm)	4	5	6	8	10	12
Largo (mm)	10	9	10	10	14	20
Diámetro (mm)	20	4	5	6	8	10
Largo (mm)	20	8	9	10	10	13
Diámetro (mm)	12	4	5	6	8	10
Largo (mm)	20	10	12	16	17	14
Diámetro (mm)	12	12	8	10	12	18
Largo (mm)	20	25	-	-	-	14
Diámetro (mm)	12	12	12	6	8	10
Largo (mm)	25	18	18	10	14	20

Tabla 9 Tipos de fieltros.

> Lija

Consiste en un material de soporte que puede ser lámina de papel, tela o algún otro material fibroso que se encarga de dar soporte cuando se está lijando, por lo cual

Figura 73 Fragmento de la sección de “herramientas”.

Con la sección anterior se muestra con que herramienta va a realizar el proceso de pulido el personal, sin embargo, ahora faltan los pasos que debe de seguir independientemente de como se encuentre la superficie de la cavidad. Es por esto, que se integro la sección de “Diagrama de flujo” en la manual (ver Figura 74), para que pueda ayudar a cualquiera independientemente de si tiene mucha o poca experiencia ya que permite ver de manera resumida los pasos.

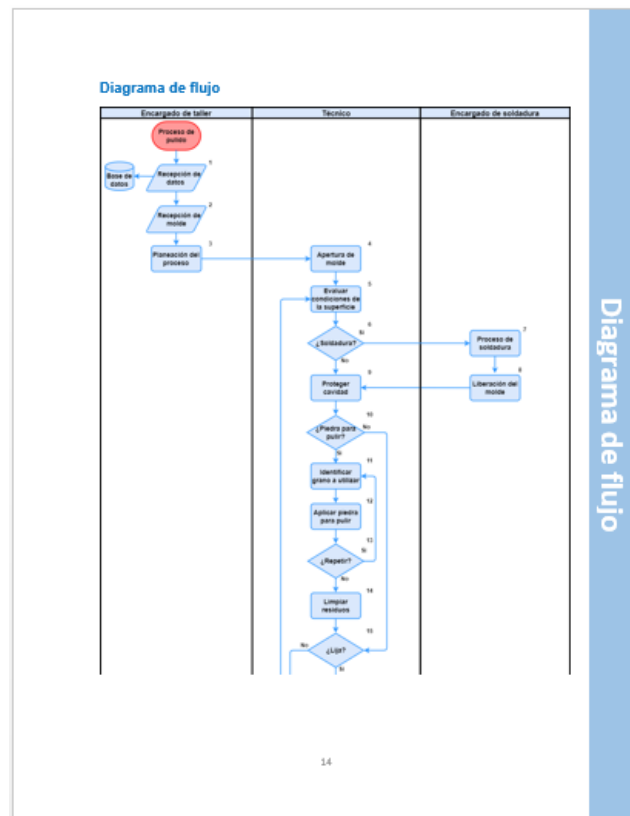


Figura 74 Fragmento de la sección "Diagrama de flujo".

Se consideró ideal el utilizar un diagrama de flujo pues en ocasiones pueden ser bastantes variables las que influyen para el pulido sea más o menos prolongado, por ejemplo, si requiere soldadura o simplemente al evaluar lo indicado es aplicar pasta de diamante para obtener un acabado adecuado y es aquí donde entran las decisiones en el diagrama de flujo.

Como se mencionó anteriormente, la intención es que tanto personal con poca o mucha experiencia pueda utilizar el manual así que el describir los pasos mediante el diagrama de flujo puede que no sea suficiente cuando no se tiene experiencia, es por esto que se integró la sección de "Actividades" en donde se describe a detalle cada uno de los pasos del diagrama de flujo (ver Figura 75).



Figura 75 Fragmento de la sección "Actividades"

Por último, se tiene la sección de “Malas prácticas” en donde se indica que se debe evitar cuando se está realizando un pulido en una cavidad del molde con la intención de mantener un orden en el área de trabajo, evitar que por accidente se dañe la superficie de la cavidad y que el resultado sea lo mejor posible.

Posteriormente a la creación del manual se impartió la capacitación a los miembros del personal para comenzar a aplicar las técnicas y herramientas presentadas en el en el mismo (ver Figura 76). La capacitación se realizó primeramente con algunos miembros del personal para no interrumpir el ritmo de trabajo del área de moldes de inyección, en donde el personal mostró interés por revisar el contenido del manual y analizaron las distintas tablas, figuras y diagramas que contiene en las diferentes secciones.

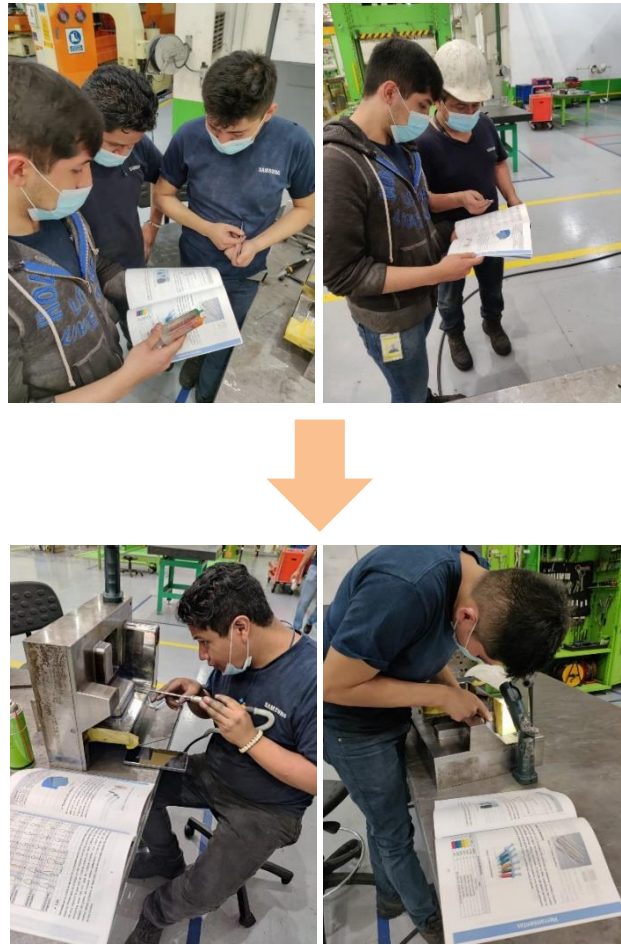


Figura 76 Capacitación al personal.

Después de haber realizado la capacitación para que el personal pusiera en práctica lo plasmado en el manual, se obtuvieron los resultados que se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, sin embargo, es importante mencionar que por cuestiones de tiempos de entrega únicamente se pudieron registrar los datos de una semana de aplicación del manual que corresponden a la semana 14.

Tabla 12 Registro de "Loss Time".

Registro "Loss Time"					
Datos (min)	Semana				14
	9	10	11	12	
Target	8200	8200	8200	8200	8200
Tiempo	8357	8363	8298	8315	8031
Loss Time	157	163	98	115	-169

En la Figura 77 se pueden observar mejor los resultados obtenidos de la tabla anterior en donde se muestra que se redujo el Loss Time en una cantidad de 169 minutos en la semana donde se aplicó el manual.

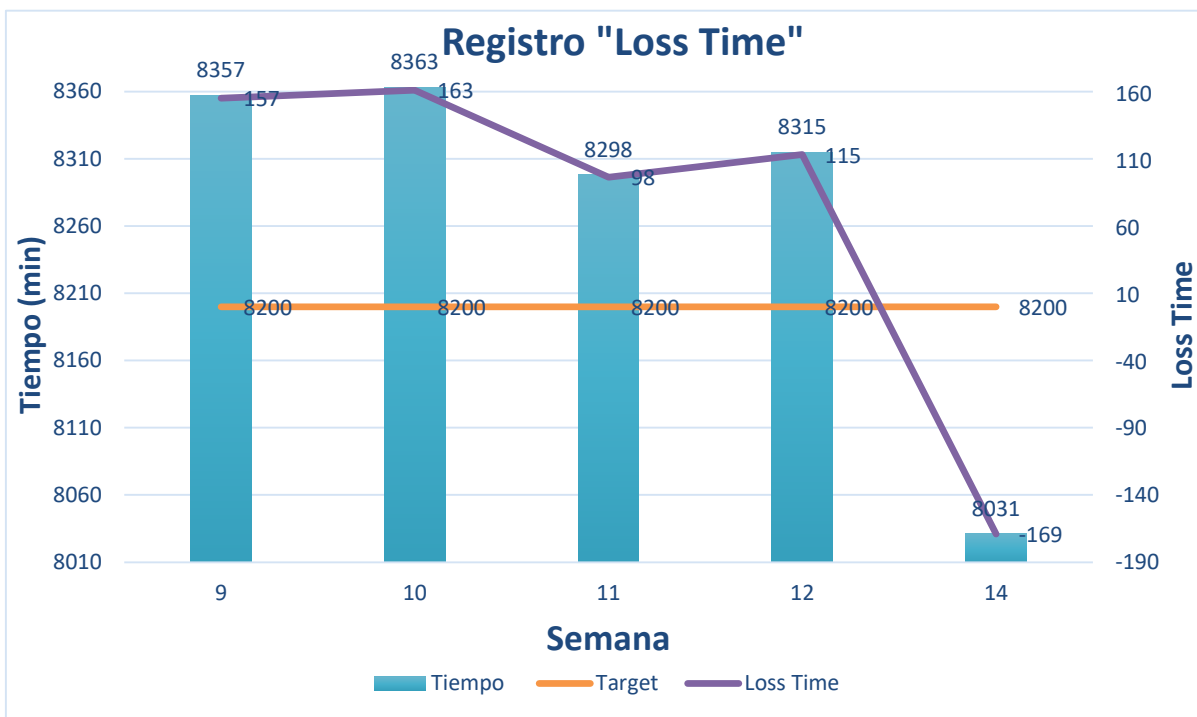


Figura 77 Gráfica de registro para "Loss Time"

Sin embargo, al solo tener registro de una sola semana de aplicación del manual, se realizó la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** en donde se tienen los datos promedio por día de cada semana para comparar en igualdad de condiciones los datos antes y después de aplicar el manual.

Tabla 13 Registro de "Loss Time" promedio por día.

Registro "Loss Time" promedio por día					
	Semana (7 días)				
Datos (min)	9	10	11	12	14
Target	1171.43	1171.43	1171.43	1171.43	1171.43
Tiempo	1193.86	1194.714286	1185.428571	1187.857143	1147.285714
Loss Time	22.42857143	23.28571429	14	16.42857143	-24.14285714

De igual manera de la tabla anterior se obtuvo la Figura 78 para de manera gráfica concluir que en promedio por día se redujo el Loss Time en una cantidad de 24 minutos lo cual deja ver una mejora considerable a comparación de los días de las semanas anteriores.

