



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“SIMULACIÓN Y MODELACIÓN DE UNA MATRIZ A  
INYECCIÓN PLÁSTICA, PARA LA PRODUCCIÓN DE  
ASAS DE SUJECCIÓN TIPO PUENTE SR 1534  
APLICANDO LA TECNOLOGÍA CNC Y SOFTWARE DE  
DISEÑO CAD-CAM”**

**ALCÍVAR ZAMBRANO FABRICIO ANDRÉS  
CAYAMBE GREFA JANIO WAGNER**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**Riobamba–Ecuador  
2016**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE LA TESIS**

---

2014-10-31

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**ALCÍVAR ZAMBRANO FABRICIO ANDRÉS  
CAYAMBE GREFA JANIO WAGNER**

---

Titulada:

**“SIMULACIÓN Y MODELACIÓN DE UNA MATRIZ A INYECCIÓN  
PLÁSTICA, PARA LA PRODUCCIÓN DE ASAS DE SUJECCIÓN TIPO  
PUENTE SR 1534 APLICANDO LA TECNOLOGÍA CNC Y SOFTWARE DE  
DISEÑO CAD-CAM”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Eduardo Villota Moscoso  
**DIRECTOR**

---

Ing. Ángel Guamán Mendoza  
**ASESOR**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** ALCÍVAR ZAMBRANO FABRICIO ANDRÉS

**TÍTULO DE LA TESIS:** “SIMULACIÓN Y MODELACIÓN DE UNA MATRIZ A INYECCIÓN PLÁSTICA, PARA LA PRODUCCIÓN DE ASAS DE SUJECCIÓN TIPO PUENTE SR 1534 APLICANDO LA TECNOLOGÍA CNC Y SOFTWARE DE DISEÑO CAD-CAM”

**Fecha de Examinación:** 2016-10-31

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Almendariz Puente <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Eduardo Villota Moscoso <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Ángel Guamán Mendoza <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Marco Almendariz Puente  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** CAYAMBE GREFA JANIO WAGNER

**TÍTULO DE LA TESIS:** “SIMULACIÓN Y MODELACIÓN DE UNA MATRIZ A INYECCIÓN PLÁSTICA, PARA LA PRODUCCIÓN DE ASAS DE SUJECCIÓN TIPO PUENTE SR 1534 APLICANDO LA TECNOLOGÍA CNC Y SOFTWARE DE DISEÑO CAD-CAM”

**Fecha de Examinación:** 2016-10-31

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Almendariz Puente <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Eduardo Villota Moscoso <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Ángel Guamán Mendoza <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Marco Almendariz Puente  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de la autora. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Alcívar Zambrano Fabricio Andrés**

---

**Cayambe Grefa Janio Wagner**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Alcívar Zambrano Fabricio Andrés y Cayambe Grefa Janio Wagner, declaramos que el presente trabajo de grado es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

**Alcívar Zambrano Fabricio Andrés**

Cédula de Identidad: 171954410-6

---

**Cayambe Grefa Janio Wagner**

Cédula de Identidad: 150064998-1

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo representa la materialización de mi sueño de vida y el esfuerzo constante de estos últimos años, por lo que me es grato dedicarlo a mis abuelitos por el inmenso apoyo y a Dios por las bendiciones derramadas en mi y mi familia.

**Alcívar Zambrano Fabricio Andrés**

El presente trabajo de tesis se lo dedico primeramente a Dios, a mis Padres, Isidro y Patricia por el apoyo incondicional y enseñarme que con esfuerzo y dedicación todo se alcanza y esto es un ejemplo de ello. A mi Madre que desde el cielo estuvo siempre conmigo, a mi Padre que a pesar de las dificultades siempre supo aconsejarme y darme el impulso para continuar.

**Cayambe Grefa Janio Wagner**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Escuela de Ingeniería Industrial y a sus docentes, por permitirme formarme y obtener mi título profesional y ser una persona útil para la sociedad.

Al Ing. Eduardo Villota, director y al Ing. Ángel Guamán asesor de tesis; por su contribución a la ejecución y culminación del presente trabajo.

Y en especial para mis padres, esposa, hijos y hermanos por ser los impulsores para culminar esta meta de manera exitosa.

**Alcívar Zambrano Fabricio Andrés**

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme permitido forjarme en sus aulas, a la Escuela de Ingeniería Industrial a sus autoridades y profesores, por abrir sus puertas y darme la confianza necesaria para triunfar en la vida y transmitir sabiduría para mi formación profesional.

Al Ing. Eduardo Villota, director y al Ing. Ángel Guamán asesor de tesis; por su contribución a la ejecución y culminación del presente trabajo.

**Cayambe Grefa Janio Wagner**



## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación .....	2
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos: .....	3
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Tecnología CNC. ....	4
2.2 El plástico en la industria.....	5
2.3 Constitución y función del molde .....	7
2.3.1 Clasificación de los moldes .....	8
2.3.2 Control de temperatura en los moldes de inyección .....	14
2.3.3 Variables en el proceso de Inyección .....	15
2.3.4 Accesorios de un molde de inyección.....	16
2.3.5 Materiales para la construcción de moldes. ....	17
2.3.6 Proceso de construcción de moldes de inyección. ....	19
2.4 CAD/CAM.....	21
2.4.1 Ventajas del uso de CAD/CAM.....	22
2.5 Programación de la máquina CNC .....	22
2.5.1 Parte de la estructura del programa de la máquina .....	25
2.5.2 Funciones generales de movimientos o preparatorias. ....	28
<b>3. DISEÑO Y FABRICACIÓN ASISTIDO POR COMPUTADORA</b>	
3.1 Descripción de la pieza SR 1534 .....	34
3.2 Diseño de la Pieza.....	34
3.3 Material de fabricación .....	35
3.3.1 Selección del material para construcción del molde.....	35
3.3.2 Selección de la dureza de trabajo adecuada para el molde .....	35
3.4.1 Poliamida 6. ....	36
3.5 Especificaciones de la máquina inyectora .....	37
3.6 Sistematización del molde de inyección .....	38
3.6.1 Cálculo del número de cavidades posibles. ....	38
3.6.2 Fuerza de inyección. ....	39
3.6.3 Cálculo del número de cavidades. ....	40
3.6.4 Dimensiones del molde.....	41
3.6.5 Partes del molde.....	41
3.6.6 Sistema de alimentación .....	46
3.6.7 Sistema de expulsión. ....	48
3.6.8 Sistema de atemperado. ....	51

3.6.9	Guías y componentes.....	52
<b>4.</b>	<b>MODELADO CAD-CAM DEL MOLDE A INYECCION DE MANIJA PLASTICA Y SIMULACION</b>	
4.1	Selección del material en el software .....	56
4.2	Selección de operación para mecanizado .....	58
4.2.1	Operaciones de mecanizado de la placa porta molde. ....	60
4.2.2	Operaciones de mecanizado para agujeros. ....	69
4.2.3	Operaciones de mecanizado de la placa de cavidad. ....	78
4.2.4	Operaciones para la realización de Agujeros.....	95
4.3	SIMULACIÓN .....	100
4.4	Generación de códigos G.....	101
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
5.1	Conclusiones.....	103
5.2	Recomendaciones .....	103

**BIBLIOGRAFÍA**  
**ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
<b>1</b>	Clasificación de termoplásticos .....	6
<b>2</b>	Diseño de un molde .....	8
<b>3</b>	Normas.....	10
<b>4</b>	Formato de dirección .....	26
<b>5</b>	Rango de direcciones .....	28
<b>6</b>	Estructura de un bloque de programación CNC .....	28
<b>7</b>	Lista de códigos de movimiento .....	29
<b>8</b>	Lista de códigos de movimientos continuos .....	30
<b>9</b>	Encender y restablecer el estado de los códigos G .....	30
<b>10</b>	Características acero ASTM-A36.....	35
<b>11</b>	Ventajas del material .....	36
<b>12</b>	Característica general de la poliamida 6 .....	37
<b>13</b>	Características de la máquina .....	38
<b>14</b>	Calculo del espesor .....	43
<b>15</b>	Canales de distribución.....	47
<b>16</b>	Costos de producción.....	55

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
1	La industria ..... 4
2	Polímeros termoestables ..... 5
3	Polímeros termoplásticos ..... 6
4	Inyección de plástico ..... 7
5	Molde de inyección..... 8
6	Pared fría..... 10
7	Relación rentabilidad- calidad ..... 11
8	Molde de colada caliente ..... 11
9	Manifold..... 12
10	Sistemas de expulsión ..... 13
11	Control de temperatura ..... 14
12	Ciclo de inyección ..... 16
13	Expulsores..... 16
14	Molde de acero..... 18
15	Mecanizado de desbaste..... 19
16	Troquelado ..... 20
17	Electroerosión ..... 20
18	Galvanotecnia ..... 21
19	SR 1534..... 34
20	Diseño de asa SR 1534 ..... 34
21	CNC ..... 37
22	Molde de inyección..... 38
23	Área proyectada ..... 39
24	Dimensiones del molde..... 41
25	Placa de sujeción anterior ..... 41
26	Placa de sujeción posterior ..... 42
27	Placa portacavidad derecha..... 42
28	Placa portacavidad Izquierda ..... 43
29	Soportes separadores..... 44
30	Selección del diámetro menor de la boquilla ..... 46
31	Secciones de canales de distribución ..... 48
32	Placas expulsoras ..... 48
33	Placas expulsoras ..... 49
34	Representación de las varillas expulsoras..... 49
35	Disposición rectilínea de los canales de refrigeración ..... 51
36	Componentes que intervienen en un molde ..... 53
37	Elementos de guiado ..... 53
38	Elemento de guiado ..... 54
39	Selección de material ..... 56

<b>40</b>	Geometría del material.....	56
<b>41</b>	Tipo de material .....	57
<b>42</b>	Parámetros .....	57
<b>43</b>	Tipo de función.....	58
<b>44</b>	Plano .....	58
<b>45</b>	Superficie plana .....	59
<b>46</b>	Seleccionar geometría.....	59
<b>47</b>	Función cara.....	60
<b>48</b>	Parámetros de selección de herramienta .....	60
<b>49</b>	Secuencias.....	61
<b>50</b>	Parametros de profundidad .....	61
<b>51</b>	Entrada y salida de herramienta.....	62
<b>52</b>	Selección de enlace .....	62
<b>53</b>	Parámetros de desbaste .....	63
<b>54</b>	Set de herramientas actuales .....	63
<b>55</b>	Herramientas de desbaste.....	64
<b>56</b>	Herramienta de Desbaste .....	64
<b>57</b>	Sostenedores .....	65
<b>58</b>	Cálculo de trazo .....	65
<b>59</b>	Trazo de la herramienta .....	65
<b>60</b>	Tipos de función .....	66
<b>61</b>	Selección de geometría .....	66
<b>62</b>	Movimiento rapidos.....	66
<b>63</b>	Selección de secuencia.....	67
<b>64</b>	Parametros de espacio lateral.....	67
<b>65</b>	Entrada y Salida .....	68
<b>66</b>	Información de herramienta.....	68
<b>67</b>	Entrada y Salida .....	69
<b>68</b>	Vaciado CAM .....	69
<b>69</b>	Líneas a seguir .....	69
<b>70</b>	Selección taladradora.....	70
<b>71</b>	Operaciones .....	70
<b>72</b>	Selección de geometría .....	70
<b>73</b>	Acercamiento al material .....	71
<b>74</b>	Información de la herramienta .....	71
<b>75</b>	Parámetros de operación .....	72
<b>76</b>	Herramienta de taladrado.....	72
<b>77</b>	Parámetros de operación .....	73
<b>78</b>	Líneas a seguir .....	73
<b>79</b>	Tipo de función.....	73
<b>80</b>	Selección de agujeros.....	74
<b>81</b>	Configuración de agujero ensanchado .....	74
<b>82</b>	Herramienta para taladrado de centro .....	75
<b>83</b>	Parámetros .....	75

<b>84</b>	Ajustar valores de herramienta .....	76
<b>85</b>	Modificar los parámetros .....	76
<b>86</b>	Herramienta para ensanchado .....	77
<b>87</b>	Parámetros de operación .....	77
<b>88</b>	Trazo de le herramienta. ....	77
<b>89</b>	Tipo de Función .....	78
<b>90</b>	Plano .....	78
<b>91</b>	Superficie plana .....	79
<b>92</b>	Seleccionar Geometría .....	79
<b>93</b>	Función Cara .....	79
<b>94</b>	Herramienta para desbaste .....	80
<b>95</b>	Secuencias.....	80
<b>96</b>	Parametros de profundidad .....	81
<b>97</b>	Entrada y salida de herramienta.....	81
<b>98</b>	Enlaces .....	82
<b>99</b>	Herramienta para acabado .....	82
<b>100</b>	Set de Herramientas Actuales .....	83
<b>101</b>	Herramientas de desbaste.....	83
<b>102</b>	Herramienta de Desbaste .....	84
<b>103</b>	Sostenedores .....	84
<b>104</b>	Cálculo de trazo .....	84
<b>105</b>	Trazo de la herramienta .....	85
<b>106</b>	Parámetros de máquina .....	85
<b>107</b>	Selección de operaciones .....	86
<b>108</b>	Selección de geometría .....	86
<b>109</b>	Selección de la geometría .....	86
<b>110</b>	Selección del limite a mecanizar .....	87
<b>111</b>	Movimientos Rápidos .....	87
<b>112</b>	Selección de herramienta .....	88
<b>113</b>	Secuencias.....	88
<b>114</b>	Parámetros de herramienta.....	89
<b>115</b>	Entrada y salida.....	89
<b>116</b>	Calculo de trazo .....	89
<b>117</b>	Trazo calculado.....	90
<b>118</b>	Tipo de función.....	90
<b>119</b>	Límites y geometría .....	91
<b>120</b>	Secuencia con un fresado de subida .....	91
<b>121</b>	Parámetros .....	91
<b>122</b>	Entrada y salida.....	92
<b>123</b>	Operación enlaces .....	92
<b>124</b>	Insertar parametros .....	93
<b>125</b>	Editar.....	93
<b>126</b>	Nuevo plano .....	93
<b>127</b>	Rosca.....	94

<b>128</b>	Seleccionar geometria.....	94
<b>129</b>	Parametros de herramienta.....	94
<b>130</b>	Parametros de rosca .....	95
<b>131</b>	Trazado .....	95
<b>132</b>	Selección taladradora.....	95
<b>133</b>	Agujero ensancado.....	96
<b>134</b>	Selección de geometria .....	96
<b>135</b>	Funcione de herramienta.....	97
<b>136</b>	Taladrado de centro .....	97
<b>137</b>	Parámetros de taladrado.....	98
<b>138</b>	Parametros de herramienta.....	98
<b>139</b>	Profundidad de herramienta.....	98
<b>140</b>	Ensanchado .....	99
<b>141</b>	Parametros de operación.....	99
<b>142</b>	Trazado .....	99
<b>143</b>	Selección de eje .....	100
<b>144</b>	Simulacion .....	100
<b>145</b>	Reproduccion de la simulacion.....	101
<b>146</b>	Pestaña de erros .....	101
<b>147</b>	Calculo de trazo .....	101

## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Codigos G
- B** Planos molde
- C** Fotos



## **LISTA DE ABREVIACIONES**

<b>CAD</b>	Computer Aided Desing-Diseño Asistido Por Computadora
<b>CAM</b>	Computer Aided Manufacturing- Manufactura Asistida Por Computadora
<b>NC</b>	Numeral Control- Control Numerico
<b>CNC</b>	Computer Numeral Control- Control Numérico Computalizado
<b>DNC</b>	Direct Numeral Control- Control Numérico Directo
<b>RPM</b>	Revoluciones por minuto
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization

## RESUMEN

La siguiente investigación se enfoca en la elaboración de uno de los principales elementos en el proceso de manufactura de productos de plástico, este elemento conocido como molde de inyección, es objeto del estudio en el cual se desarrolla la simulación y modelación de la matriz de asas de sujeción tipo puente 1534 mediante la aplicación de tecnología CNC. Una de las principales razones en el enfoque hacia los plásticos es que poseen propiedades únicas, ya sea en forma aislada o combinadas entre sí. Algunas de estas propiedades son su elasticidad, maleabilidad, mecánica entre otros. Para la obtención de productos a base de plásticos se emplea máquinas de inyección, en las cuales son utilizados variedades de moldes para la obtención de diferentes formas y geometrías en este caso un asa de sujeción tipo puente, requiere de un molde capaz de resistir la presión interna, externa y temperatura generada en el proceso de inyección, para lo cual es indispensable un minucioso cálculo de estos elementos tales como: tiempos de enfriamiento, presión interna del molde, número de cavidades, dimensiones del molde, espesor de placas, etc, los cuales determinan las operaciones a tener en cuenta para el mecanizado y posterior proceso de inyección, lo cual es indispensable en la obtención de un producto terminado de calidad. Los problemas de mecanizado en la simulación del software se observan en el recorrido de la herramienta sobre el material inicial, los cuales fueron solucionados previo al mecanizado final. Cada uno de los parámetros de diseño del molde están regidos por normativas internacionales de calidad, la selección del material poliamida más fibra de vidrio contiene mejores propiedades mecánicas para una mejor asa de sujeción, el correcto cálculo de desmolde asegura la ubicación de expulsores en los puntos críticos. Estos procesos automatizados y paquetes de diseño asistido por computadora permiten mejor la productividad, reducir costos y tiempos; con el fin de presentar un alto estándar de calidad, precisión y funcionalidad con la ayuda de máquinas CNC de los talleres básicos de la ESPOCH.

Palabras clave: <CONTROL NÚMÉRICO POR COMPUTADORA (CNC)><DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD)><FABRICACIÓN ASISTIDA POR COMPUTADORA (CAM)><REVOLUCIONES POR MINUTO (RPM)><ASOCIACION AMERICANA DE PRUEBAS Y MATERIALES (ASTM)><ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIRENO (ABS)><POLICLORURO DE VINILO (PVC)><FUERZA DE INYECCIÓN (FI)>.

## **ABSTRACT**

The following research focus on the elaboration of one of the main elements in the manufacturing process of plastic products, this element is known as injection mold, is object of the study in which the simulation and modeling of the matrix of the bridge-type holding handles 1534, Through the application of CNC technology. One of the main reasons for the focus on plastics is that they have unique properties, either in isolation or combined with each other. Some of these properties are its elasticity, mechanical malleability, among others. For the production of products based on plastics, injection machines are used, in which varieties of molds are used to obtain different shapes and geometries, in this case, tie rod type, Requires a mold capable of withstanding the internal and external pressure and temperature generated in the injection process, for which it is indispensable a slight calculation of these elements such as: cooling times, internal mold pressure, number of cavities, dimensions of the Mold, plate thickness, etc., Which determine the operations to be taken into account for the machining and subsequent injection process, which is indispensable in obtaining a finished product of quality. The problems of machining in the software simulation are observed in the tool path on the initial material, which were solved before the final machining. Each of the parameters of mold design are governed by international quality standards, the selection of polyamide material plus glass fiber contains better properties for a better grip handle, the correct des-mold calculation ensures the location of ejectors in the critical points. These automated processes and computer aided design packages allow better productivity, reduce costs, and time; In order to present a high standard of quality, precision and functionality, with the help of CNC machines, of the basic workshops of ESPOCH.

**CLUE WORDS:** NUMERICAL CONTROL (CNC), COMPUTER ASSISTED DESIGN (CAD), COMPUTER ASSISTED CAM (CAM), REVOLUTIONS PER MINUTE (RPM), AMERICAN ASSOCIATION OF TESTS AND MATERIALS (ASTM), STYRENE BAUTADIENE ACRYLONITRYL (ABS), VINYL POLYCLLORIDE ( PVC), INJECTION FORCE (FI).

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

El proceso de moldeo por inyección se ha usado en la manufactura de piezas plásticas desde mucho antes de que existiera la tecnología de simulación por CAE. Aunque había sido visto con detalle que la calidad de las piezas estaba dictaminada por la compleja interacción entre parámetros de procesamiento como presión de inyección, temperatura de fundido y velocidad de inyección, un moldeo exitoso por inyección siempre se consideraba algo de magia negra. La experiencia era el único medio para manejar los problemas encontrados en el proceso.

La demanda de una mayor calidad y el aumento de los volúmenes de partes moldeadas durante los años 70 llevaron a aumentar el interés en el modelaje matemático del proceso de moldeo por inyección; los primeros esfuerzos en simulación se enfocaron en piezas de geometrías simples y ofrecían muy poca ayuda práctica a los ingenieros involucrados en el moldeo por inyección de piezas más complejas. Sin embargo, los estudios iniciales entregaron una base científica para los desarrollos futuros en la simulación por CAE.

Un avance significativo en la simulación del moldeo por inyección fue la introducción del análisis por elementos finitos (FEA). Aunque el éxito de este método estaba limitado por la tecnología de los computadores disponibles en la época, el uso de la técnica demostró las ventajas de esta aproximación: el modelo para el análisis se asemeja a la geometría real de la pieza y los resultados podían verse en dicho modelo.

Los procesos automatizados y paquetes de diseño asistido por computadora han permitido mejorar la productividad, reducir costos y tiempos; y es que cada vez los productos deben presentar un alto estándar de calidad, precisión y funcionalidad. Una alternativa frente a esto es la reconversión de las industrias introduciendo los conceptos de la automatización y uso de paquetes CAD-CAM en la forma adecuada de modo que se pueda implementar gradualmente acorde a la capacidad y tiempo adecuado; todo esto sin olvidar los factores de rendimiento de la inversión y capacidad de producción.

## **1.2 Justificación**

En la economía mundial, los elementos de plástico desempeñan un papel importante que cada día incrementa más. Una de las principales razones es que los plásticos poseen propiedades únicas, ya sea en forma aislada o combinadas entre sí. Algunas de estas propiedades son su elasticidad, maleabilidad, resistencia química, mecánica, impermeabilidad, resistencia al enmohecimiento, entre otros, propiedades que no se encuentran en ningún material que ofrece la naturaleza.

Para la obtención de productos a base de plásticos se emplea máquinas de inyección, en las cuales son utilizados variedades de moldes para la obtención de diferentes formas y geometrías de los productos finales. En nuestro país la fabricación de moldes ha ido ganando protagonismo a nivel industrial, por lo cual se desea investigar sobre esta rama de la ingeniería.

La implementación de sistemas CNC para la producción de manufactura permitirá reducir los tiempos de operación y facilitara la construcción de diseños cada vez más complejos. Aportar significativamente a la matriz es realizar inversión considerable comparada con el nuevo modelo incluyente que genera nuevas capacidades para el desarrollo humano a nivel nacional. Los diseños CAD-CAM son capaces de responder a los requerimientos de los clientes y a sus compromisos con el medio ambiente, la seguridad y la innovación.

La producción de piezas plásticas moldeadas por inyección es parte integral de muchos de los principales procesos de manufactura actuales. Cada vez más, los plásticos son usados cuando las compañías están interesadas en mejorar el desempeño de sus productos, mientras reducen sus costos de operación y tiempo de entrada al mercado.

Es bien conocido que optimizar el proceso de diseño a manufactura disminuye el costo de desarrollo y fabricación, mejora la calidad de las piezas plásticas y reduce el tiempo de puesta en venta de un nuevo producto; y puede sostenerse que la mejor forma de optimizar el proceso de diseño a manufactura de piezas plásticas moldeadas por inyección es implementar Sistemas de Control Numérico (CN) e incorporar paquetes de simulación por tratarse de sistemas totalmente integrados. Estas herramientas pueden usarse para simular una amplia variedad de fenómenos, ocurridos durante el desarrollo y manufactura de una pieza plástica como las detalladas a continuación:

Las iteraciones físicas pueden ser reemplazadas por iteraciones de simulación, ahorrando el tiempo y costo que implican la construcción y modificación de una herramienta física.

Los objetivos de desempeño pueden alcanzarse más rápido al usar los resultados de la simulación para identificar y corregir errores antes de que se construya el molde. El proceso de manufactura en sí mismo puede ser simulado y optimizado en un computador.

Los objetivos de calidad pueden alcanzarse más fácilmente usando los resultados de la simulación para identificar y corregir asuntos antes de que se construya el molde.

Los objetivos de costos pueden ser configurados y concordados desde esta etapa temprana y baja en riesgos, debido a que los resultados de la simulación proveen información cualitativa y cuantitativa necesaria para optimizar el diseño de las piezas y las condiciones del proceso.

### **1.3       Objetivos**

**1.3.1**     *Objetivo general.* Aplicar la tecnología CNC y diseños CAD-CAM para simular la modelación de una matriz a inyección plástica.

**1.3.2**     *Objetivos específicos:*

- Interpretar el funcionamiento de una Máquina-Herramienta con control numérico computarizado CNC y de su respectivo software.
- Realizar un estudio y determinar los parámetros característicos de diseño del molde y las normativas que normalizan los componentes del mismo.
- Seleccionar los polímeros a utilizar para la inyección del asa de sujeción tipo puente SR-1534.
- Diseñar la matriz a inyección plástica para un asa de sujeción tipo puente SR-1534
- Simular el mecanizado de los componentes del molde.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Tecnología CNC.