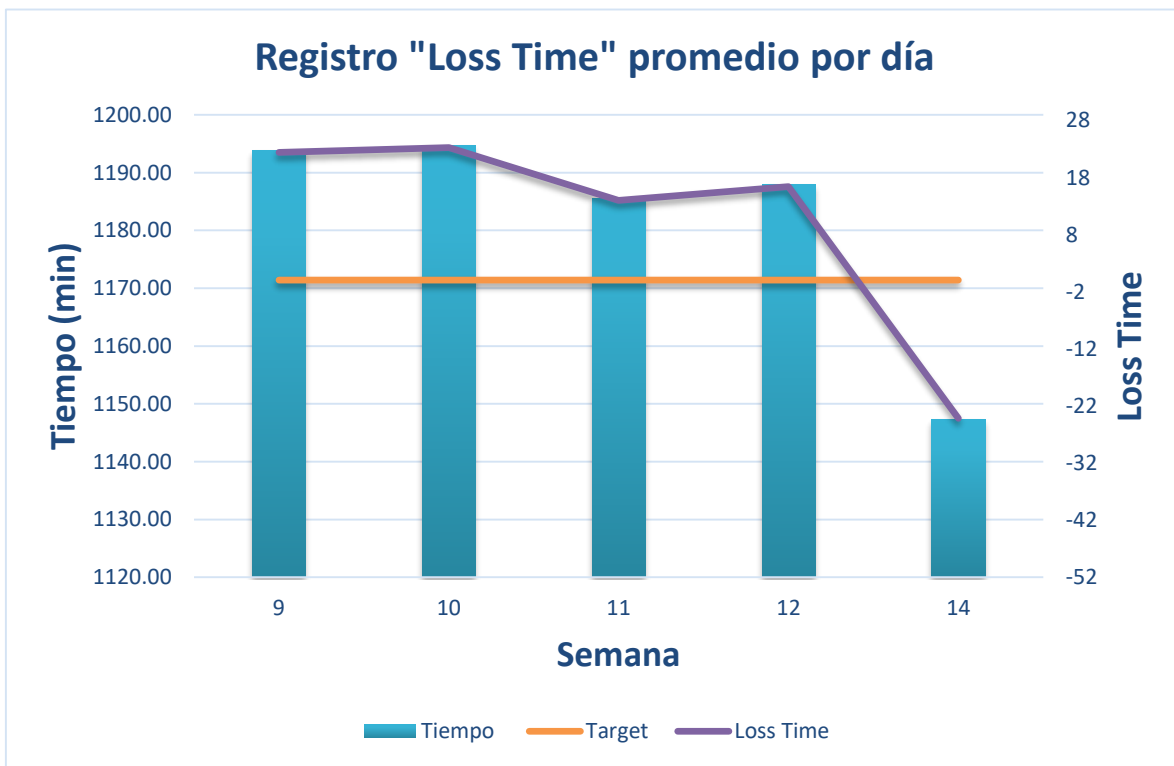


Figura 78 Registro de "Loss Time" promedio por día.

Capítulo 7

Análisis de Resultados

7.1. Análisis de resultados de las actividades

Al realizar la autocapacitación se adquirieron conocimientos acerca del ciclo de inyección como introducción para partir al tema principal que son los moldes de inyección en donde se identificaron los distintos elementos que conforman un molde y los tipos. Estos tópicos en específico tuvieron un peso importante ya que permitieron entender mejor las instrucciones recibidas en la capacitación, por ejemplo, ya no fue necesario preguntar cómo se llamaban muchos de los componentes y su funcionamiento. Sin embargo, en otras ocasiones si fue necesario preguntar pues en la planta utilizaban otros términos diferentes a los estudiados en la investigación de los componentes.

Otro aspecto en el cual influyó de manera positiva el realizar la investigación fue que ya se tenía noción de lo que se debía hacer en las siguientes reparaciones, si bien esto fue algo muy bueno pues permitía avanzar de manera más rápida en la capacitación y se tenía más tiempo para resolver más detalladamente las dudas que surgían. El complementar los conocimientos teóricos con apoyo del asesor externo y demás personal de la planta fue fundamental para realizar las reparaciones que se asignaban en el día a día por lo que fue un acierto el utilizar la metodología descrita en la sección 5.1.1.

El haber realizado una capacitación en la planta permitió relacionarse con las actividades de reparación y las herramientas utilizadas, así como adquirir las habilidades y conocimientos que se requieren para manipular, reparar y evaluar los moldes de inyección. Esto es muy importante ya que pequeños aspectos como el tipo de resina, parámetros de la máquina de inyección y desajustes entre los elementos que conforman un molde son fundamentales para realizar un diagnóstico correcto.

Identificar los principales aditamentos para manipular un molde

Los resultados de esta actividad fueron muy importantes en el desarrollo del proyecto pues aunque no es una reparación si tuvo mucha relevancia pues gracias al uso de los cáncamos, eslingas, volteadora y grúa es posible manipular los moldes de inyección, los cuales tiene una masa bastante considerable ya que lo más pequeños suelen ser de poco más de 3 toneladas de peso. Es por esto mismo que la persona que utilice los aditamentos y maquinaria anteriormente mencionada lo haga correctamente, y es lo que se logró con esta actividad pues se aprendió que cada molde tiene una placa con sus especificaciones de dimensiones y peso para cerciorarse que las eslingas, cáncamos y grúas sean los adecuados para manipular el molde. Esto que se menciona se realizó constantemente pues cada una de las reparaciones, que se describieron en la sección 5.1, requirieron de utilizar dichos elementos para abrir cada uno de los moldes y proceder con la respectiva reparación.

Periodo de observación

Se comenzó con las reparaciones que se realizan en el área, sin embargo, sin intervenir en ellas aun ya que primeramente era necesario observar cómo es que el personal las hace, porqué se sigue esa secuencia de pasos, que herramienta se utiliza y porqué. Esto ayudó a que cuando se comenzará a intervenir en las reparaciones se tuvieran presentes las medidas preventivas al manipular los moldes, evitar malas prácticas dentro del área y prever tanto el material como la herramienta necesaria. Esto último se fue desarrollando conforme se tomó experiencia de cada una de las reparaciones ya que al inicio, por la inexperiencia, por lo regular faltaba herramienta o el proceso para utilizar la grúa para mover un molde era muy lento pues al ser objetos con grandes masas se temía que se golpeará algún otro objeto del área con el molde o incluso hacer un mal manejo de la propia grúa, sin embargo, el haber observado a los especialistas ayudó a tener conocimiento desde un inicio de todo lo mencionado anteriormente lo que permitió tener buenos avances en poco tiempo.

Modificación de pines en el core y cavidad.

Se obtuvieron los acabados indicados tanto en la cavidad como en el core, como se mencionó en la sección 5.1.4.1, la cavidad es una zona muy crítica del molde por lo que únicamente se intervino con algunos de los pines a modificar. El principal objetivo de la actividad se cumplió ya que se pusieron en práctica por primera vez las técnicas y conocimientos de un proceso de pulido, en un comienzo no se estaba aplicando con la suficiente fuerza la piedra para pulir por lo que fue necesario retroalimentación por parte del personal en algunas ocasiones.

Al terminar con los pines asignados se obtuvieron buenos resultados pues se evitaron malas prácticas y mal uso de la herramienta, las zonas en donde se encontraban los pines quedaron sin presencia de rayones, suciedad o deformidades. El trabajar el core fue un poco más sencillo ya que el acabado en esta zona no es tan crítico por lo que se pudo realizar el trabajo con mayor tranquilidad pero siempre manteniendo la concentración ya que de igual manera se pudo haber rebajado de más y crear una deformidad, lo que hubiera requerido aplicar soldadura para repetir el proceso nuevamente. Aparentemente el proceso de esta modificación no tiene mayor complicación, no obstante, si se tiene en cuenta lo anterior se puede concluir que es necesario tener mucha habilidad y paciencia para dejar en condiciones tanto el core como la cavidad.

Limpieza de protector a molde de nuevo modelo

Se limpió completamente y de manera adecuada todo el molde ya que posteriormente a las pruebas de inyección el molde no regresó a causa de manchas en las piezas que fueron inyectadas. Se podría pensar que esta actividad es sencilla y requiere de poco tiempo, no obstante, depende mucho del molde ya que algunos por sus geometrías del core y cavidad, número de carros, tornillería, resortes, etc, requieren de un desarmado más profundo lo que prolonga el tiempo requerido para la limpieza. En el caso del molde al que se le hizo la limpieza si fue necesario retirar los 4 carros así como los resortes y tornillería pero se considera que fue algo bueno

pues se hizo uso de más herramientas para adquirir experiencia en el desarmado del molde.

Fue importante utilizar la sustancia química correspondiente para cada superficie pues si se usa limpiador CS-09 y kleenex en elementos que no tiene acabado espejo, el protector y restos de grasa no se retiran de manera adecuada como si lo haría cuando se utiliza thinner y trapos. De manera similar si se utiliza thinner y trapos para limpiar la cavidad lo único que se obtendría es que se dañe el acabado lo cual es muy grave ya que los moldes son nuevos y se requieren lo más pronto posible para las pruebas de inyección.

Revisión de placa expulsora

Se puede considerar una actividad complementaria cuando se realiza una limpieza de protector en un molde nuevo, ya que cuando llegan desde corea es necesario hacer un revisión para verificar que lleguen en condiciones por lo que al revisar su funcionamiento se termina de dar una limpieza a los lugares más complicados de acceder en el core. En el caso de este molde, era muy difícil limpiar los botadores y lifters por sus geometrías y ya que no es correcto aplicar directamente CS-09 sobre la superficie fue necesario accionar el sistema completó de expulsión del molde para que los botadores y lifters sobresalieran para limpiarlos completamente.

Se hizo uso del sistema hidráulico de la prensa el cual se aprendió cómo utilizar en esta actividad, mediante el panel de control se inyectó presión a través de mangueras en el molde. Fue interesante observar que todos los nuevos moldes que llegan usan diferentes conectores hembra y macho que son más actuales que los que se manejan en la planta lo que requirió hacer un reemplazo, tal vez lo más conveniente sería utilizar el tipo de conectores con los que vienen los moldes más actuales pues ahorraría el tiempo de realizar una operación más.

Es importante siempre verificar la presión que se está enviando de la prensa al molde ya que se tuvieron que realizar varios intentos hasta que se observó que la presión no era la adecuada por lo que el sistema de expulsión del molde no se

accionaba lo que llevó a pensar en su momento que los pistones del molde estaban defectuosos o la placa no funcionaba correctamente lo que hubiera siendo un error y la prueba tendría un resultado erróneo.

Chequeo de sello del molde

La pieza presentaba rebaba en 3 zonas distintas (ver Figura 79) por lo que se tuvo identificar dichas zonas en el core del molde para aplicar sellador rojo, probablemente el molde ya se había sometido a demasiados ciclos de inyección lo que provocó un desgaste considerable en más de una sola zona del core. Se llegó al resultado de que se requería aumentar 4 décimas de milímetro de espesor en las zonas señaladas para que el molde sellara correctamente en la prensa pues en los 3 intentos anteriores se observaba poca cantidad de sellador después de realizar la prueba.



Figura 79 Zonas con rebaba.

Cuando se realiza esta actividad es importante colocar sellador en todas las zonas donde el molde tiende a sellar las cuales son los laterales, más específicamente en los rectángulos que se observan en la Figura 80 ya que también se puede presentar que no selle en esas zonas y el problema no se encuentre cerca de donde se observa la rebaba en la pieza.

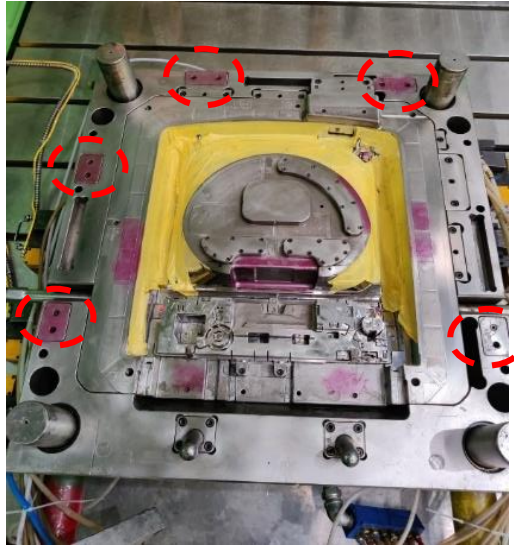


Figura 80 Zonas de sellado del molde.