La necesidad de superación y mejora de la calidad en la industria ha influenciado en la calidad de los productos, mejorando la capacidad de producción de las empresas e introduciendo la tecnología como estrategia para el aumento de la productividad optimizando los procesos productivos. Hoy en día las máquinas CNC o también conocidas como máquinas de control numérico computarizado es un gran avance tecnológico en las industrias de producción lo que ha permitido el desarrollo exponencial de estas máquinas CNC por la gran variedad de campos de aplicación, automatizando los movimientos que anteriormente eran casi imposibles de ejecutar manualmente ya sean movimientos como líneas diagonales, círculos y figuras complejas. La cantidad de ejes aumenta las posibilidades de ejecutar mayor cantidad de formas y figuras, hoy en día se encuentra fresadoras de 5 ejes, que se traduce en un aumento de velocidad, precisión y calidad en los productos finales.

Figura 1. La industria



Fuente: <http://goo.gl/eStMtO>

Existen cuatro variables las cuales son necesarias controlar para incrementar la eficiencia de una máquina estas son: la velocidad, rapidez, precisión y productividad. Las ventajas del uso de una fresadora CNC es automatizar los diferente movimientos de la máquina, disminuye la cantidad de errores producidos por los operarios, así como la dependencia de este en el mayor de los casos, mejora la precisión y velocidad debido a que se puede ejecutar varias veces el mismo movimiento, aumenta la seguridad debido a que se puede elaborar productos peligrosos.

En la actualidad el proceso de fresado es uno de los principales métodos de mecanización por arranque de viruta en diferentes tipos de superficie, los ejes de las máquinas CNC pueden ser de: interpolación continua o control de posicionamiento, cuando investigamos de interpolación continua, el control de los ejes es efectuado en tiempo real, en el control de posicionamiento los movimientos de los ejes están determinados a una diferente posición.

## 2.2 El plástico en la industria

En la actualidad, las industrias dedicadas a la inyección de plásticos son muy importantes debido a que su demanda en el mercado es muy extenso, el proceso de fabricación de modelos o prototipos a inyección de plástico de una manera concreta se establece que el material en estado sólido mediante un cambio de estado se transforma en plástico mediante la etapa de fusión que depende de la temperatura a que el material se funde, esto hace que el material tenga mayor conductividad, luego el material fundido es introducido al molde a presión por medio de un husillo que se encuentra en la unidad de inyección, finalmente se realiza el proceso de desmolde y se obtiene el modelo o prototipo diseñado.

Figura 2. Polímeros termoestables



Fuente <http://goo.gl/nTjIDO>

Los plásticos están formados por un conjunto de macromoléculas orgánicas conocidas también como polímeros. Los polímeros son agrupaciones de monómeros y estas a su vez son unidas mediante un proceso químico denominado polimerización.

La polimerización es un proceso químico que mediante las macromoléculas simples, iguales o diferentes determinan una reacción entre ellas ya sea por adición o condensación, generando de esta manera otras macromoléculas de diferentes pesos ya sean dobles, triple, etc.



Los plásticos o polímeros se dividen en dos grupos; los termoestables que son aquellos que se pueden deformar exclusivamente una vez, es decir que una vez al ser sometidos a los procesos de calentamiento y enfriamiento, estos no pueden ser transformados posteriormente por ser un material duro y compacto, por estas características su campo de aplicación es amplio en entornos de altas de temperaturas, pues no se ablandan ni se carbonizan, Los polímeros termoestables se clasifican debido a sus características en:

- Poliuretano
- Resina de Melamina
- Resinas de Poliéster
- Resinas Fenólicas
- Resinas Epóxicas

Los termoplásticos son aquellos que se pueden deformar o moldear con facilidad pero sus propiedades físicas se reducen cuando se funden y se moldea varias veces, estas resinas son de fácil moldeamiento al aplicar temperatura y presión, los procesos más utilizados en la industria son: inyección, extrusión, soplado y termoformado.

Tabla 1. Clasificación de termoplásticos

Estructura	Formación	Características	Ejemplo
Amorfa	Las moléculas no presentan ningún tipo de orden: están distribuidas aleatoriamente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son normalmente transparentes</li> <li>• La fusión se realiza en un intervalo de temperatura, no existe un punto de fusión preciso</li> <li>• A medida que la temperatura aumenta, pasa de un estado sólido a un estado pastoso, hasta convertirse en un fluido muy viscoso.</li> <li>• En el intervalo de fusión pueden ser manufacturados, por inyección extrusión y soplado, etc.</li> <li>• Sin carga tienen una contracción en el molde de 0,3% a 0,9%, con carga este valor es menor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PVC</li> <li>• PS</li> <li>• SAM</li> <li>• ABS</li> <li>• PMMA</li> <li>• A</li> <li>• PC</li> </ul>

Fuente: (Garavito, 2007)

Figura 3. Polímeros termoplásticos



Fuente: <http://goo.gl/nTjIDO>

## 2.3 Constitución y función del molde

El proceso de inyección consiste en inyección de un polímero, en las empresas que manejan grandes volúmenes de producción con un nivel de calidad alto, es de vital importancia de un matriz de inyección de excelentes cualidades.

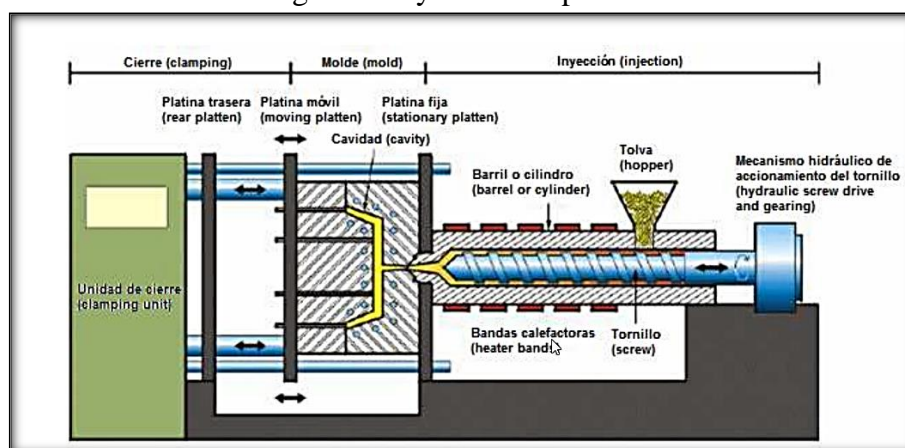
El molde en una de las formas más simples consta de dos mitades, que se fijan en los platos porta molde, el molde consta de dos elementos básicos el lado inyector y el lado extractor que contiene cualquier molde.

Tras el proceso de llenado y solidificación; el molde se abre por el plano de partición quedando generalmente la pieza y la mazarota adheridas a lado extractor, Al continuar el proceso de apertura la parte posterior entra en contacto con un perno fijo de la máquina, lo que genera el proceso de desmoldeo, el tope del extractor acciona el mecanismo de expulsión el cual desplaza la pieza y la mazarota, separándolas del elemento posterior de moldeo.

Solo al efectuarse el movimiento de cierre se produce la recuperación del mecanismo extractor, bien mediante las llamadas espigas de retroceso o bien mediante un resorte antagonico, es decir, el resorte de la placa extractora.

Finalizado el movimiento de cierre, mediante un boquilla situada junto a la cavidad del molde se establece una conexión entre este y el cilindro de inyección lo que produce el inicio del ciclo nuevamente (Dr. Ing. G. Menges, 1983).

Figura 4. Inyección de plástico



Fuente: <https://goo.gl/Vr1vXc>

La función principal de un molde de inyección es la de recibir y distribuir de manera adecuada el material plástico fundido, después de haber formado la figura deseada y posterior a ser enfriado expulsar el elemento moldeado, para la elaboración de moldes se debe tener en cuenta varias condiciones que son importantes analizar como son:

Tabla 2. Diseño de un molde

Línea de Partición	Desmolde adecuado de la pieza Marca de partición de la pieza moldeada
Equilibrio de fuerzas de cierre	Colocación de la pieza en el molde
Punto de inyección	Flujo sin obstáculos Frente de flujo continuo Visibilidad de la marca de inyección visible
Sistema de distribución- Bebederos	Diámetro mayor a lado del molde Analizar el desmoldeo Fijar el contacto en la boquilla La mazarota debe expulsarse Diámetro del pozo frio mayor que bebedero
Sistema de distribución- Canales	Seleccionar entre canales fríos y calientes Seleccionar la sección transversal Longitud reducida Analizar el enfriamiento
Sistema de distribución- Entrada	Permitir separación de la pieza Dimensionamiento para controlar la solidificación Analizar las marcas de la pieza Control de llenado en multicavidad
Respiradores	Ranuras de 0,01 mm aprox
Expulsores	Colocación en lugares de difícil extracción Empuje en zonas rígidas
Refrigeración	Temperatura constante Distribución uniforme de temperatura Cuidar partes inferiores

Fuente: <http://goo.gl/nTjIDO>

### 2.3.1 Clasificación de los moldes

Figura 5. Molde de inyección



Fuente: <http://goo.gl/GKmg5H>

Los parámetros como el modelo, la máquina y el material, debido a la gran variedad de materiales, máquinas y fabricantes parecen ser complicado la clasificación.

Sin embargo al pasar de los tiempos y acorde a investigaciones se determina la construcción constante de moldes lo que hace posible la clasificación de los moldes, las características principales de construcción y función a tomar en cuenta para la clasificación de los moldes de inyección son:

- El tipo de colada y su separación
- El tipo de expulsión de las piezas inyectadas
- La existencia o no de contrasalidas exteriores en las piezas a inyectar

Tomando en consideración las características de construcción y función tenemos:

Clasificación de moldes de inyección según la cantidad de cavidades:

- Moldes simples
- Moldes Múltiples

Clasificación de moldes inyección según el tipo de desmoldeo

- Moldes normales
- Moldes de guillotina
- Moldes para piezas con resaltes
- Moldes con mordazas
- Moldes especiales

Clasificación de los moldes de inyección según el proceso de transformación

- Inyección
- Soplado
- Termoformado
- Moldeo Rotacional
- Prensado

Debido a la exigencia del mercado con respecto a los moldes de inyección se crearon parámetros que normalizan los componentes del molde como ejemplo tenemos:

Tabla 3. Normas

Norma	Título
DIN 16749	Moldeada por comprensión e inyección de moldes; las tolerancias dimensionales de piezas de moldeo
DIN 16750	Herramientas para el moldeo por inyección de plástico de moldeo, Materiales, designaciones, Símbolos
DIN 16754	Herramientas y máquinas para el moldeo por inyección de plástico Materiales de moldeo; Conexión dimensiones.
DIN 1530-3	Expulsores con cabeza cónica
DIN 9861 -1	Punzones redondos con eje recto hasta 20mm de diámetro
DIN EN ISO 10642	Tornillos de cabeza avellanada con hexágono interior

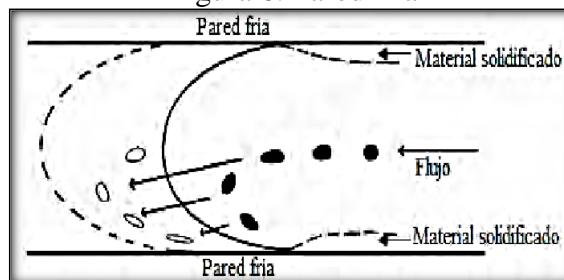
Fuente: <http://goo.gl/nTjIDO>

**2.3.1.1 Moldes de inyección.** El diseño del molde de inyección está limitado por el tipo de material y la pieza a ser inyectada, existen variedades de moldes según el tipo de colada como son:

- **Colada fría**

Los moldes de colada fría, llevan el material fundido desde el bebedero hasta cada una de las cavidades, la fricción de del material con el molde hace que se eleve la temperatura y permita que fluya de mejor manera el material fundido, la productividad en este tipo de moldes está directamente relacionada con los canales de alimentación, para estos casos la sección transversal no debe ser menor, debido que al recorrer el material va creando una capa fría que se va solidificando en este caso se puede obstruir los canales por un enfriamiento prematuro a bajas velocidades de inyección, en el caso de los canales sean de mayor sección aumentará el ciclo del proceso.

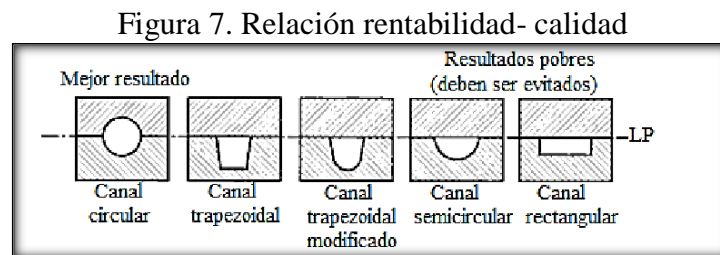
Figura 6. Pared fría



Fuente: (Cedeño, 2012)

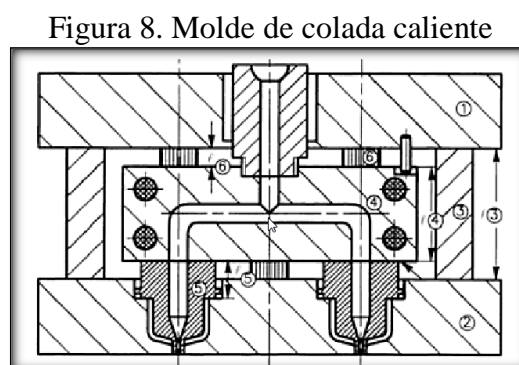
- Hay que tener presente las siguientes características para mantener un buen desempeño como son:

- Para lograr la extracción es importante el acabado del bebedero tanto en su conicidad y acabado.
- Los canales de alimentación son directamente proporcionales al tamaño de las piezas a inyectar.
- Para mejorar el proceso de llenado hay que disminuir la resistencia de flujo para lo que es necesario aumentar el diámetro del canal.
- La rentabilidad del mecanizado de los canales se verá reflejado en la calidad de las piezas.



- **Colada caliente**

A diferencia de los moldes de colada fría, éstos mantienen el polímero fundido, con lo cual se tiene la expulsión del producto sin colada. En este caso, el material fundido es trasladado al bebedero y posteriormente, mediante los canales de distribución calentados, se lleva a las boquillas que dirigen el material a la cavidad del molde. A continuación, se presenta el diseño general de un molde de colada caliente.



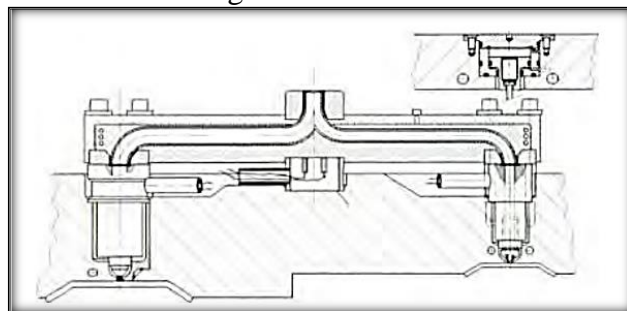
**Sistema de alimentación:** los moldes de colada caliente están constituidos por un sistema de canales calientes que funciona como enlace entre la máquina de inyección y las cavidades del molde, ejerciendo el papel de sistema de alimentador. Éste comprende un bebedero, un bloque distribuidor o “manifold”, boquillas y entradas a las cavidades.

**Bebedero caliente:** se encarga de transportar el material fundido de la boquilla de la máquina al canal principal o directamente a la cavidad. Para moldes multicavidades, el material se mantiene fundido en el bloque distribuidor o “manifold”, a partir del cual el polímero es distribuido a las boquillas de cada cavidad.

**Bebedero caliente de una sola cavidad:** si el molde tiene una sola cavidad, se sustituye el “manifold” por un bebedero caliente. A diferencia de los moldes de colada fría, este último tiene resistencias que conservan el material fundido en el bebedero hasta ser transportado directamente hacia la cavidad. La longitud de este dispositivo debe permitir el llenado de la pieza, evitando sobredimensionar ya que podría prolongar el tiempo de ciclo.

**Manifold:** su función es guiar el polímero fundido, mediante canales de distribución, desde el bebedero a las respectivas entradas a las cavidades. Dichos canales generalmente son mecanizados en un bloque sólido de acero, formando de esta manera el “manifold”. Éstos se calientan a las temperaturas de procesamiento del material mediante fuentes de calor que pueden ser internas o externas. Dependiendo de la resina polimérica, el “manifold” debe cumplir con lo siguiente: resistencia térmica por encima de los 400°C, baja pérdida de presión, corto tiempo de residencia en el dispositivo, máxima homogeneidad térmica posible, ausencia de puntos muertos, expansión térmica sin restricción y resistencia al desgaste y a la corrosión.

Figura 9. Manifold

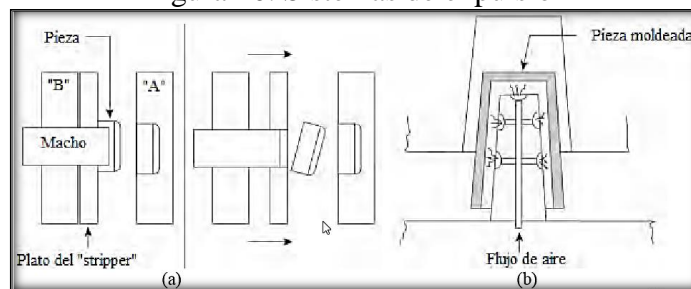


Fuente: (Cedeño, 2012)

**Sistema de refrigeración:** las consideraciones a tomar en cuenta respecto al enfriamiento del molde, son básicamente las mismas que en colada fría. A pesar de que existen algunas variantes en cuanto a las distancias óptimas “canal-pieza” y “canal-canal”, se pueden encontrar relaciones que toman en cuenta el espesor de la pieza.

**Sistema de expulsión:** la expulsión debe realizarse una vez que el polímero esté suficientemente rígido. Los métodos usuales son: pines, “stripper” con placa o con anillo, aire solo, aire asistido, desenroscado (si es el caso), combinación de cualquiera de los anteriores con o sin robot. Para el moldeo de piezas de pared delgada, es común usar aire como sistema expulsor o en combinación con un stripper.

Figura 10. Sistemas de expulsión



Fuente: (Cedeño, 2012)

### Ventajas y desventajas del molde de colada caliente

La utilización de un molde de colada caliente elimina la necesidad de lidiar con ciertos inconvenientes que implica trabajar con colada fría. Sin embargo, elegir el tipo de molde a emplear depende de las necesidades del fabricante, los requerimientos del proceso y el costo.

#### Ventajas

- Tiempos de ciclo más rápidos
- Menor fuerza de cierre requerida
- Automatización del proceso de inyección
- Reducción de los desperdicio



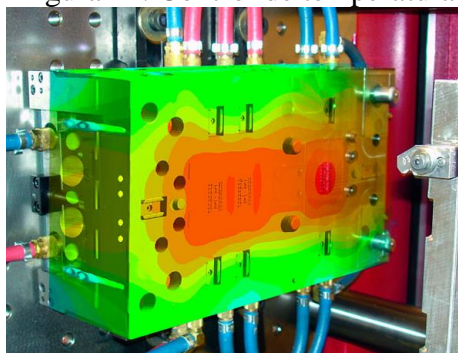
- Habilidad de introducir diseños desbalanceados con el control de temperaturas de las boquillas

### **Desventajas**

- Poca flexibilidad en cambios de resina polimérica
- Mayor dificultad en el diseño del sistema de refrigeración
- Poca flexibilidad en cambios de resina polimérica
- Posibilidad de daños causados por errores en el calentador de voltaje
- Las fugas pueden causar daños a los sistemas eléctricos y los componentes de la válvulas
- Posibles interrupciones en el ciclo debido a daños eléctricos, obstrucción de las entradas y fuga.
- Dificultad en el sellado de la entrada (enfriamiento).

### **2.3.2 Control de temperatura en los moldes de inyección**

Figura 11. Control de temperatura



**Fuente:** <http://goo.gl/hH7NTY>

El control de temperatura es de vital importancia ya que está relacionada directamente con la calidad del producto, normalmente para la transmisión de temperatura del molde se utiliza agua o aceite, para los termoestables se utiliza resistencias eléctricas para el

calentamiento del molde con esto el tipo de temperatura y la configuración adecuada afecta en:

- Deformación de los productos
- Aumento o disminución de grietas de tensión en termoplásticos.
- Su fragilidad y tensiones de la pieza
- El tiempo de enfriamiento
- Tiempo de ciclo

### 2.3.3 *Variables en el proceso de Inyección*

**2.3.3.1** *Temperatura de inyección.* La temperatura de inyección es la temperatura a la cual fluye el material adecuadamente, esta temperatura está en función del material a ser inyectado, la cual no debe ser mayor a la temperatura de descomposición del material, pero debe mantener la temperatura correcta para su fluidez.

**2.3.3.2** *Temperatura del molde.* La parte del molde a controlar la temperatura es la cavidad de moldeo, esta debe estar a una temperatura baja que permita la solidificación del material este claramente depende de la temperatura del material, fluidez del refrigerante y más.

**2.3.3.3** *Presión.* A continuación se presenta los tipos de presión que se presenta en el proceso de inyección:

- **Presión inicial**

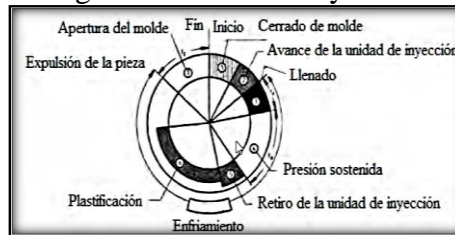
La presión inicial debe ser mayor en el proceso de moldeo por inyección, esta presión debe ser lo suficientemente alta para tener una fluidez lo más rápida posible para el llenado del molde.

- **Presión de compactación**

Casi al finalizar la inyección del material en el moldeo previo al llenado se aplica una presión de compactación que hace el llenado del moldeo para tener como resultado una pieza de densidad uniforme.

### 2.3.3.4 Tiempos

Figura 12. Ciclo de inyección



Fuente: (Cedeño, 2012)

- **Tiempo de inyección inicial**

El tiempo de inyección inicial es el tiempo de avance del tornillo, que tiene como función inyectar el material fundido, este tiempo no debe exceder los 2,5 segundos.

- **Tiempo de enfriamiento**

Este tiempo es de gran importancia para obtener piezas de gran calidad, aquí se debe esperar el tiempo necesario para retirar la pieza sin deformaciones y obtener una buena solidificación y buena resistencia.

### 2.3.4 Accesorios de un molde de inyección.

#### 2.3.4.1 Tipos de expulsores

Figura 13. Expulsores



Fuente: <http://goo.gl/jYRvAq>

Hay que considerar durante el proceso de inyección la contracción producida por la pieza sobre el macho del molde, para esta reacción se aplica diferentes tipos de expulsores como:

- Pasadores cilíndricos de expulsión
- Extractores de plato o de tipo seta
- Separadores por aire comprimido
- Mordazas correderas
- Casquillos de expulsión

La ubicación ideal de los machos y dispositivos de expulsión se encuentran ubicados en la parte móvil de la máquina, la presión superficial ejercida sobre la pieza a ser expulsada para impedir deformaciones debe ser la más mínima posible.

**2.3.4.2** *Tipos de contrasalidas.* El molde de inyección debe ser realizado mediante técnicas constructivas para el desmoldeo de los componentes con contrasalidas. Los moldes con correderas pueden desmoldear contrasalidas exteriores con ayuda de (Gastrow, 1998):

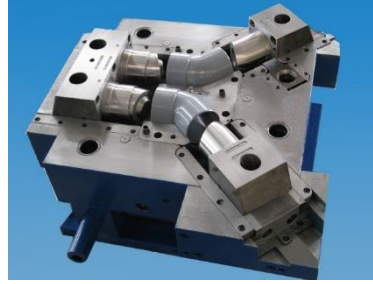
- Columnas inclinadas
- Correderas de curva
- Accionamientos neumáticos o hidráulicos

El desmoldeo con contrasalidas interiores se puede realizar con:

- Correderas inclinadas
- Machos divididos, que son fijados o son desbloqueados por efecto cuña.
- Machos plegables, que en su estado distensado tienen medidas inferiores a las que poseen en estado abierto.

**2.3.5** *Materiales para la construcción de moldes.* Debido a la utilización de la matriz de inyección de plástico es necesario la utilización de aceros especiales debido a las condiciones de fabricación como: Precisión de los acabados, las elevadas cargas a las que son sometidos los moldes de inyección de plástico principalmente, existe gran variedad de materiales como son: aceros, materiales de colada, materiales no metálicos, y materiales cerámicos.

Figura 14. Molde de acero



Fuente: (sourcing, 2011)

Dentro de los aceros para moldes de inyección se tiene: aceros templados, aceros de cementación, aceros resistentes a la corrosión, etc. Sin duda uno de los aceros más utilizados en un 80% en comparación con el resto de aceros es el acero cementado, se conoce como acero cementado por la elevada concentración de carbono, esta característica hace del acero cementado, el material ideal para la construcción de moldes, por su alta dureza incrementa la resistencia a la abrasión, debido a su núcleo de alta tenacidad y resistencia eleva las características de resistencia a esfuerzos bruscos.

Los materiales de colada para la elaboración de moldes forjadas o laminadas de inyección, el costo de mecanizado es muy elevado tomando en consideración que la calidad y la precisión son deficientes pero su costo puede ser bajo en comparación con los moldes de acero dentro de las características principales de los materiales de colada están: elevada resistencia a la corrosión, mejores propiedades térmicas.