El realizar más de 1 vez la revisión permitió el familiarizarse con la prensa pues el panel tiene varios menús con diferentes funciones para distintas maneras de su uso por lo que al finalizar la prueba se aprendieron los pasos a seguir para evitar dañar el molde, los clamps o la propia prensa ya que como se menciona en la sección 5.1.4.4 es de vital importancia checar el espesor de la placa base para asegurar una correcta sujeción del molde en las platinas y evitar que el molde se suelte.

Habilitación de hot runner y conjunto de válvulas en molde obsoleto

Cuando se comenzó a revisar el hot runner del molde y se procedió a realizar la prueba de calentamiento, la cual no logró pasar con éxito pues los controladores correspondientes a las resistencias del torpedo 2 marcaban error, por lo que se supuso en el momento que habían 2 posibles fallas, la primera que las resistencias o termopares se habían dañado por los 15 meses que estuvo el molde inactivo o que el cableado estaba dañado. Además de esto, se verificó el funcionamiento de las válvulas que activan los obturadores que inyectan el plástico y tampoco funcionaron las válvulas 1,2 y 4.

Al comenzar con la revisión se encontró que varias conexiones no se encontraban bien hechas y se comprobó con un multímetro que tanto los termopares y

resistencias funcionaban correctamente por lo que se procedió a cambiar conectores, limpieza y orden del cableado y reemplazo de las válvulas. Si el multímetro no hubiera registrado ningún valor, hubiera sido necesario solamente el cambio de termopares y resistencias de ese torpedo pero al no ser así se optó por dejar en condiciones todo el cableado para evitar futuras averías así como el cambio de conectores y válvulas.

Al realizar nuevamente la prueba de calentamiento los controladores detectaron todas y cada una de las resistencias, lo que significó que todo el cableado y sus conexiones se realizaron correctamente. Mediante el controlador se elevó la temperatura del hot runner completo hasta los 220°C como se muestra en la Figura 81 en donde se mantuvo de forma adecuada sin sobrepasarla ni estar por debajo lo que garantiza una inyección de plástico eficiente.

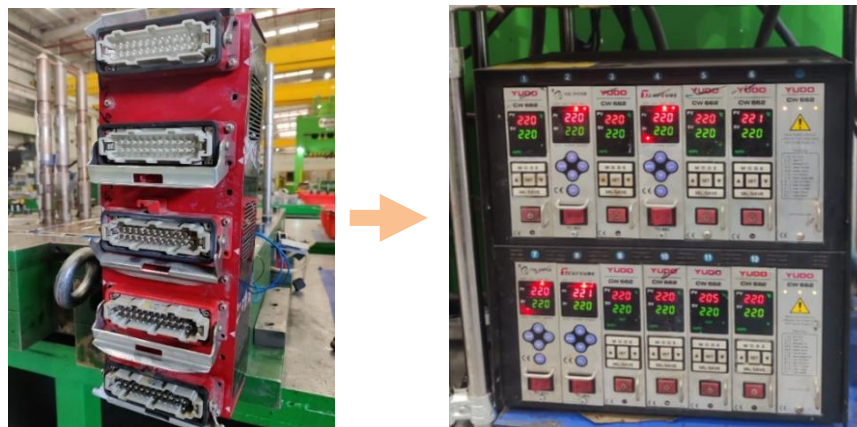


Figura 81 Resultado de la prueba de temperatura del hot runner.

Prueba de fuga

El cambiar los conectores del sistema de enfriamiento en donde se observaron las fugas dio solución a las mismas pues cuando se realizó por segunda ocasión la prueba se dejó bajo observación el molde aproximadamente 5 minutos en los cuales no hubo fugas internas en el core ni tampoco externas en los demás conectores y mangueras. En ocasiones es muy difícil identificar cuáles conectores o mangueras están en malas condiciones por lo que es de gran utilidad contar con una estructura como la mostrada en la Figura 82 ya que como se explicó al inyectar solamente aire

permite identificar las mangueras o conectores que están prácticamente inservibles pues con aire dentro del molde se botan sin ocasionar un accidente o desorden en el área cuando ya se inyecta agua.

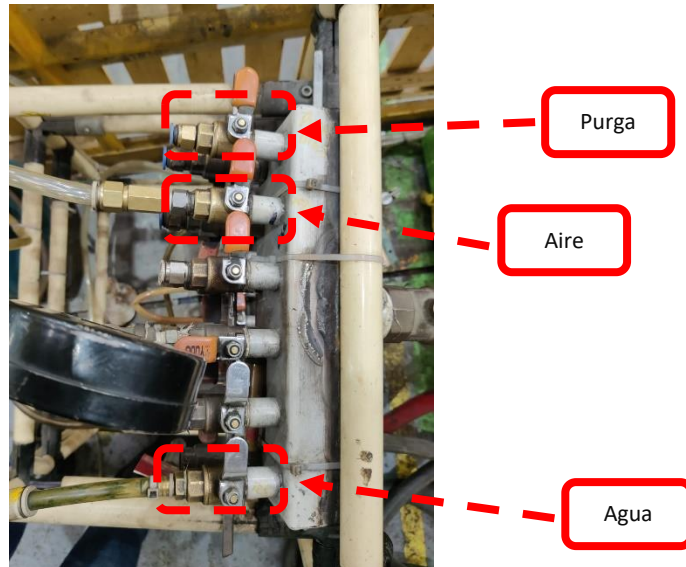


Figura 82 Llaves de la estructura para el uso del agua, aire y purga.

Esta prueba se considera muy importante pues es más difícil tratar las fugas con el molde montado en máquina por el espacio y la presión que es un poco más alta se tiene un riesgo mayor para el encargado de la reparación, en cuanto al molde, puede sufrir de sobrecalentamiento provocando daños en los elementos del mismo y produciendo piezas defectuosas.

7.2. Análisis de los resultados del proyecto Manual de proceso de pulido

Está constituido por 4 secciones que contienen la herramienta básica para el pulido con una breve descripción de cada una así como tablas para ayudar al personal a conocer las distintas características que tiene cada una, cuando las debe de utilizar y, en el caso de las piedras y pasta de diamante, su código de color. Dicha sección les pareció de mucha ayuda a los miembros del personal pues comentaron que identifican de manera más sencilla el tamaño de grano indicado para realizar la etapa del pulido en la que se encuentran o con cual empezar ya que muchas veces el problema no era decidir si empezar con piedra, lija o pasta de diamante si no el tamaño de grano.

Las siguientes dos secciones son el diagrama de flujo el cual contiene en forma de resumen los pasos para realizar el proceso de pulido y la sección de actividades en donde se describen detalladamente las actividades que se muestran en el diagrama de flujo por lo que una sección complementa a la otra. Al especialista en pulido le pareció que están cada uno de los pasos que se deben de seguir, sin embargo, en ese momento el manual no contaba con imágenes para describir los pasos de manera visual lo cual fue una recomendación de parte del especialista ya que aunque se menciona la manera de aplicar la pasta, la lija y la piedra para pulir, lo visual siempre hará diferencia sobre todo para personal nuevo que no tenga nada de conocimiento acerca del proceso de pulido.

Para terminar agregó que se pueden utilizar más herramientas para realizar de manera más rápida un proceso de pulido, no obstante, ya que en ocasiones ni siquiera él cuenta con todas ellas el manual puede ser de mucha utilidad pues contiene las herramientas básicas para que cualquiera pueda encargarse de esa actividad sin necesitar herramienta tan específica.

KPI "Loss Time"

De acuerdo a la Figura 83 se obtuvo como resultado la reducción de 169 minutos lo que son 2 horas y 49 minutos en la semana 14 en la cual se implementó únicamente el manual de proceso de pulido, realizado por residente 1, por lo que se cumplió de forma satisfactoria con el target que se tenía como objetivo en la planta.

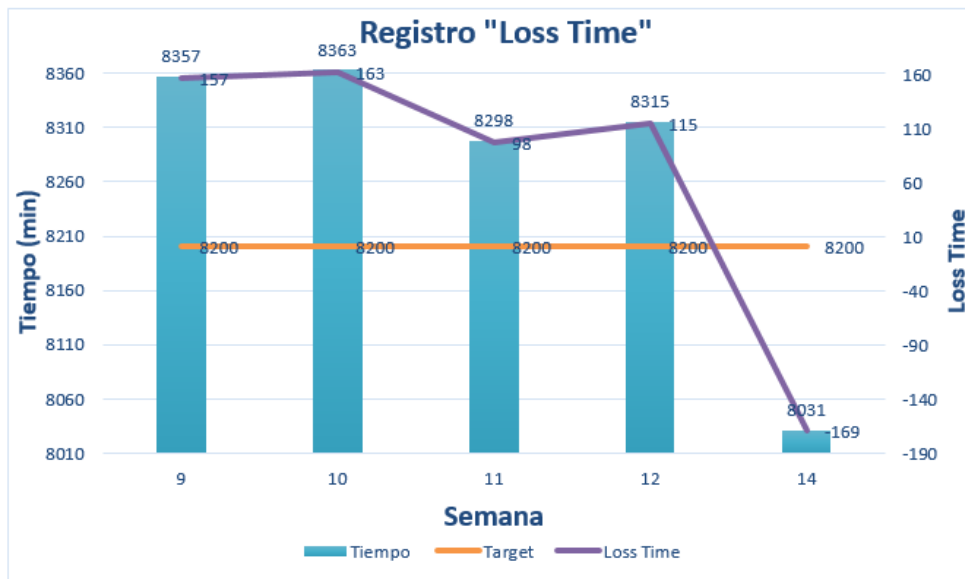


Figura 83 Resultados de Loss Time

Sin embargo, dado que solo se tuvo la oportunidad de utilizar los datos de una única semana, para realizar una comparación más clara se realizó la Figura 84 las cuales muestran el tiempo promedio por día de cada una de las semanas 9, 10, 11, 12 y 14.

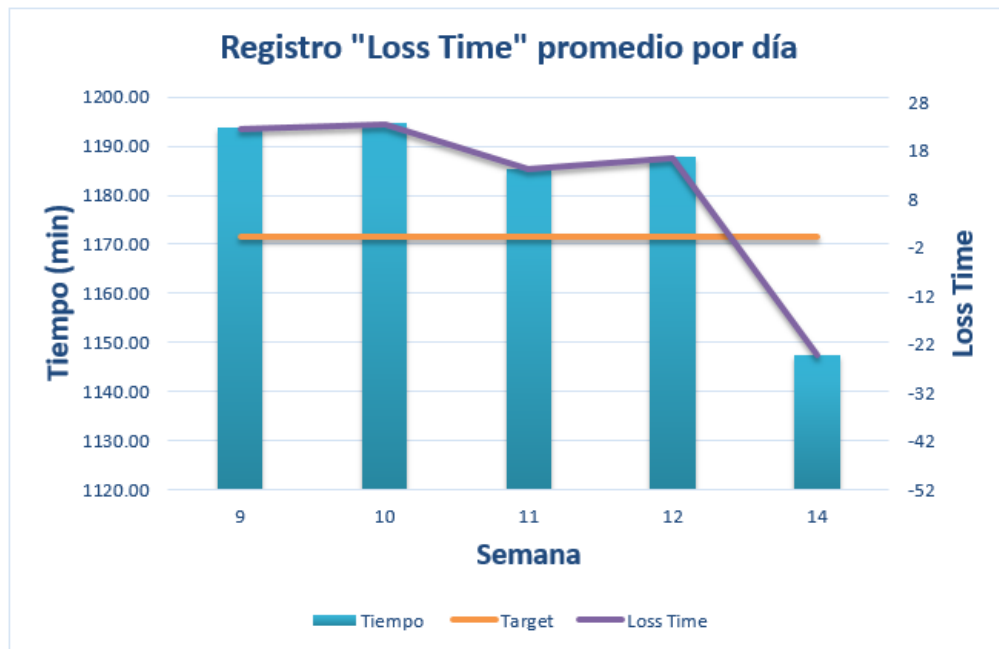


Figura 84 Resultado de Loss Time promedio por día

Se puede apreciar que el target promedio por día de la semana 9 a la 12 no se cumplía, se rebasaba con al menos 14 minutos como lo es el caso de la semana 11, en cambio sí se observa la semana 14 en promedio el target por día se redujo 24 minutos lo cual deja ver la mejora en el KPI “Loss Time”.