La utilización de materiales no metálicos por lo general se encuentra el cobre y sus aleaciones que equilibra las tensiones debido a su buena conductividad térmica, el bronce por su buena conductividad térmica se utiliza para la elaboración de cuerpos huecos y moldes al vacío, la resina epóxica, estos tipos de moldes son ocupados para inyecciones de prueba.

Según estudios los materiales cerámicos han presentado mejores características en los cambios de temperatura, conductividad térmica, deslizante, resistencia química.

La elaboración de moldes de inyección influye en un elevado costo debido a que el acabado de los moldes influyen en el comportamiento del plástico inyectado, para lo cual es necesario realizar un acabado en la matriz para obtener mejores resultados, el costo de los acabado es lo que hace el elevado costo de elaboración de un molde de inyección.

**2.3.6** *Proceso de construcción de moldes de inyección.* En la elaboración de un molde de inyección necesario pasar por diferentes procesos como son:

- Mecanizado de desbaste
- Mecanizado de Acabado
- Troquelado- Estampado- sin arranque de material
- Electroerosión
- Proyección Metálica
- Galvanotecnia

Para la obtención de moldes por mecanizado intervienen trabajos de fresadora, torno, y pulido, se conoce que el 92% de los moldes elaborados, son realizados por mecanización; dentro de la mecanización contamos con procesos de arranque de viruta y de acabado.

El Mecanizado de desbaste se encarga de eliminar la mayor cantidad de material innecesario en la elaboración de la matriz de inyección plástica, en el mecanizado de acabado produce la superficie final en la matriz.

Figura 15. Mecanizado de desbaste



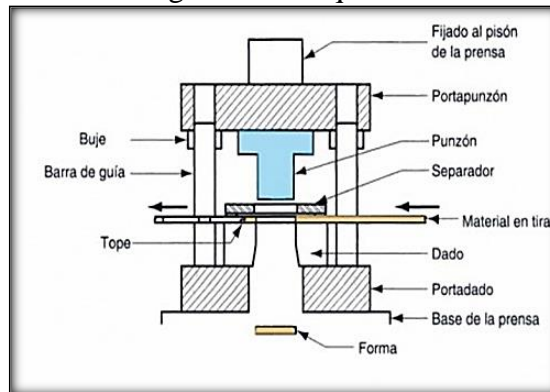
Fuente: <http://bit.ly/1Q0iuvn>

**Troquelado- estampado** o también conocido como mecanización sin arranque de viruta, este proceso se utiliza para la elaboración de cavidades que se encuentran fuera de los parámetros de mecanizado, en el troquelado un punzón elaborado con el perfil idéntico de la pieza que se desea construir, el punzón templado que contiene de la pieza a elaborar, se sumerge a una velocidad relativamente 0.10 y 10mm/min baja en combinación con una presión creciente para una matriz de acero cocido suave (Dr. Ing. G. Menges, 1983).

Para el embutido es necesario tener un buen flujo de material, para garantizar esto es necesario que la altura del material de la matriz no sea menor de 1,5 a 2,5 veces el

diámetro del punzón, caso contrario el proceso se realiza a sacudidas, esto da como resultado una superficie escamosa.

Figura 16. Troquelado



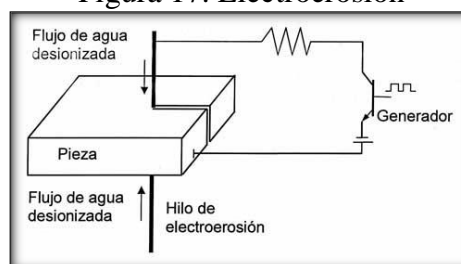
Fuente: <http://bit.ly/1ZWPg3o>

**Electroerosión**, en este proceso se utiliza el desgaste producido por descargas eléctricas cortas y continuas con tenciones alternas promedio de 20V entre el molde y los electrodos en un líquido dieléctrico, en cada descarga continua el material y el electrodo eleva su temperatura hasta su punto de fusión, el electrodo se elimina de manera explosiva de la zona de contacto a través de fuerzas mecánicas y eléctricas.

Los cráteres que se forman depende de la energía de la chispa, el proceso de desbastado se caracteriza por impulsos con gran cantidad de energía.

Se pueden utilizar electrodos de grafito o cobre, los electrodos de grafito tienen menor desgaste a comparación con el electrodo de cobre, la desventaja del electrodo de grafico es su poca precisión lo contrario que se puede mencionar en el caso del electrodo de cobre, las ventajas de este proceso, es que sin importar la resistencia mecánica del material se lo puede aplicar.

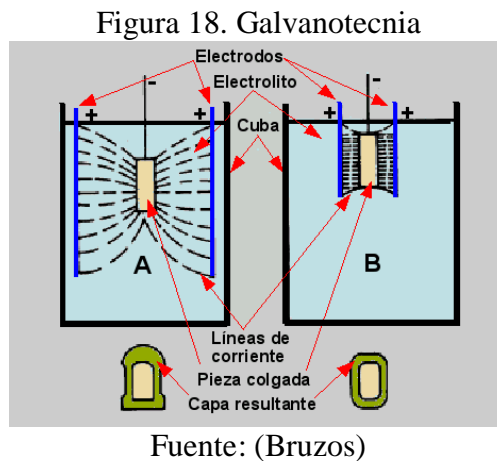
Figura 17. Electroerosión



Fuente: (Bolufer, 2012)

## Galvanotecnia

Este proceso se caracteriza por una excelente calidad en la superficie y su exactitud de reproducción, como punto de inicio de este proceso es necesario partir de un modelo positivo o negativo del modelo a realizar, sobre el modelos se coloca galvánicamente una capa metálica, el metal se selecciona de acuerdo a las propiedades mecánicas que se necesitan en la pieza. (Dr. Ing. G. Menges, 1983).



**Proyección metálica** para este proceso es necesario materiales de bajo punto de fusión que al ser fundidos, se proyecta sobre la superficie del modelo, en el cual tomará la forma exacta de la pieza a moldear, una de sus desventajas es su baja propiedad mecánica.

## 2.4 CAD/CAM

CAD/CAM se conoce como el diseño y fabricación asistida por computadora es una rama que estudia y analiza la aplicación de técnicas informáticas para el desarrollo y optimización en la administración de herramientas de procesos productivos. Este desarrollo ha tomado lugar en cada una de las empresas dedicadas e al diseño y producción de bienes, actualmente CAD/CAM se ha convertido en parte fundamental para la industria, debido a las altas exigencias del mercado tanto en calidad como precio.

El acrónimo CAD se puede deducir como la utilización de herramientas informáticas en la elaboración, investigación e innovación de productos, mientras que el acrónimo CAM representaría la administración, control de las herramientas y operaciones de un proceso de manufactura a través de una interfaz ya sea esta directa o de manera indirecta.



### **2.4.1** *Ventajas del uso de CAD/CAM*

- El uso CAD/CAM tiene muchas ventajas de las cuales mencionaremos:
- Los costos relacionados con el diseño son relativamente bajos.
- Aumenta la adaptabilidad del producto a las nuevas exigencias del mercado
- Permite determinar la viabilidad de elaboración de un producto
- Mejor calidad en los detalles finales de los productos
- Los sistemas CAM maximiza el uso de equipos de manufactura, como herramientas, procesos y a larga la vida útil de las herramientas

A esto cabe recalcar que el uso de CAD/CAM se traduce en un aumento de la productividad, flexibilidad de los procesos de producción, control total de los procesos de diseño o producción.

### **2.5 Programación de la máquina CNC**

La lista de las instrucciones del programa CNC se deben realizar en el orden en que se escriben ya que la máquina los lee como un libro, de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, cada frase en un programa CNC se escribe en una línea distinta en este caso llamado Bloque. Los bloques se disponen en una secuencia específica que promueva la seguridad, la previsibilidad y la legibilidad, por lo que es importante seguir una estructura de programa estándar.

Típicamente, los bloques están dispuestos en el orden siguiente:

- Programa de inicio
- Herramienta de carga
- El husillo
- Refrigerante
- Mecanizado

- Refrigerante Off
- Husillo Off
- Mover a la posición de seguridad
- Fin del programa

Los pasos indicados anteriormente representan el tipo más simple de programa de CNC, en donde sólo se utiliza una herramienta y una operación realizada.

La máquina DX32 integra una computadora y un sistema operativo Bridgeport de control numérico, el pc combina la capacidad de todas las funciones del computador con una pantalla VGA a color múltiple que guía al usuario a través de todas las funciones. Las varias funciones de la máquina son seleccionados con las teclas numéricas y botones de función en el teclado. Las teclas necesarias para realizar las funciones necesarias del operador están vinculadas a códigos de color en la pantalla.

En el editor de pantalla incorpora un código G de modo conversacional que pide al operador la información requerida para ejecutar el comando de la máquina. La pantalla provee ayuda seleccionable por el usuario que provee información de tallada sobre los códigos G introducidos. El editor provee un modo MDI (Manual de ingreso de datos) de inmediato para ejecutar un bloque programado de datos, después es actualizado en la pantalla. Las características de la DX32 cuentan con una extensible selección de ciclos fijos que permite una sencilla ejecución de ciclos frecuentes tales como: diámetro de tornillos, agujeros múltiples y perforación de límites, muescas, marco, pockets con un sencillo bloques de programación.

El control incluye todas las características estándar de alto rendimiento asociadas con el sistema operativo Bridgeport y 10 controles como:

- 3D lineal, 2D circular, helicoidal e interpolación en espiral
- Programación repetitiva usando técnicas looping y Macros con llamado de variables modificables.
- Programación paramétrica que incluye funciones algebraicas y trigonométricas y la ejecución del bloque condicional SI-ENTONCES

- XYZ/ coordenadas esféricas y polares
- Compensación de corte en el redondeo automático de vértices
- 256000 caracteres de parte del almacenamiento del programa.
- La transferencia de información DNC entre la PC basado en el inicio y final, la máquina CNC la cual controla programas de longitud ilimitada para ser ejecutadas.

La DX 32 consiste en tres partes basado en un microprocesador coordinado en sub-sistemas.

Estos son:

- PC: Este es un PC IBM totalmente integrado, la computadora compatibles con los controladores físicos para un disco duro, un disquete de 3.5 in de 144 Mbyte, un monitor a color de 14'' VGA con una resolución de 640x480 pixeles, un teclado alfanumérico, y un puerto serial RS-232. El primordial propósito del PC es servir de interfaz del sistema con el usuario.
- BMDC: Es una tarjeta Motorola de microprocesador 68030. La tarjeta BMDC realiza las funciones de procesamiento que controla el posicionamiento de los ejes X,Y,Z y C. La tarjeta BMDC también monitorea las coordenadas y el estado de todos los procesos relacionados de la máquina herramienta.
- AUF: Es una tarjeta que se basa en el micro procesamiento del control de las funciones auxiliares. La AUF provee las señales que condicionan las entradas y salidas que realiza varias funciones de la máquina tales como: usillo, control del refrigerante, velocidad y control de velocidad del husillo.
- Consola del operador: La consola del operador consiste en un monitor VGA colgante montado, un teclado y botones de control. Aquellos botones son usados para operar todas las funciones del CNC.
- La AUF es conectada vía serial interna vinculada a la BMCD.

El monitor a color VGA se visualiza los menús de la pantalla del monito desde el cual el operador puede seleccionar las funciones de control.

El teclado proporciona los medios básicos para la comunicación con el control DX32, los mandos están organizados dentro de cinco grupos que son:

- Teclado principal
- Teclado numérico
- Teclas de función
- Teclas de control de la pantalla
- Teclas especiales

### 2.5.1 *Parte de la estructura del programa de la máquina*

- **Bloques**

Cada parte del programa del bloque de datos contiene una función específica ejecutable de la máquina. Cada bloque debe terminar con retorno de carrera, sin embargo el ejemplo mostrado en este manual designa el código final del bloque con un punto y coma. Un ejemplo de algunos bloques de la parte del programa:

```
N01G90X1.5;  
N02G1Z-.5F30. ;  
N03M00;
```

#### **Notas**

- El código final del bloque es un CR (retorno de carrera).
- El número máximo de caracteres permitidos en un bloque de datos es 132, incluido el CR. LF (avance de línea) no es contado.
- Las características introducidas en un bloque del programa después un punto y coma y antes un final del bloque CR son ignorados por el control. Este formato podría ser utilizado para el programador para los comentarios.