La reducción de tiempo fue posible porque el personal del área acató el aplicar el manual de forma adecuada en cada uno de los moldes que requirieron un proceso de pulido independientemente si el molde se encontraba montado en máquina o no. Los pulidos de mayor impacto para que los tiempos se redujeran se concluye son los que se realizan en máquina pues estos impactan de forma más directa en la producción de las piezas de plástico es por esto que esta actividad fue la que se obtuvo con mayor frecuencia de acuerdo a la Figura 85.

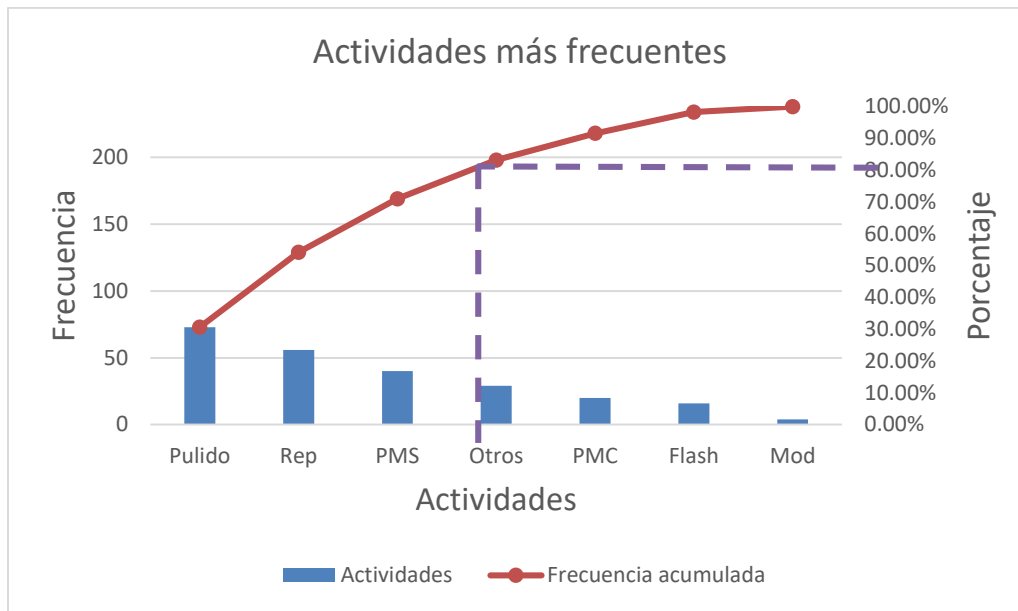


Figura 85 Diagrama de Pareto de las actividades más frecuentes.

Capítulo 8

Conclusiones y trabajo a futuro

8.1. Conclusión

El realizar las residencias profesionales en el área de moldes de inyección de la planta 2 en la subsidiaria Samsung Electronics Digital Appliances México, SA de CV permitió adquirir conocimientos y habilidades acerca de los moldes de inyección, los factores que favorecen para que se dañen y requieran de una reparación, como se realizan estas y la herramienta adecuada para las mismas. Al haber realizado una capacitación con cada uno de los especialistas en el área permitió resolver dudas para hacer más fácil el aprendizaje, en la parte didáctica en la cual se tuvo oportunidad de contribuir en las diversas actividades se adquirió experiencia para dejar en condiciones los moldes, las consideraciones que se deben de tener para evaluar que un molde puede volver a producción y las malas prácticas que se deben evitar.

Se lograron reducir los tiempos muertos en el área de moldes de inyección mediante la implementación de un manual para proceso de pulido el cual sirvió para instrumentar al personal del área. A pesar de que en promedio por día únicamente se disminuyeron poco más de 24 minutos, se vio reflejado en la metodología de la sección 5.2 que entre ambos turnos de 12 horas los 7 días de la semana se disminuyeron 169 minutos (2 horas 49 minutos) por lo cual la hipótesis que se planteó en la sección 5.2.1 fue errónea. Sin embargo, al solamente aplicar el manual del proceso de pulido se puede considerar como un buen resultado pues los tiempos se redujeron considerablemente y se esperaba un tiempo similar pero teniendo el proceso de pulido en conjunto con las demás reparaciones.

Actualmente el target que se tiene como objetivo es de 8200 minutos, no obstante, cada que se realiza una mejora y se reducen los tiempos muertos se replantea un target más bajo con la intención de tener una mejora continua. Si se logra estandarizar más procesos de reparaciones para que todo el personal del área tenga conocimiento sobre estas es posible que ese nuevo target que se tenga como

objetivo se pueda alcanzar pues estandarizando únicamente el pulido en los moldes se logró un resultado favorable.

8.2. Trabajo a futuro

En el presente informe de residencias se encontraron una serie de causas por las cuales se originan los tiempos muertos que da como resultado el incumplimiento de los indicadores de productividad que se tienen en el área de inyección, al continuar con el análisis se encontró que la falta de estandarización e inexperiencia del personal para llevar a cabo algunas de las reparaciones en los moldes de inyección son las principales causas que originan las pérdidas de tiempo por lo que se desarrolló un manual para instrumentar al personal en el proceso de pulido, sin embargo, por cuestiones de tiempo no se pudieron estandarizar las demás actividades de reparación.

Por lo tanto, al obtener resultados favorables en la reducción de tiempos al implementar el manual de pulido, el trabajo a futuro va a consistir en seguir mejorando tal manual con apoyo del personal de mayor experiencia para que su contenido pueda ser de mayor calidad así como estandarizar otras reparaciones que son muy frecuentes en el área como el reemplazo de pines en moldes, cambio de resistencias, proceso de ajuste, entre otras. Ya que al igual que el pulido, para estas actividades se tiene un especialista para realizarlas y el resto del personal solamente cuentan con los conocimientos básicos

El estandarizar varias reparaciones y reducir los tiempos va a traer consigo una mejora continua en el área y que por consecuente beneficiara en la producción de las piezas de plástico lo cual es importante para seguir optimizando los procesos dentro de la planta haciéndolos más eficientes mientras se tiene un producto de calidad para la satisfacción del cliente.

Competencias desarrolladas y/o aplicadas.

Durante el desarrollo del presente informe de residencias se aplicaron las siguientes competencias:

- Aplica metodologías estadísticas para identificar áreas de oportunidad e implementar estrategias de optimización a los procesos productivos de ingeniería automotriz.
- Conoce los fundamentos de dibujo para la elaboración e interpretación de gráficas.
- Identifica los conceptos básicos de metrología y normalización para la interpretación de simbología tolerancia y dimensiones geométricas.
- Realiza mapeos de procesos en los sistemas automotrices para relacionarlo con el control estadístico de procesos.
- Aplica las tolerancias y ajustes en los sistemas automotrices para aplicar la mejora continua en el control estadístico procesos.
- Aplica la toma de decisiones en los trabajos de mejora para los procesos automotrices.
- Implementa métodos estadísticos en el sector automotriz para la mejora continua.
- Coordina grupos de mejora continua para desarrollar actividades que mejoren los procesos automotrices.
- Gestiona el servicio al cliente desde la provisión de insumos hasta la entrega de bienes y servicios para integrar con efectividad los procesos del sector automotriz.
- Utiliza la habilidad gerencial (Liderazgo-trabajo en equipo-comunicación efectiva) en el sector automotriz para la administración efectiva de los procesos automotrices.
- Aplica los elementos de la investigación documental para elaborar escritos académicos de su entorno profesional.

Referencias bibliográficas

- [1] A. T. Fernández, «DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO,» Octubre 2019. [En línea]. Available: https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/10356/1/Antonio_Tscar_TFG.pdf.
- [2] J. F. Barroso, «DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE UNA PIEZA PLÁSTICA,» 19 Junio 2014. [En línea]. Available: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/13373/2%20MEMORIA.pdf?sequence=19>.
- [3] E. M. Ortega, «Diseño de moldes de inyección de plástico con ingeniería concurrente,» 19 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/16404/Dise%C3%83%C2%B1o%20de%20moldes%20de%20inyecci%C3%83%C2%B3n%20de%20pl%C3%83%C2%A1stico%20con%20Ingenier%C3%83%C2%ADa%20concurrente.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [4] E. Dougall, «Calidad en procesos de inyección plástica,» 2005. [En línea]. Available: <https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/1019/Proyecto%20Final%20Ingenier%C3%ADa%20Industrial%20-%20Eduardo%20Dougall.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [5] J. A. Herrera Díaz y C. J. Zarate Useche, «DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCION DE PLASTICOS, CON BASE EN ANALISIS DE LLENADO, MEDIANTE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES CAD/CAM/CAE,» 2018. [En línea]. Available: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15562/2018jorgeherrera.pdf?isAllowed=y&sequence=1>.
- [6] E. M. Díaz y P. C. Saldaña Hernández , «Propuesta del sistema de control para una máquina de inyección de plástico,» Agosto 2011. [En línea]. Available: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/10023/1/109.pdf>.
- [7] S. J. García, «Reducción de tiempo en cambio de modelo en la máquina 9 en el área de inyección de plásticos,» 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.iberopuebla.mx/handle/20.500.11777/4509>.

- [8] D. N. B. Haberkorn, «Metodología para el diseño de moldes de inyección de plástico utilizando Pro/Moldesing de Pro/Engineer,» Mayo 1996. [En línea]. Available:
<https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/628139/CEM337239.pdf?sequence=1>.
- [9] N. G. Rozón, «Metodología para el diseño de placas portavidua de moldes de inyección de plásticos de una cavidad,» 2015. [En línea]. Available:
<https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/6513/Gonz%C3%A1lez%20Roz%C3%B3n%2C%20Noelvis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [10] H. Gastrow, Moldes de inyección para plásticos en 100 casos prácticos, Barcelona : Plasic Comunicación , 1998.
- [11] E. Z. Agirre, «DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCIÓN PARA LA CUVIERTA DEL RETROVISOR DE UN COCHE,» 9 Marzo 2020. [En línea]. Available:
https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/45243/DOCUMENTO_2_MEMORIA.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- [12] Cancamos S.R.L, «Cancamos,» 2013. [En línea]. Available:
<https://cancam.com.ar/productos.php>.
- [13] E. Bonilla, B. Díaz, F. Kleeberg y M. T. Noriega, Mejora continua de los procesos Herramientas y técnicas, Perú : Fondo Editorial , 2020.
- [14] H. G. Pulido, Calidad total y productividad, D.F: McGraw Hill, 2010.
- [15] D. G. A. Flores, «APLICACIÓN DE MEJORA CONTINUA PARA DISMINUIR LOS TIEMPOS MUERTOS EN EL AREA DE INYECCION DE PLASTICOS,» 2017. [En línea]. Available:
<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9982/Arroyo%20Flores%2c%20David%20Gerardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Anexos

Anexo 1

SAMSUNG

ELECTRONICS

MANUAL DE PROCESO DE PULIDO



Área: Mold center

Versión: 1

Fecha: 27 de Mayo del 2022.