Un bloque de datos está compuesto de una o más palabras. Una palabra consiste de una dirección seguido por un valor. La dirección es una letra que indica el significado del valor contenido en la palabra. Las direcciones y sus significados y utilizado por el sistema están mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 4. Formato de dirección

<b>Función</b>	<b>Dirección</b>	<b>Formato</b>	<b>Significado</b>
Número de programa	:	5	Número de programa
Número de subrutina	#	2	Número de subrutina
Número de etiqueta	L	1	Número de etiqueta
Número de secuencia	N	8	Número de secuencia
Función preparatoria	G	3	Modo del sistema (lineal, arco, etc.)
Coordinar palabra	X,Y,Z	+ 3.4	X,Y,Z Comando del eje de movimiento
	I,J,K	+ 3.4	Coordinar centro del arco.
	U,V,W	+ 3.4	Movimiento incremental X,Y,Z
	A	+ 3.3	Movimiento angular polar (longitud)
	B	+ 3.3	Movimiento incremental angular polar
	D	+ 3.4	Diámetro de la herramienta
	E	+ 3.3	Ángulo co-latitud
	Q	3.2	Tiempo de permanencia
	R	3.4	Radio del arco
Función de avance	F	3.1	Velocidad de avance
Función de la velocidad del husillo	S	4	Velocidad del husillo
Función de la herramienta	T	2	Número de la herramienta
Parámetros	P	+ 3.4	Parámetros de ciclos fijos

Fuente: Autores

Por ejemplo un bloque podría ser compuesto de la siguiente manera:

N100G80X1.Y1.F10.T1M6

N\_\_ Número de secuencia

G\_\_ Función preparatoria

X\_\_ Y\_\_ Coordenadas

F\_\_ Velocidad de avance

T\_\_ Función de la herramienta

M\_\_ Función auxiliar

## Notas

- Los formatos mostrados en la tabla indica:
  - + valores con signo positivo o negativo.
  - 3.x tres dígitos a la izquierda del decimal.
  - X.3 tres dígitos a la derecha del decimal.
  - 5 cinco dígitos no decimales.
  
- La descripción del formato es: +3.4 para las direcciones, excepto A, B y E cuyo formato están 3.3. Todos los formatos mostrados las entradas son en pulgadas, para entradas métricas todos los formatos mostrados cambian de +3.4 a +4.3.
  
- Las entradas incrementales más pequeñas:
  - Sistema en pulgadas .0001
  - Sistema métrico .001
  - Grados .001
  
- Las salidas incrementales más pequeñas:
  - Sistema en pulgadas .0001
  - Grados .001
  
- No es necesario utilizar el signo más para los valores positivos.
  
- Los puntos decimales son requeridos en la lista anterior donde el decimal está mostrado (excepto si el sistema es ejecutado en el modo de compatibilidad BOSS 4-7). Los ceros a la izquierda del punto decimal y los ceros no significativos a la derecha del punto decimal podría ser omitido.
  
- Los valores menores que las entradas significativas más pequeñas causan un error. Por ejemplo X1.23456 es una entrada incorrecta.
  
- Si N, el número de secuencia es utilizado, este debe ser la primera palabra en el bloque.

- Si las direcciones definidas múltiples son usadas, estos deben ser en la secuencia designada para la función programada.

Tabla 5. Rango de direcciones

Función	Dirección	Rango en pulgadas	Métrico
Número de programa	:	1 – 65536	
Número de subrutina	L	1 – 9	
Número de etiqueta	N	1 – 16000000	
Número de secuencia	#	1 – 40	
Función preparatoria	G	1 – 199	
Coordinar palabra	X,Y,Z,I,J,K	+ 8388.607	+ 8388.607
	U,V,W,R,P,D		
	A,B,C,E	+ 8388.607	
Función de avance	F	.1 – 250. ipm	2. – 6350. mmpm
Función de la velocidad del husillo	S	1 – 4200	
Función de la herramienta	T	1 – 24	
Función auxiliar	M	0 – 99	
Tiempo de permanencia	Q	.01 – 327.68	

Fuente: Autores

Tabla 6. Estructura de un bloque de programación CNC

Estructura de un bloque de programación CNC	
<b>N</b>	Número del bloque
<b>G</b>	Instrucción de movimiento
<b>X</b>	Cota según el eje X
<b>Y</b>	Cota según el eje Y
<b>Z</b>	Cota según el eje Z
<b>F</b>	Velocidad de avance (Feed)
<b>S</b>	Velocidad del husillo (Speed)
<b>T</b>	Número de herramienta
<b>M</b>	Funciones auxiliares

Fuente: <http://www.gulmi.com.ar/iso.pdf>

Dentro de cada bloque debe tener este orden pero no es necesario de que estén todos. La programación puede estar en el sistema métrico (mm) o en el sistema inglés (in o pulg.).

**2.5.2** *Funciones generales de movimientos o preparatorias.* Los códigos G consisten de la dirección G más un número de dígitos de 1 a 3. Los códigos G están

divididos en dos tipos, aquellos que son efectivos solo en el bloque en el cual es especificado y comandos modales que son efectivos hasta otro código G en el mismo grupo que se ejecuta.

Tabla 7. Lista de códigos de movimiento

<b>Código G</b>	<b>Grupo</b>	<b>Función</b>
0	1	Marcha rápida
1	1	Interpolación lineal
2	1	Interpolación circular en sentido horario
3	1	Interpolación circular en sentido anti-horario
4	0	Permanencia
8	11	Anular desaceleración modal desactivado
9	11	Anular desaceleración modal activado
12	0	Interpolación helicoidal CW
13	0	Interpolación helicoidal CCW
17	2	Selección del plano XY
18	2	Selección del plano XZ
19	2	Selección del plano YZ
22	0	Interpolación circular, entrada de redondeo CW
23	0	Interpolación circular, entrada de redondeo CCW
30	3	Imagen de espejo desactivado
31	3	Imagen de espejo en X activado
32	3	Imagen de espejo en Y activado
40	4	Compensación diámetro de la fresa desactivado
41	4	Compensación a izquierda de la fresa
42	4	Compensación a derecha de la fresa
44	5	Compensación de la fresa, velocidad de alimentación normal
45	5	Compensación de la fresa, velocidad de alimentación modificado
48	12	Redondeo en la esquinas en compensación de la fresa desactivado
49	12	Redondeo en la esquinas en compensación de la fresa activado
70	6	Entrada en pulgadas
71	6	Entrada en milímetros
72	7	Transformación desactivado
73	7	Transformación/rotación, escala
74	8	Entrada de círculo multi-cuadrante desactivado
75	8	Entrada de círculo multi-cuadrante activado
77	1	Ciclo de la fresa en Zig-Zag
78	1	Ciclo de la fresa en pocket
79	1	Ciclo de la fresa en perforado



80	1	Ciclo de taladrado desactivado
81	1	Ciclo Z, taladrado (alimentar, salida rápida)
82	1	Ciclo Z, punto de cara (alimentar, salida rápida)
83	1	Ciclo Z, agujero profundo (salida rápida)
84	1	Ciclo Z, golpear (alimentar, alimentar a cabo)
85	1	Ciclo Z, agujero (alimentar, alimentar a cabo)
86	1	Ciclo Z, agujero (alimentar, parada-espera, alimentar a cabo)

Fuente: Autores

Tabla 8. Lista de códigos de movimientos continuos

<b>}</b>	<b>Grupo</b>	<b>Función</b>
87	1	Ciclo Z, ruptura de la viruta (salida rápida)
89	1	Ciclo Z, agujero (alimentar, taladrar, alimentar a cabo)
90	9	Programación en coordenadas absolutas
91	9	Programación en coordenadas incrementales
92	0	Control de la programación del punto cero
94	13	Modo velocidad de avance por minuto
95	13	Modo velocidad por vueltas del husillo
96	10	Restaurar la base del programa del sistema de coordenada
97	10	Trabajo en conjunto del sistema de coordenadas
99	0	Anulación de desaceleración
170	1	Fresar marco exterior
171	1	Fresar marco interior
172	1	Fresar marco de bolsillo
173	1	Fresar cara exterior
174	1	Fresar cara interior
175	1	Fresar círculo exterior
176	1	Fresar círculo interior
177	1	Fresar círculo de bolsillo
179	1	Fresar ranura
180-189	1	Ciclo Z (similar a G81-G89) multi agujeros
191-199	1	Ciclo Z (similar a G81-G89) marco de agujeros

Fuente: Autores

Tabla 9. Encender y restablecer el estado de los códigos G

<b>Código G</b>	<b>Grupo</b>	<b>Función</b>
0	1	Marcha rápida
8	11	Anular desaceleración modal desactivado
17	2	Selección del plano XY
30	3	Imagen de espejo desactivado

40	4	Compensación diámetro de la fresa desactivado
45	5	Compensación de la fresa, velocidad de alimentación modificado
49	12	Redondeo en la esquinas en compensación de la fresa activado
70/71	6	Entrada en pulgadas o en milímetros
72	7	Transformación desactivado
75	8	Entrada de círculo multi-cuadrante activado
90	9	Programación en coordenadas absolutas
96	10	Restaurar la base del programa del sistema de coordenada

Fuente: Autores

- **G00 Posicionamiento rápido**

Son los desplazamientos según el plano de seguridad a la máxima velocidad de la máquina, este plano es el definido por una cota en Z que asegura que la herramienta podrá desplazarse sin chocar con algún obstáculo.

No se pueden programar movimientos G00 interpolados en dos o más planos. Primero se programa la salida en Z (por ejemplo al plano de seguridad) y luego en otro bloque, el reposicionamiento en XY. Para este bloque, la máquina buscara primero la cota X y luego la Y, es decir no interpolará. Si bien esta modalidad es la más común puede variar según las diferentes marcas de control numérico. La función G00 es modal e incompatible con G01, G02, G03 y G33.

En algunos controles G00 no anula la última F programada, en otros sí, por lo que hay que volver a programarla luego de la ejecución de un G00.

- **G01 Interpolación lineal**

Pueden ser movimientos con variación simultánea en los 3 ejes, esto significa que pueden ser trayectorias espaciales no paralelas a ninguno de los ejes. El CNC calculará las velocidades relativas según cada uno de los ejes, de manera que el resultado de la combinación sea una trayectoria rectilínea.

El G01 se ejecuta a la F programada, aunque ésta puede ser luego variada durante la ejecución del programa. Normalmente F es modal y G01 no puede ser incluida en un mismo bloque con G00, G02, G03 y G33.

- **G02 y G03 Interpolaciones circulares**

Son trayectorias según arcos de circunferencia, sólo pueden ejecutarse en un plano determinado XY, XZ o YZ. En este caso el CNC deberá no sólo calcular las velocidades relativas de cada eje sino también la aceleración.

Por ejemplo para plano XY:

– N G02(G03) X +/-4.3 Y +/-4.3 I+/-4.3 J+/-4.3 F

I y J definen el centro del arco según los ejes X e Y respectivamente. Normalmente los valores de I y J son incrementales respecto del punto de inicio de la trayectoria circular, sin embargo esto puede variar según la marca del CNC.

En algunos CNC los valores de I y J deben ser programadas en absolutas, en los CNC que definen centro incrementales puede programarse un G02/G03 incluyendo un G06 en el bloque, los valores I y J deben incluirse siempre aunque sean iguales a 0.

– N G02(G03) X +/-4.3 Y +/-4.3 R+/-4.3 F

En este caso no hay definición de I y J sino de R, el radio del arco de circunferencia, este parámetro tiene las siguientes limitaciones: no se puede programar circunferencias completas, si el arco es menor de 180° R llevará el signo positivo pero si es mayor llevará el signo negativo.

- **G30, G31, G32 Imágenes espejo**

Este tipo de funciones son ayudas que simplifican la programación CNC, en este caso permiten obtener simetrías sin tener que programar todos los movimientos. Las funciones imagen espejo deben ser entendidas como la ejecución de un bloque anterior con el signo de la cota correspondiente al eje seleccionado cambiada.

- **G40, G41 y G42 Compensación de radios de herramienta**

Para ello la herramienta debe estar especificada en el inicio del programa con el formato Txx.yy.

XX es el número de 2 dígitos con el que determinada herramienta está archivada (en el momento de configurar el CNC puede crearse una tabla de herramientas disponibles).

YY es un valor de corrección del diámetro nominal de la herramienta, estas correcciones son normalmente necesarias por cuestiones de desgaste.

- **G72 y G73 Transformación, rotación y escalado del sistema de coordenadas**

Este tipo de funciones son similares a las funciones de espejo, en este caso permiten reproducir un mecanizado ya programado rotándolo respecto del origen de coordenadas.

Esta función permite incrementar o reducir las dimensiones de una pieza sin cambiar el programa, se debe multiplicar por un factor K a las cotas establecidas.

- **G81 Taladrado**

Los bloques de ciclo fijo de taladrado tienen la siguiente conformación:

– N4 G81 G98/99 X/Y/Z+-4.3 I+-4.3 K2.2 N2 donde:

G?: Código del ciclo fijo.

G99: Retroceso al plano de seguridad (ya explicado).

X/Y/Z: Si se trabaja en el plano XY (G17), X e Y definen el punto donde se hará la primera perforación, Z define el plano de referencia antes establecido.

I: Define la profundidad de la perforación.

K: Define el tiempo de espera en el fondo de la perforación antes de iniciarse el retroceso, los valores del tiempo se establece en segundos.

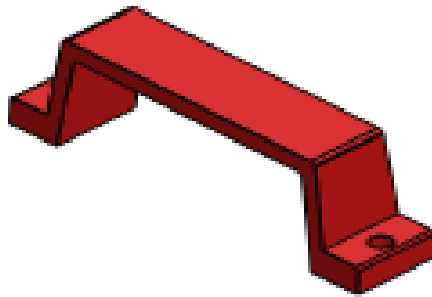
N: Define el número de veces que se repetirá el ciclo fijo.

### CAPITULO III

## 3. DISEÑO Y FABRICACIÓN ASISTIDO POR COMPUTADORA

### 3.1 Descripción de la pieza SR 1534

Figura 19. SR 1534

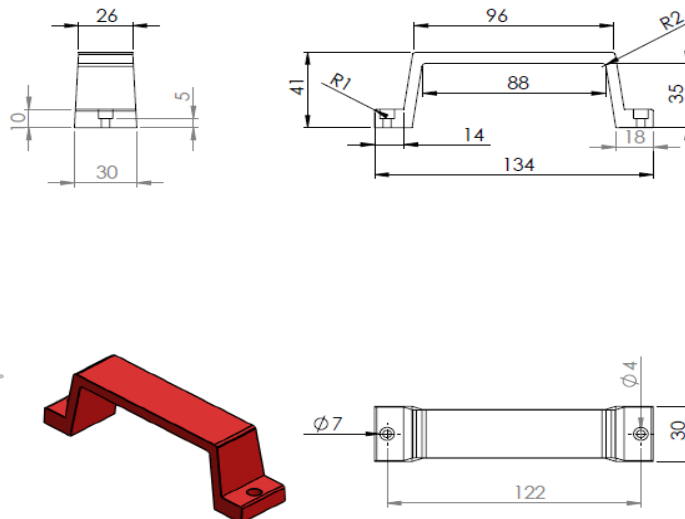


Fuente: Autores

Para la elaboración de nuestro molde de inyección es necesario partir de nuestro diseño de asa SR 1534 que se obtiene de catálogos ya establecidos, en las que se encuentran el material del cual está fabricado en nuestro caso es de poliamida 6 + fibra de vidrio.

### 3.2 Diseño de la Pieza

Figura 20. Diseño de asa SR 1534



Fuente: Autores

### 3.3 Material de fabricación

**3.3.1** *Selección del material para construcción del molde.* Para la construcción del molde es necesario tomar en cuenta los factores a la que va a estar sometido nuestro molde, existe gran variedad de materiales entre los más utilizados están:

- Acero pretemplado para moldes y portamoldes
- Acero de temple para moldes
- Acero para moldes resistente a la corrosión

Es adecuado conocer las necesidades para las cuales se requiere el molde, para el acero templado para moldes y portamoldes, se debe cuando existe una demanda de moldes de gran tamaño, poca exigencia en resistencia al desgaste, las placas soporte de alta resistencia, y series de producción moderada.

**3.3.2** *Selección de la dureza de trabajo adecuada para el molde.* Para la dureza de trabajo en el molde alcanzada mediante un tratamiento térmico es un factor determinante en las propiedades como: tenacidad, resistencia a la compresión, desgaste y resistencia a la corrosión.

De acuerdo a investigaciones el aumento de la dureza se traduce en una alta resistencia al desgaste, a la presión, en cuanto a la baja dureza es una mejor tenacidad. La dureza normal de trabajo para un acero de temple es entre 48–60 Rockwell C. La dureza óptima utilizada depende del acero seleccionado, tamaño del molde, forma y distribución de las cavidades, proceso de moldeo, material plástico, etc.

Entre los diferentes materiales para la elaboración del molde se investiga las diferentes propiedades que hagan de este un molde adecuado para la producción de asas de sujeción, y el material más adecuado para este proceso es el acero ASTM-A36

Tabla 10. Características acero ASTM-A36

Características acero ASTM-A36
Es un acero al carbono laminado
Desgasificado en vacío
Se suministra templado y revenido con alta pureza

Fuente: Autores

La uniformidad presente en el templado y revenido en altos grados de pureza proporciona ventajas como:

Tabla 11. Ventajas del material

Se reduce la probabilidad de riesgo de temple
Ahorro de tiempo
Se pueden realizar modificaciones de manera sencilla
Se puede aumentar la resistencia al desgaste a través de un proceso de nitruración
Para reducir deterioros en la superficie se puede realizar un temple a la llama

Fuente: Autores

Es importante mencionar las características principales de nuestro material seleccionado por el cual se eligió para el presente proyecto:

- Excelentes aptitudes para el pulido
- Alta resistencia al impacto
- Buena maquinabilidad
- Alta pureza y homogeneidad

El material seleccionado debido a sus condiciones tiene una gran cantidad de aplicaciones entre las más importantes tenemos:

- Moldes de grandes dimensiones
- Moldes de inyección para termoplásticos
- Moldes de extracción para termoplásticos

### **3.4 Material de la asa de sujeción a ser inyectado**

**3.4.1 Poliamida 6.** La poliamida únicamente es un material termoplástico semicristalino que se caracteriza por: buena resistencia mecánica, tenacidad, resistencia al impacto buenas propiedades de deslizamiento, resistencia sobresaliente al desgaste, etc. Con la adición de la fibra de vidrio en un 30% en la poliamida, mejora las características con una alta resistencia, mayor rigidez, mejora la resistencia a la abrasión, como característica general de la poliamida 6 con fibra de vidrio se obtiene un material color negro.

Tabla 12. Característica general de la poliamida 6

Propiedades físicas	Unidades
Densidad	1,4 g/cm <sup>3</sup>
Dureza - Rockwell	M100
Resistencia a la tracción	10-11MPa

Fuente: Autores

### 3.5 Especificaciones de la máquina inyectora

Figura 21. CNC



Fuente: Autores

#### Funcionamiento

Se eleva la temperatura para fundir el plástico de tal manera que fluya de manera continua en el proceso de inyección. El proceso de elevación de temperatura inicia en la sección de la máquina conocida como barril. En este barril se colocan los gránulos del plástico virgen en combinación con material reciclado, al calentarse, forman una masa viscosa y de temperatura uniforme.

A continuación, la masa del plástico fundido, se inyecta en el bebedero. De esta manera, la presión ejercida dentro de ese canal “empujará” la masa viscosa para que pase a través de la compuerta directamente al molde.

La máquina inyectora de plástico es capaz de suministrar el plástico fundido al molde el cual debe moldear el plástico fundido y posteriormente enfriarlo de manera adecuada para obtener un acabado con el mínimo de errores en el producto final. Los sistemas que integran la máquina inyectora son: sistema hidráulico, de enfriamiento y de control. Cuando se aplica calor a un material termoplástico para fundirlo se dice que se plastifica. El material ya fundido o plastificado por calor fluye mediante presión y llena completamente el molde donde el material solidifica de acuerdo al molde que lo contiene.



Para la elaboración del molde es necesario tener conocimiento sobre la capacidad de inyección de nuestra máquina, a continuación se tiene las características importantes de la máquina.

Tabla 13. Características de la máquina

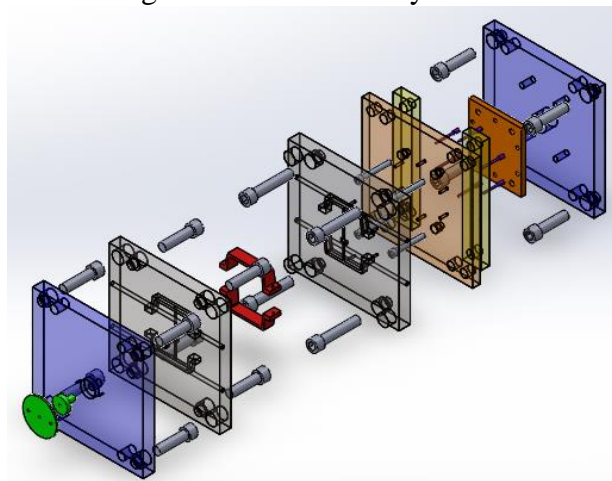
Características	
Diámetro de tornillo (mm)	50
Relación L/D de tornillo	25
Peso  de inyección	520g
Capacidad de plastificación g/ 446s	30
Presión de inyección (Mpa)	128
Velocidad de tornillo (rpm)	0-150
<b>Unidad de sujeción</b>	
Fuerza de sujeción (kn)	1680
Especio entre barras de union (mm)	460x460
Fuerza de cierre	16,46 Ton
Distancia máxima entre barras	46 x 46 cm
Rango de espesor de molde	29 a 46 cm

Fuente: Autores

### 3.6 Sistematización del molde de inyección

**3.6.1** *Cálculo del número de cavidades posibles.* Para determinar el número de cavidades posibles es necesario determinar la longitud de recorrido así como la fuerza de cierre de la máquina y la fuerza de cierre requerida para nuestro molde de inyección.

Figura 22. Molde de inyección



Fuente: Autores

**3.6.2 Fuerza de inyección.** Esta fuerza de empuje que se inicia en el interior de la cavidad y de los diferentes canales de llenado

$$F_i = A \times P_i$$

Donde:

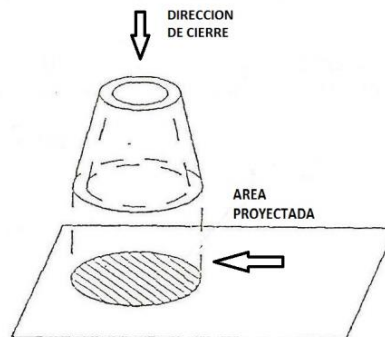
$F_i$ = Fuerza de inyección

$A$ = Área proyectada en la pieza

$P_i$ = Presión interior en el molde

Para determinar el área proyectada es necesario considerar la pieza a ser inyectada más el área proyectada de los canales de distribución.

Figura 23. Área proyectada



Fuente: (Guayco)

$$A = 271.6 \text{ cm}^2$$

La presión interna del molde se determina a través de la longitud del recorrido del flujo (mm) y el espesor de la pared ver Anexo A

$$L_r = 44 + 62.83 + 44 + 105 = 211 \text{ mm}$$

$$e = 3 \text{ mm}$$

Presión interna 250 kgf/cm

$$F_i = 271.6 \text{ cm}^2 \times 250 \text{ kgf/cm}^2$$

$$F_i = 67900 \text{ Kgf}$$

La fuerza de cierre de la máquina de inyección es aproximadamente 16464000 kgf, una vez realizados los cálculos se determina una fuerza de inyección requerida de 67900 kgf, lo que indica que existe una fuerza de cierre mayor a la requerida.

**3.6.3** *Cálculo del número de cavidades.* Previo al cálculo de número de cavidades, es necesario tomar en consideración los diferentes factores a nivel económico o de diseño y más presentes en la elaboración como:

- El volumen, material
- Forma, dimensiones
- Propiedades de inyección de la máquina a ser utilizada, fuerza de cierre del molde
- Costos

Para determinar el número de cavidades es necesario determinar la fuerza de inyección requerida a través de la siguiente formula:

Datos

$A_v$  = Volúmen de la pieza mas canales de inyección.

$V_p = 33,53 \text{ cm}^3$  Volúmen de la pieza

$V_c = 20,12 \text{ cm}^3$  Volúmen de las cavidades

$M_c = 31,86 \text{ g}$  Masa de cuerpo

$M_t = 76,46 \text{ g}$  Masa total a inyectar

$$A_v = 2V_p + V_c$$

$$A_v = (2(33,53) + 20,12) \text{ cm}^3$$

$$A_v = 87,18 \text{ cm}^3$$

**Datos**

$N$  = número de cavidades

$S_v = 201 \text{ cm}^3$  Volumen máximo de inyección de la máquina

$A_v = 87,18 \text{ cm}^3$  Volumen de la pieza mas canales de alimentación

$$N = \frac{S_v}{A_v}$$

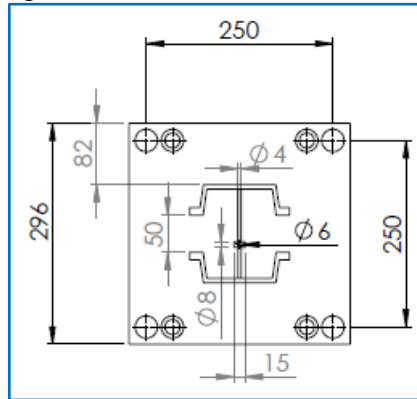
$$N = \frac{209,23 \text{ cm}^3}{87,18 \text{ cm}^3}$$

$$N = 2,4$$

El número de cavidades se determinó con un valor de 2,4 con mismo número de cavidades requeridas en nuestro caso de dos cavidades.