Código:

Contenido

- Objetivo
- Glosario
- Presentación
- Proceso de pulido
 - Herramienta para realizar un proceso de pulido
 - Diagrama de flujo
 - Descripción de las actividades
 - Malas prácticas

Glosario

- **Proceso de pulido:** Es un proceso mediante el cual se afina la superficie metálica de los objetos, eliminando marcas, roces, ralladuras y soldaduras.
- **Deformidad:** Es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a tensiones internas producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo
- **Cavidad:** Parte del molde que forma la superficie exterior de la pieza moldeada.
- **Herramienta:** Instrumento, generalmente de hierro o acero, que sirve para hacer o reparar algo y que se usa con las manos
- **Mala práctica:** Se refiere a la responsabilidad profesional por los actos realizados con negligencia.

Objetivo

Instruir al personal acerca del procedimiento de pulido y reparaciones en los moldes de inyección.

Introducción

El presente manual se realizó con la intención de contar con una herramienta para guiar al personal en la realización de un proceso de pulido, actividad que requieren los moldes que se atienden en el área de moldes de inyección que forma parte de la planta de inyección de la subsidiaria Samsung Electronics Digital Appliances de México.

El presente manual sirve como guía para realizar un proceso de pulido con la intención de instrumentar al personal para que sea capaz de llevar a cabo correctamente cada uno de los pasos que integran un proceso de pulido con el cual se busca eliminar desperfectos en la superficie de la cavidad de los moldes de inyección con el principal objetivo de que la pieza pueda ser liberada sin problema ya que, como se sabe, en ocasiones el acabado de la pieza no requiere ser tan exigente por cuestiones del tipo de resina o simplemente la pieza no se puede apreciar de vista en el producto final.

Herramienta para el proceso de pulido

En la presente sección se muestran las herramientas básicas que el técnico en cuestión puede utilizar para realizar el proceso de pulido para obtener mejores resultados ya que cada herramienta puede facilitar el acceder a las distintas geometrías que se pueden presentar.

➤ Moto tool

Pulidor rotatorio neumático tipo lápiz, de alta velocidad, alto desempeño y precisión; para desbaste y pulido, excelente herramienta para realizar distintos tipos de trabajo, utilizando una gran variedad de herramientas como puntas de fieltro, cauchos, diamante, carburo, CBN, fibras, piedras de cerámica, etc

Se pueden encontrar 3 tipos de moto tool, recto, a 90° y 45° como se muestra en la figura 1, figura 2 y figura 3 respectivamente.



Figura 1.- Moto Tool recto



Figura 2.- Moto Tool a 45°



Figura 3.- Moto Tool a 90°

➤ Piedra para pulir

Se conocen como abrasivos y se clasifican de acuerdo al tamaño de grano con el que se fabrican, por ejemplo, una piedra de grano 16 es más gruesa que una de

Se conocen como abrasivos y se clasifican de acuerdo al tamaño de grano con el que se fabrican, por ejemplo, una piedra de grano 16 es más gruesa que una de grano 400 (es más fina). Son de diferentes dimensiones para utilizar en áreas con mucho o poco espacio, en la figura 4 se puede observar un ejemplo de piedra para pulir. En la tabla 1 se muestran las principales piedras para pulir que se utilizan en el área para el proceso de pulido.



Figura 4.- Piedra para pulir.

Piedra para pulir			
Grano	Dimensiones (mm)	Color	
#80	5x13x100	Yellow	-
#120	3x6x10	Yellow	-
#180	3x6x100	Yellow	-
	3x13x150		
	5x15x150		
#240	3x6x100	Yellow	-
	3x13x150		
#320	3x6x100	Yellow	-
	3x13x150		
#400	3x6x100	Yellow	-
	3x13x150		
#1000	3x6x100	Yellow	Grey
	3x13x150		
#1200	3x6x150	Yellow	-
	3x13x150		
#1500	3x6x100	Yellow	Grey
	3x13x150		
#2000	3x6x100	Yellow	Grey
	3x13x150		

Tabla1.- Piedra para pulir.

➤ **Piedras de cerámica**

Son piedras fabricadas con fibras de cerámica lo cual le da una gran dureza, flexibilidad, capacidad para soportar temperaturas y corte. Se recomienda utilizarlas cuando se quiere eliminar grano de erosión, huella por máquina, realizar acabado en cualquier tipo de metal. Por su tamaño son ideales para usar en zonas muy reducidas que son complicadas de acceder con otras herramientas, están fabricadas con 9 granos diferentes los cuales se muestran en la tabla 3. Además se muestran las diferentes formas y dimensiones que se tienen en la figura 5, figura 6 y figura 7.

Aplicación	Tamaño de grano	Función
Desbaste	#80, #120, #180, #300	Eliminar grano de erosión, huella de maquinado y soldadura.
Semi-desbaste	#400, #600, #800	Eliminar rayas profundas
Acabado	#1000, #1200	Eliminar rayas finas

Tabla 2.- Uso de piedra de cerámica.



Figura 5.- Guía para las dimensiones de una piedra cerámica plana de 100 mm.

Piedra cerámica plana (100 mm)									
Dimensiones TxWxL (mm)	Grano/Código de color								
	#80	#120	#180	#300	#400	#600	#800	#1000	#1200
0.5x1x100									
0.5x2x100									
0.5x4x100									
0.5x6x100									
0.5x10x100									
0.8x1x100									
0.8x2x100									
0.8x4x100									
0.8x6x100									
0.8x10x100									
1.0x1x100									
1.0x2x100									
1.0x4x100									
1.0x6x100									
1.0x10x100									
1.5x1x100									

1.5x2x100									
1.5x4x100									
1.5x6x100									
1.5x10x100									
2x1x100									
2x2x100									
2x4x100									
2x6x100									
2x10x100									
3x1x100									
3x2x100									
3x4x100									
3x6x100									
3x10x100									

Tabla 3.- Tipos de piedra cerámica plana de 100 mm.



Figura 6.- Guía para las dimensiones de una piedra cerámica redonda de 50mm.

Piedra cerámica redonda (50 mm)									
Dimensiones DxL (mm)	Grano/Código de color								
	#80	#120	#180	#300	#400	#600	#800	#1000	#1200
2.35X50									
3.00X50									
3.18X50									

Tabla 4.- Tipos de piedra cerámica redonda de 50 mm.

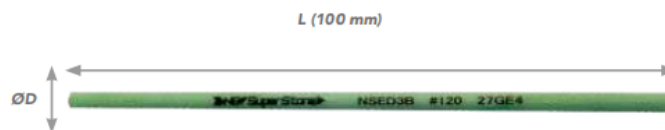


Figura 7.- Guía para las dimensiones de una piedra cerámica redonda de 100mm.

Piedra cerámica redonda (100 mm)									
Dimensiones DxL (mm)	Grano/Código de color								
	#80	#120	#180	#300	#400	#600	#800	#1000	#1200
2.35X100									
3.00X100									
3.18X100									

Tabla 5.- Tipos de piedra cerámica redonda de 100 mm.

➤ Piedras de cristal

Está fabricada con fibras de cristal de muy alta calidad ya que está diseñada para desbaste y pulido fino en metales endurecidos y que anteriormente fueron sometidos a erosión. Por sus dimensiones, son ideales para utilizar en áreas pequeñas. Solamente se fabrican en 6 granos diferentes y existen de dos tipos, plana y redonda.

Aplicación	Tamaño de grano	Función
Desbaste	#150, #200	Eliminar grano de erosión, huella de maquinado y soldadura.
Semi-desbaste	#400, #600	Eliminar rayas profundas
Acabado	#800, #1000	Eliminar rayas finas

Tabla 6.- Uso de piedra de cristal.

Piedra de cristal plana (100 mm)						
Dimensiones TxWxL (mm)	Grano/Código de color					
	#150	#200	#400	#600	#800	#1000
1x2x100						
1x4x100						
1x6x100						
1x10x100						
1x13x100						

Tabla 7.- Tipos de piedra de cristal plana de 100 mm.

Piedra de cristal redonda (100 mm y 50 mm)						
Dimensiones DxL	Grano/Código de color					
	#150	#200	#400	#600	#800	#1000
3.00x50						
3.00x100						
2.35x50						
1.0x10x100						

Tabla 8.- Tipos de piedra de cristal redonda de 100 y 50 mm.

➤ Puntas de fieltro

Punta fabricada con un material textil, comúnmente de lana, que se utilizan en conjunto con la pasta de diamante para el pulido de moldes, matriz y troqueles para obtener el acabado deseado hasta pulido espejo. Recomendables para cualquier superficie de materiales ferrosos, piedras, vidrio y materiales cerámicos. En la tabla 9 se muestran los diferentes tipos de fieltros que se pueden utilizar.



Figura 8.- Puntas de fieltro.

Fieltros							
Dimensiones	Tipo de fieltro						
Diámetro (mm)	4	5	6	8	10	12	15
Largo (mm)	10	9	10	10	14	20	20
Diámetro (mm)	20	4	5	6	8	10	12
Largo (mm)	20	8	9	10	10	13	14
Diámetro (mm)	12	4	5	6	8	10	10
Largo (mm)	20	10	12	16	17	14	20
Diámetro (mm)	12	12	8	10	12	18	10
Largo (mm)	20	25	-	-	-	-	14
Diámetro (mm)	12	12	12	6	8	10	12
Largo (mm)	25	18	18	10	14	14	20

Tabla 9.- Tipos de fieltros.

➤ **Lija**

Consiste en un material de soporte que puede ser lámina de papel, tela o algún otro material fibroso que se encarga de dar soporte cuando se está lijando, por lo cual

es muy importante que sea un material resistencia. Este material se soporte se encuentra unido con una capa de material abrasivo que puede ser de distinto tamaño de grano, en conjunto ambos materiales forman la lija. Se utiliza para realizar desde procesos de desbaste hasta un acabado espejo de manera manual en los moldes, todos sus usos y tamaño de grano se pueden ver en la tabla 10.

Tipos de lijas		
Tipo de lija	Grano	Uso
Lija de grano gureso	#20, #24, 36, #40, #60, #80	Lijado pesado, remoción y desbaste
Lija de grano medio	#100, #120, #150, #180, #220, # 240, #280	Alisar superficie
Lija de grano fino	#320, #360, #400, #500, #600	Lijado entre capas
Lija de grano extrafino	#800, #1000, #1200, #1500, #2000	Retirar asperezas y acabado de precisión

Tabla 10.- Tipos de lijas y sus usos.



Figura 9.- Lijas.

➤ Cepillos y discos de lija

Es un accesorio que consiste en un cabezal que contiene pelo de caballo o de cabra, está unido a un vástago para utilizarse en herramientas rotativas. Se utilizan para pulir en conjunto con la pasta de diamante las superficies planas, curvas e irregulares y obtener un acabado espejo. El cepillo a utilizar dependerá de las dimensiones del área en donde se requiere utilizar así como si se requiere un cepillo más duro (pelo de caballo) o más suave (pelo de cabra).



Figura 10.- Cepillos de pelo de caballo (negro) y de cabra (blanco).

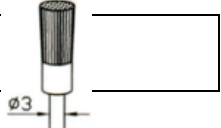
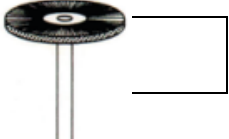
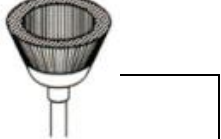
Cepillos para pulir		
Diámetro	Tipo de cepillo	Tipo de pelo
4.8 mm		Pelo de cabra (suave) y Pelo de caballo (duro)
6.4 mm		
19 mm		Pelo de caballo (duro)
25.4 mm		
9/16"		Pelo de cabra (suave) y Pelo de caballo (duro)
1"		

Tabla 11.- Cepillos para pulir.

Consiste en lijas de forma circular que se utilizan en las herramientas rotativas, como el moto tool, se utiliza en conjunto con un mandril que consiste en un vástago y cabezal sobre el cual, mediante un material adhesivo, se colocan los discos de lija. En la figura 11 se muestran los distintos discos de lija y mandriles que se utilizan.



Figura 11.- Discos de lija y soporte para herramienta rotativa

➤ **Varillas de bambú**

Es una barra fabricada de bambú la cual se utiliza como herramienta de apoyo para aplicar las lijas en el proceso de pulido o para aplicar la pasta de diamante mediante el uso de kleenex.



Figura 12.- Varillas de bambú.

➤ **Pasta de diamante**

La pasta de diamante es un compuesto de partículas de diamante molidas y líquido, por lo general suele ser agua. Se utiliza para pulir o afilar superficies las cuales pueden ser metales, cerámica, vidrio y minerales. El tamaño del grano se mide en micrones y se recomienda aplicar con un paño para realizar una correcta aplicación sobre la superficie y aprovechar mejor la cantidad de pasta a utilizar. En la tabla 12 se muestran las distintas pastas de diamante, código de color y su uso para facilitar su aplicación.



Figura 13.- Pasta de diamante.

Pasta de diamante			
Grano	Color	Malla	Uso
#1		14 000	Pulido final
#3		8000	Lapeado y pre-pulido
#6		3000	Lapeado y pre-pulido
#9		1800	Lapeado y pre-pulido
#15		1200	Lapeado y pre-pulido
#30		800	Eliminación rápida de material
#45		325	Eliminación rápida de material
#60		230	Eliminación rápida de material
#90		170	Eliminación rápida de material
#120		120	Eliminación rápida de material

Tabla 12.- Tipos de pasta de diamante y su uso.

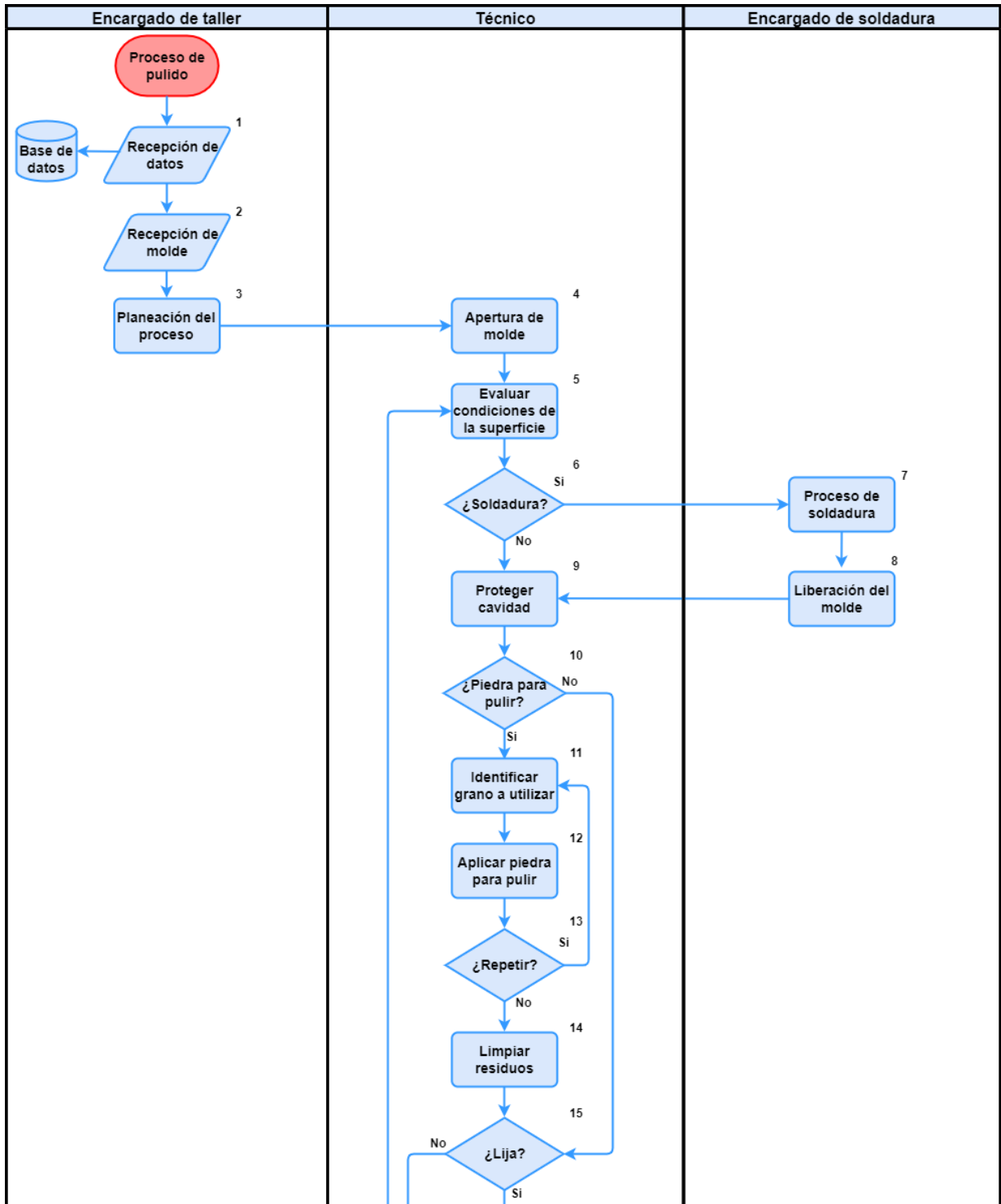
➤ Limpiador CS-09

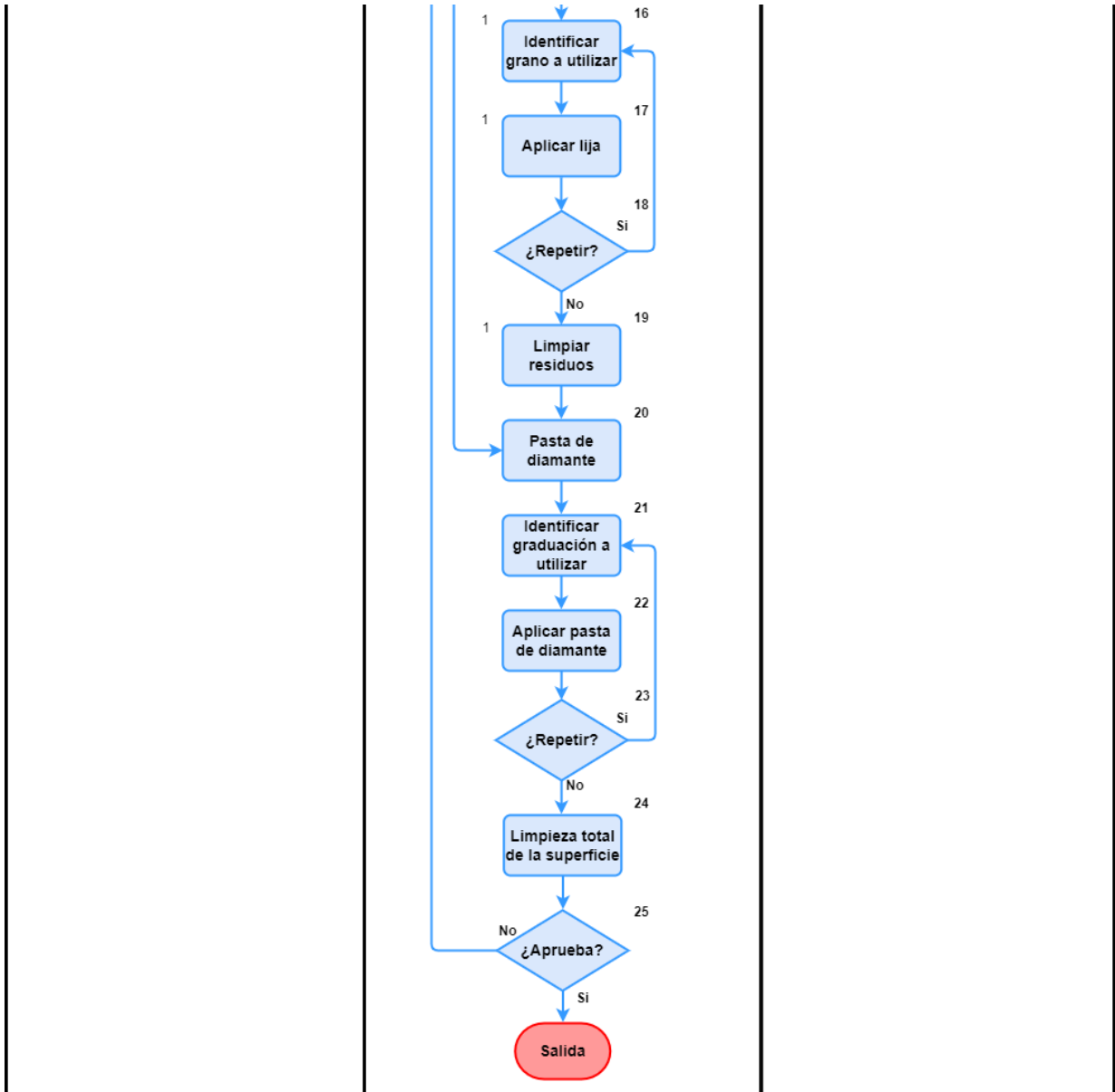
Químico que se utiliza para eliminar cualquier adhesivo, resina, protector o residuos en la superficie. Se aplica durante las etapas de piedra, lija y pasta en el proceso de pulido para no dañar la superficie y dar acabado espejo, se recomienda limpiar con un paño.



Figura 14.- Limpiador industrial CS-09.

Diagrama de flujo





Descripción de las actividades

Paso 1.- Recepción de datos

- ✓ ¿Quién?: Encargado de taller
- ✓ ¿Cuándo?: Solicitud de reparación de molde.

Se reciben los datos acerca del molde, por ejemplo, el nombre y el código ya que estos se almacenan en una base de datos la cual se utiliza para llevar un control sobre los moldes.

Paso 2.- Recepción del molde

- ✓ ¿Quién?: Encargado de taller.
- ✓ ¿Cuándo?: Solicitud de reparación de molde.

Se recibe el molde en el taller junto con la pieza que contiene el defecto para que sirva como guía para el técnico y encuentre fácilmente la/s zona/s que requieren de un proceso de pulido.

Paso 3.- Planeación del proceso

- ✓ ¿Quién?: Encargado de taller.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de la recepción de datos y molde.

Se formaliza una planeación acerca de quién será el responsable de realizar el proceso de pulido, hora y día para posteriormente, en la junta de las 8:00 Am que se tiene diariamente, asignarle la actividad al técnico correspondiente.

Paso 4.- Apertura del molde

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de la planeación del proceso.

Se inicia el proceso de apertura del molde, utilizando los cáncamos y eslingas correspondientes de acuerdo a las características del molde (dimensiones y peso) se ubica el molde en el taller y posteriormente se abre.

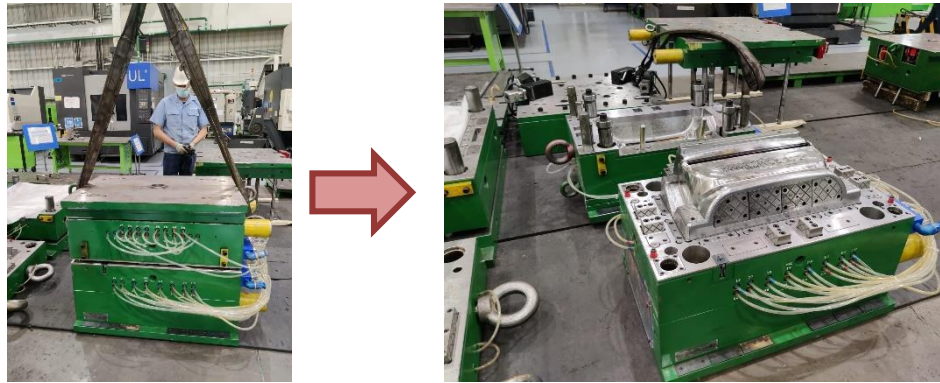


Figura 15.- Apertura del molde.

Paso 5.- Evaluar condiciones de la superficie

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de la apertura del molde.

Se identifica en la cavidad las zonas en las que la pieza presenta el defecto a causa del mal estado de la superficie, es importante utilizar luz para cerciorarse de la presencia de rayones, deformidad o superficie opaca. Por último, se debe de tomar en cuenta el tipo de resina con la cual se inyecta la pieza ya que esto determina si el pulido debe ser más o menos exigente

Paso 6.- ¿Soldadura?

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de evaluar condiciones de la superficie.

De acuerdo a la evaluación previa, se decide si se requiere aplicar soldadura antes de comenzar con el proceso de pulido

Paso 7.- Proceso de soldadura

- ✓ ¿Quién?: Encargado de soldadura.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de decidir si es necesario aplicar soldara.

La cavidad pasa por el proceso de soldadura, puede ser soldadura tungsteno o eléctrica, en donde se le coloca la cantidad necesaria de soldadura para eliminar la deformidad la superficie.

Paso 8.- Liberación del molde

- ✓ ¿Quién?: Encargado de soldadura.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de aplicar soldadura.

Se evalúa si la soldadura se aplicó correctamente tanto en cantidad como en zona para posteriormente realizar la liberación de la parte del molde.

Paso 9.- Protección de la cavidad

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de la liberación del molde del área de soldadura.

Utilizando cinta masking, se protege las zonas con acabado espejo de la cavidad que no se van a trabajar para evitar dañarlas.

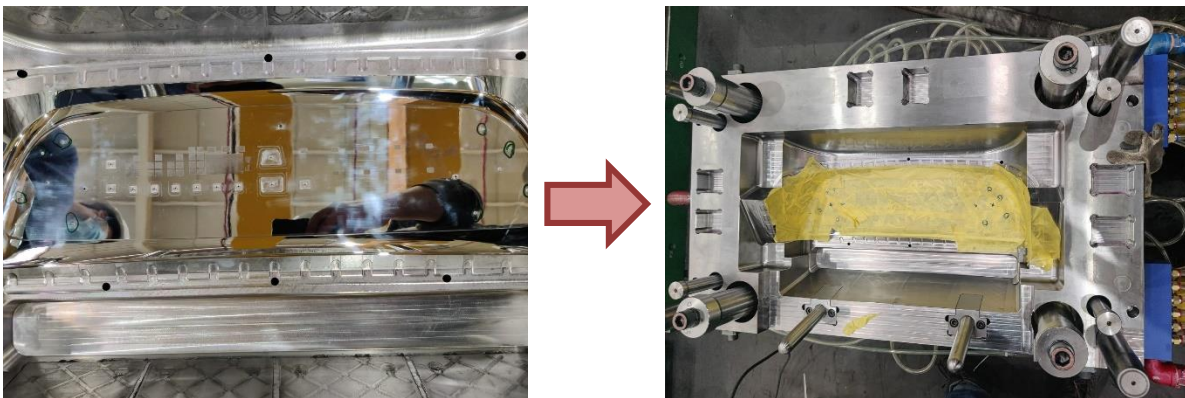


Figura 16.- Protección de la cavidad.

Paso 10.- ¿Piedra para pulir?

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de la aplicar la protección a la cavidad.

Se decide si es necesario aplicar o no piedra para pulir para rebajar los excesos de soldadura e impurezas de la superficie.

Si la superficie tuvo que pasar por un proceso de soldadura o tiene presencia de golpes/ rayones muy profundos es necesario aplicar piedra para pulir. De no ser así es necesario analizar si requiere lija (Paso 15).

Paso 11.- Identificar grano a utilizar

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de decidir si es necesario aplicar piedra para pulir.

Seleccionar la piedra con el tamaño de grano correspondiente de acuerdo al estado de la superficie y a la tabla 1. Se recomienda comenzar con una piedra de menor grano para ir incrementando y no rebajar en exceso la superficie.

Paso 12.- Aplicar piedra para pulir

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de identificar graduación a utilizar.

Utilizar suficiente cantidad de dieléctrico en la superficie para posteriormente aplicar de manera manual la piedra, es importante realizar los movimientos en el sentido del filo de la superficie y no aplicar la piedra solamente donde se encuentra la zona a tratar, se debe abarcar un poco más de área.

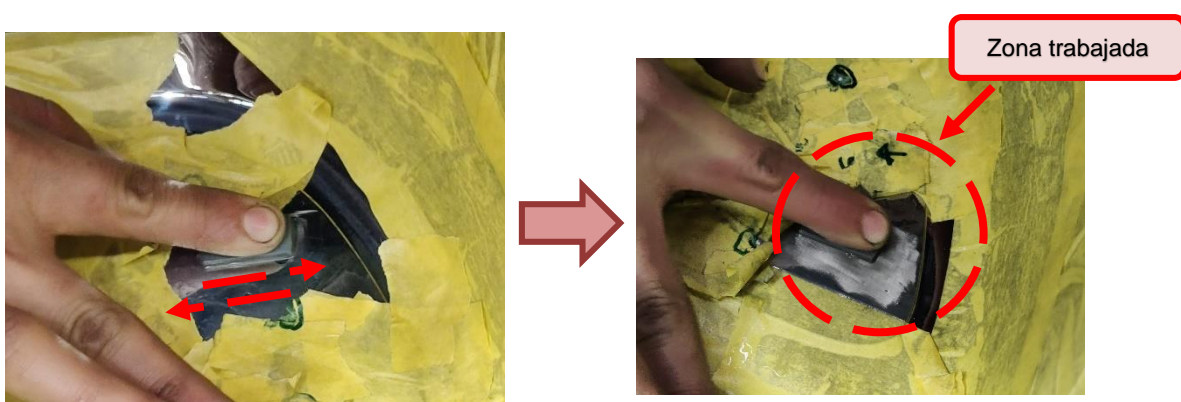


Figura 17.- Aplicación de la piedra para pulir.

Paso 13.- ¿Repetir?

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.

- ✓ ¿Cuándo?: Después de aplicar piedra para pulir.

Analizar y decidir si la superficie requiere volver a aplicar piedra para pulir de otro grano distinto para dejar en condiciones la superficie ya que si quedan irregularidades y se sigue con el proceso, requeriría de volver a empezar nuevamente el proceso de pulido.

Entre cada aplicación de piedra para pulir se deben limpiar los residuos (paso 14).

Paso 14.- Limpiar residuos

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de decidir si es necesario aplicar piedra para pulir de otro tamaño de grano.

Limpiar residuos que quedaron después de aplicar la piedra para pulir con limpiador industrial CS-09 y kleenex para evitar causar rayones. Para limpiar se debe aplicar CS-09 sobre el kleenex y pasarlo una única vez sobre la superficie para esperar unos segundos a que se evapore el limpiador y observar el resultado

Es importante no pasar más de una vez el kleenex sin esperar esos segundos ya que eso provocaría que aparezcan manchas de los residuos que quedan atrapados en el mismo.

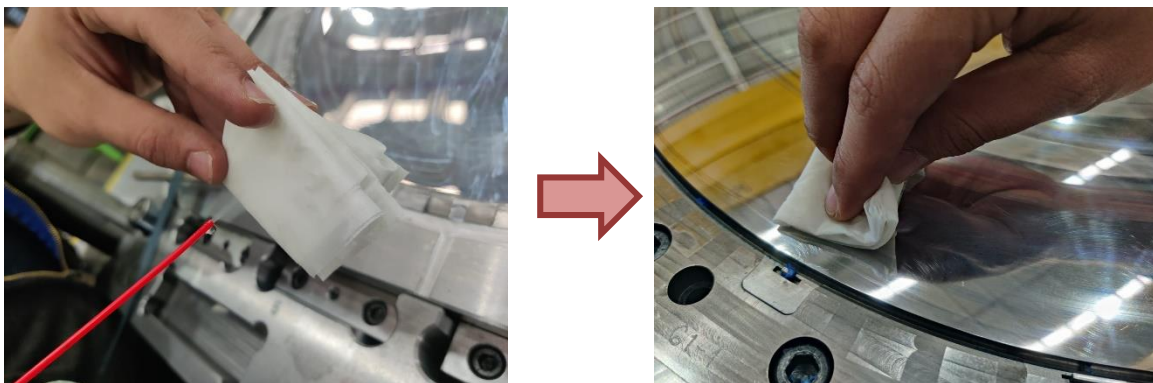


Figura 18.- Limpieza de residuos.

Paso 15.- ¿Lija?

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.
- ✓ ¿Cuándo?: Después limpiar los residuos.

Se decide si es necesario aplicar o no lija para eliminar los rayones causados por la piedra para pulir. Si los rayones no son tan graves lo recomendable es utilizar directamente pasta de diamante (Paso 20).

Paso 16.- Identificar grano a utilizar

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de decidir si es necesario utilizar lija.

Al igual que la piedra para pulir, las lijas se clasifican de acuerdo a al tamaño de grano por lo cual es importante identificar, en base al estado actual de la superficie, cual es la lija más indicada a utilizar. Se puede utilizar de guía la tabla 10 para seleccionar el tamaño de grano.

Paso 17.- Aplicar lija

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de identificar graduación a utilizar.

Para aplicar la lija es necesario ajustarla en la punta de la barra de bambú de manera que la cubra totalmente para posteriormente apoyar realizar presión sobre la superficie y realizar movimientos de arriba hacia abajo en el sentido del filo al igual que cuando se aplicó la piedra para pulir. El uso de dieléctrico para lubricar mientras se realizan los movimientos circulares también es necesario.

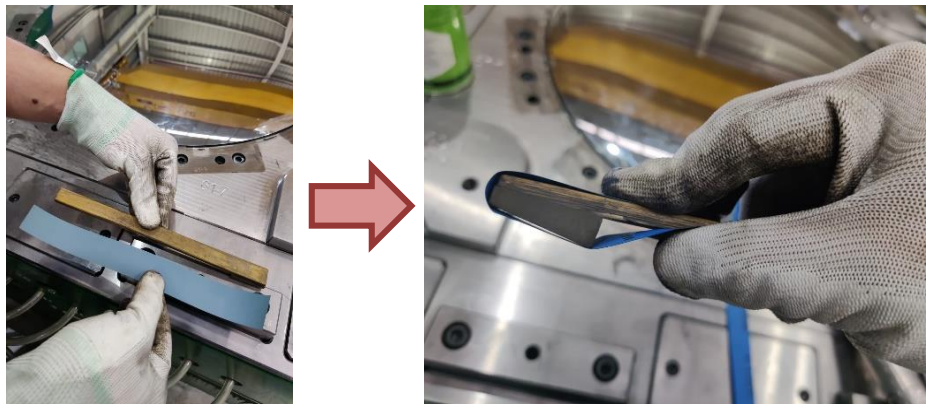


Figura 19.- Método para utilizar la lija.

Paso 18.- ¿Repetir?

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de aplicar lija.

Analizar y decidir si la superficie requiere volver a aplicar lija de otro grano distinto para dejar en condiciones la superficie ya que si quedan irregularidades y se sigue con el proceso, requeriría repetir pasos anteriores.

Entre cada aplicación de lija se deben limpiar los residuos (paso 19).

Paso 19.- Limpiar residuos

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de decidir si es necesario aplicar lija de otro tamaño de grano.

De manera similar se repite el paso 14, se utiliza limpiador industrial CS-09 y kleenex para retirar los residuos completamente.

Paso 20.- Pasta de diamante

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de limpiar residuos.

Es la última etapa del proceso de pulido, es necesario el utilizar pasta de diamante para dar el acabado espejo a la superficie. Se requerirá de cepillos de acuerdo a la tabla 11 así como moto tool o kleenex en conjunto con varillas de bambú para aplicar la pasta.

Paso 21.- Identificar grano a utilizar.

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de identificar que es necesario aplicar pasta de diamante.

Seleccionar la pasta con el tamaño de grano adecuado para el estado actual de la superficie, se puede guiar de acuerdo a la tabla 12 para identificar el tamaño de grano adecuado.

Paso 22.- Aplicar pasta de diamante

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de identificar grano a utilizar.

Seleccionar método a utilizar para aplicar la pasta, mediante herramienta rotativa o manualmente con varilla de bambú.

Si se utiliza el moto tool se debe seleccionar el cepillo adecuado tabla 11 para posteriormente aplicar pequeños puntos de pasta en toda la área a tratar, evitar aplicar solamente en donde se encuentra la zona dañada para no producir deformaciones. Después, sin aplicar demasiada presión, se deben realizar movimientos circulares con la herramienta para tratar correctamente la superficie.

Si se utiliza varilla de bambú primeramente se debe ajustar el kleenex al tamaño de la varilla, colocarlo en la punta de la herramienta para sujetarlo de arriba y abajo evitando que se mueva, aplicar la pasta en el kleenex y deslizar sobre la superficie en la dirección del filo de la misma.

Es necesario verificar el estado del kleenex y cambiarlo constantemente para evitar rayones y limpiar la zona con CS-09 para ir verificando que el acabado final sea el deseado.

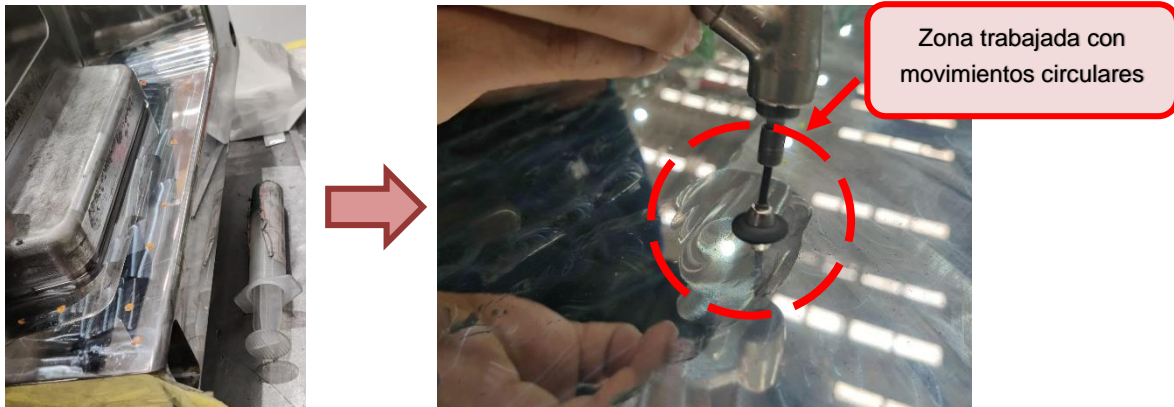


Figura 20.- Aplicación de pasta de diamante utilizando moto tool.

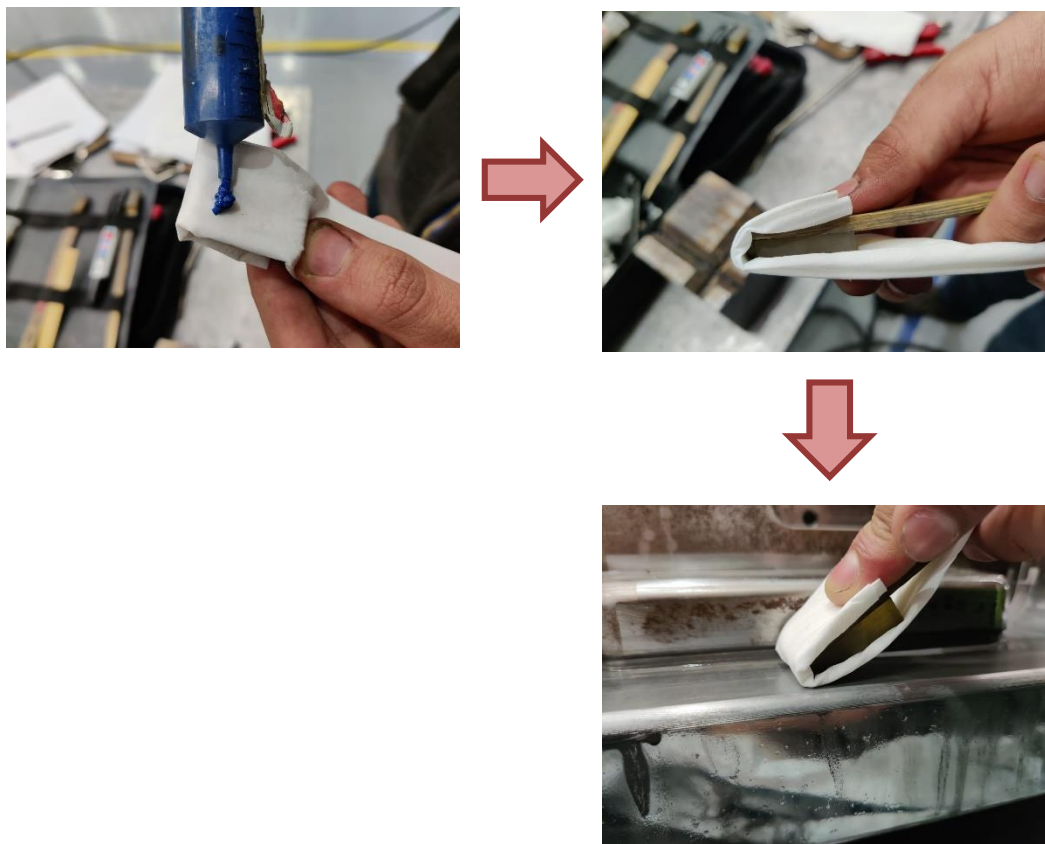


Figura 21.- Aplicación de paste con kleenex y varillas de bambú.

Paso 23.- ¿Repetir?

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de aplicar pasta de diamante.

Analizar y decidir si la superficie requiere volver a aplicar pasta de otro grano distinto para obtener el acabado deseado.

Paso 24.- Limpieza total de la cavidad

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de decidir si requiere utilizar pasta de otro tamaño de grano.

Se limpia por completo toda la cavidad con limpiador CS-09 y kleenex, de igual manera, deslizarlo en un mismo sentido y una única vez.

25.- ¿Aprueba?

- ✓ ¿Quién?: Técnico asignado.
- ✓ ¿Cuándo?: Después de limpiar totalmente la cavidad.

Se observa y determina si el acabado final es el correcto y no afectará en la calidad de las piezas a inyectar con el molde. De no ser así, es necesario volver a identificar la condición en la que se encuentra la superficie y decidir si requiere nuevamente piedra para pulir, lija o pasta de diamante.

Malas prácticas

A continuación se enuncian las malas prácticas más recurrentes cuando se va a realizar un proceso de pulido en los moldes de inyección, por lo cual es importante prestar atención si se está realizando alguna de ellas para no perjudicar el avance en el proceso de pulido y no arraigar malos hábitos laborales.

No proteger cavidad.- Es responsabilidad del técnico en cuestión proteger el resto de la cavidad en la cual no se realizara el proceso de pulido para evitar que por cuestiones de falta de atención o mal manejo de la herramienta se dañe, lo cual requeriría más tiempo de trabajo. Por lo tanto, antes de comenzar cualquier proceso de pulido es de vital importancia el aplicar cinta masking en las demás zonas como se indica en el paso 9 del presente manual.



Figura 22.- Protección de la cavidad.

Técnica incorrecta para limpiar residuos.- Se hace mal uso de los kleenex y limpiador CS-09 al momento de limpiar los residuos durante y después del proceso de pulido. Se debe evitar aplicar demasiada fuerza y no deslizarlo por toda la superficie, se debe de hacer de manera suave y en un mismo sentido como se indica en el paso 14.

Desorden en el área de trabajo.- Es importante mantener la herramienta y material en orden así como evitar colocarlo sobre el molde ya que esto limita el área para trabajar de manera adecuada la cavidad dado que, si no se protegió la cavidad, está

presente el riesgo de que algún objeto, herramienta o material pueda caer sobre la misma y dañarla.

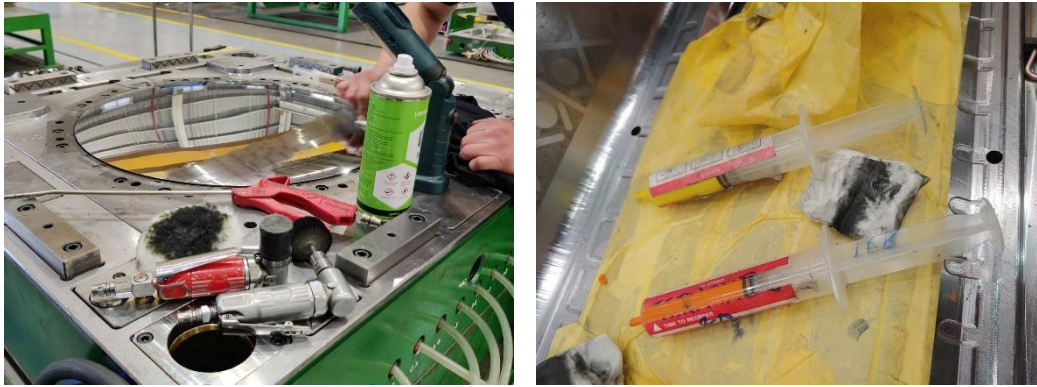


Figura 23.- Desorden de herramientas y material.