### 3.6.4 Dimensiones del molde

Figura 24. Dimensiones del molde



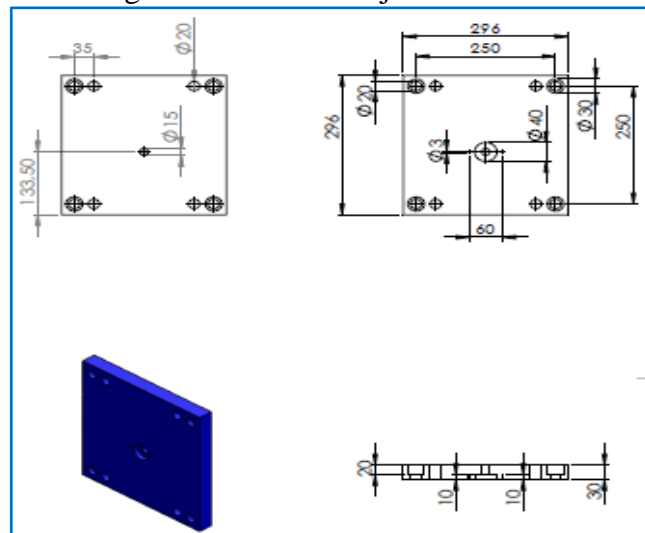
Fuente: Autores

El molde presenta las siguientes dimensiones generales de 296mm x 296mm. Estos datos se utilizan para determinar el espacio óptimo a ser ocupado por el molde de inyección en la máquina.

### 3.6.5 Partes del molde

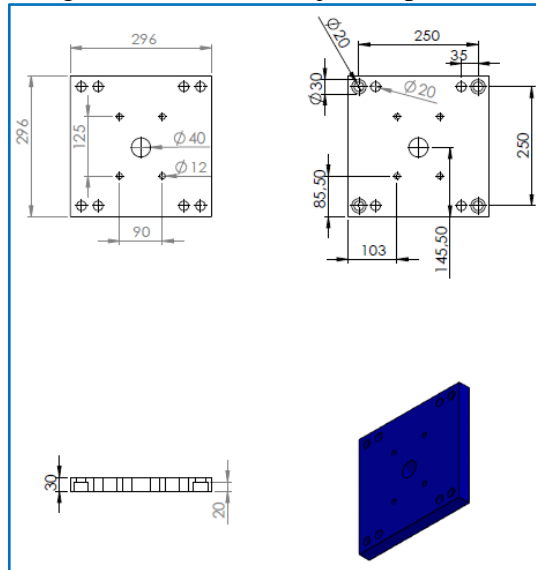
#### 3.6.5.1 Placa de sujeción.

Figura 25. Placa de sujeción anterior



Fuente: Autores

Figura 26. Placa de sujeción posterior



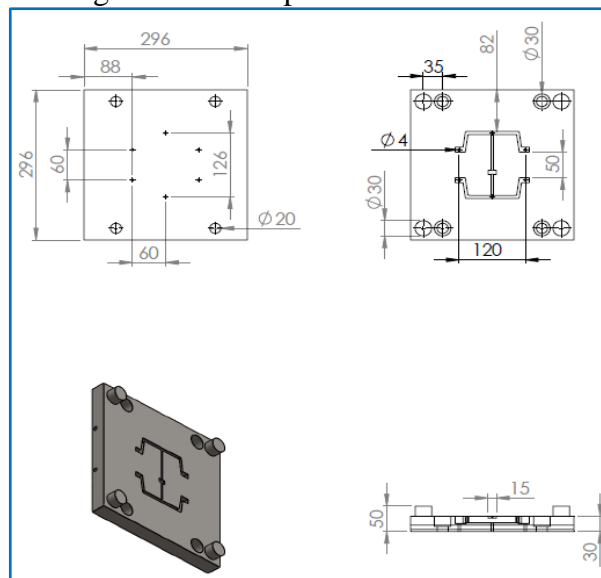
Fuente: Autores

**3.6.5.2** *Agujeros.* Para los agujeros es necesario considerar la placa porta molde, ya que el molde debe fijarse a las guías, los diseños ya han sido estudiados en los cuales hay que tomar las dimensiones de acuerdo al tamaño del molde dadas por normativa ya establecida.

**3.6.5.3** *Placas portacavidad*

- **Placa portacavidad derecha**

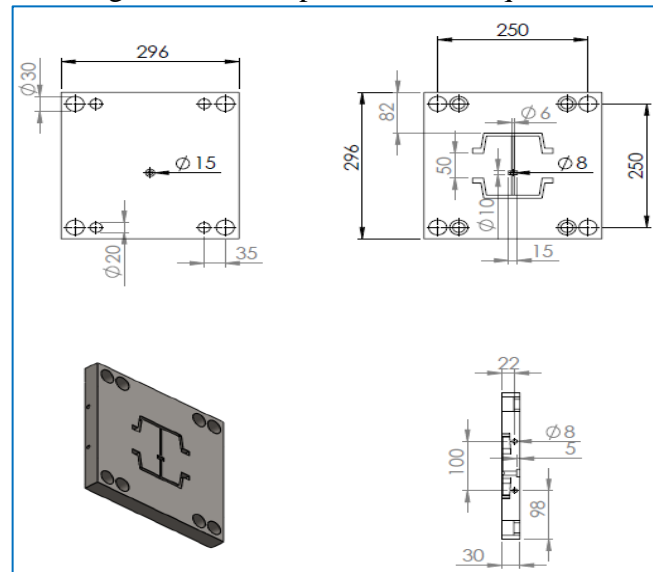
Figura 27. Placa portacavidad derecha



Fuente: Autores

- **Placa portacavidad izquierda**

Figura 28. Placa portacavidad Izquierda



Fuente: Autores

**3.6.5.4** *Ángulos de desmoldeo.* Los ángulos de desmoldeo determinan la fácil expulsión de nuestro material del molde, para la selección del ángulo se inicia de la medida nominal de la pieza a ser moldeada, los ángulos varían de 1° a 3°.

**3.6.5.5** *Calculo del espesor de las placas,* para la selección el espesor se considera la teoría de placas, las cuales no están relacionadas directamente de las condiciones teóricas empleadas en las formulas.

$$d_{max} = \frac{KW L^4}{Et^3}$$

Donde:

Tabla 14. Calculo del espesor

W	Fuerza aplicada por unidad de área
L	Largo de la pieza
E	Módulo de elasticidad
t	Espesor de la placa
K	Factor de condición de soporte de la placa
Dmax	Máxima deflección de en el centro de la placa

Fuente: Autores

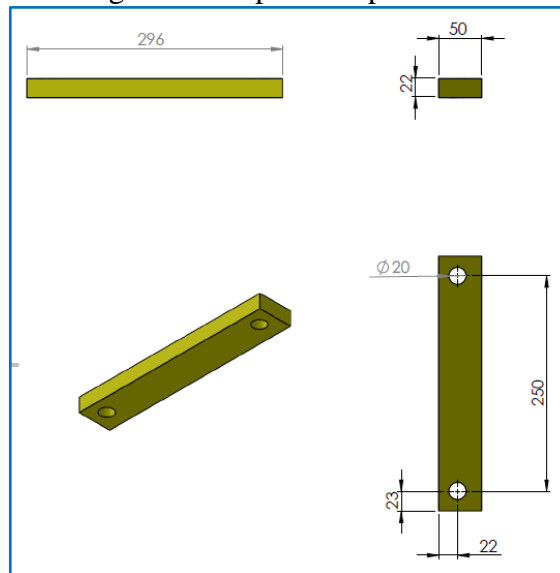
Despejando

$$t = \sqrt[3]{\frac{0,0052 \times 128 \text{ MPa} \times (0.134)^4}{200000 \text{ MPa} \times 0.0001 \text{ m}}}$$

t=0.022m

### 3.6.5.6 Soportes separados

Figura 29. Soportes separados



Fuente: Autores

El funcionamiento de estos soportes es igual a de una viga con carga uniformemente distribuida en su longitud. A continuación se procede al cálculo de la flexión máxima:

$$\delta_{max} = \frac{5WL^3}{384EI}$$

Donde:

Dmax: Máxima deflexión en el centro de la viga

W: carga total aplicada

L: Largo de la viga

E: Módulo de elasticidad

I: Momento de inercia resistente a la deflexión

Despejando el momento de inercia

$$I = \frac{5WL^3}{384d_{max}}$$

Para una viga rectangular el momento de inercia respecto al eje neutro y con un espesor de 50mm

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

Igualando ecuaciones

$$I = \frac{5WL^3}{384d_{max}} = \frac{bh^3}{12}$$

Una vez igualadas las ecuaciones se procede a despejar la h para hallar la altura de la barra o viga

$$h = \sqrt[3]{\frac{60WL^3}{7.296Ed_{max}}}$$

para determinar este despeje es necesario hallar previamente la carga total aplicada

$$P_{maq} = \frac{W}{A_{mold}}$$

Donde:

$A_{mold}$ : área del molde

$P_{maq}$ : Presión de la máquina

W: carga total aplica

Despejando y reemplazano se tiene:

$$W = 1280Kn \times 0.087616m^2$$

$$W = 112148.48N$$

Debido a que la concentración de carga se imparte para dos vigas se tiene: 56074.24 N, ya determinao la carga aplicada se reemplaza en :

$$h = \sqrt[3]{\frac{60 \times 112148.48N \times (0.05)^3}{7.296 \times 200GPa \times 0.0001m}}$$

$$h = 0.028m$$

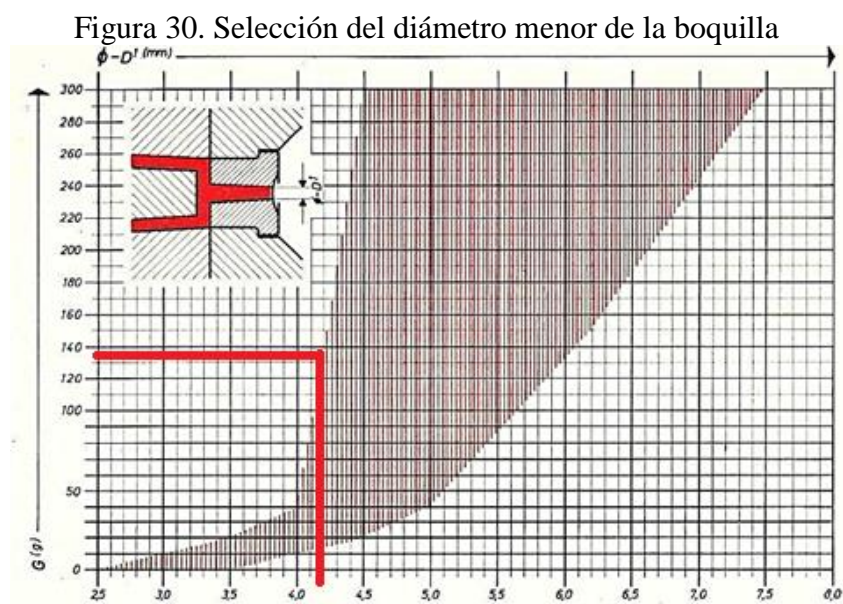


**3.6.6** *Sistema de alimentación* El diseño de un molde de inyección de plástico está constituido por un conjunto de sistemas como son: sistema de alimentación, sistema de expulsión, sistema de refrigeración.

**3.6.6.1** *Punto de inyección.* Para la selección del punto de inyección es de vital importancia ya que de esta depende el recorrido y distribución del polímero fundido hacia el molde, por ellos es necesario que cumpla con los siguientes parámetros:

- El punto de inyección debe iniciar la inyección por el lado de mayor espesor hacia la de menor espesor
- El punto de inyección debe direccionar el aire contenido en el molde hacia las ventanas de salida.

**3.6.6.2** *Manguito de bebedero.* Se establece una conicidad óptima de  $1^\circ$  a  $2^\circ$  para elaboración de las boquillas del molde de inyección, la boquilla tiene como objetivo la conexión entre la máquina inyectora y el molde. El material fundido fluye a través de la boquilla con dirección a la cavidad distribuido por las canales de flujo. Para la selección del diámetro menor de la boquilla en el molde es necesario relacionar el peso de la aza de sujeción y los canales de distribución.



Fuente: Autores

Con la ayuda de nuestro software se calcula el volumen de nuestra aza de sujeción el cual nos da como resultado  $V = 119.74 \text{ cm}^3$  a este resultado se debe añadir el volumen de los canales de distribución  $V = 78.4 \text{ cm}^3$  con la cual tendremos un volumen total de  $198.14 \text{ cm}^3$

La densidad de la poliamida 6 más fibra de vidrio es de:  $1,4 \text{ g/cm}^3$

$$P = \gamma \times V$$

$$P = \frac{1,4 \text{ g}}{\text{cm}^3} \times 198.14 \text{ cm}^3$$

$$P = 277.396 \text{ g}$$

**3.6.6.3 Canales de distribución.** Para la elaboración de los canales de distribución es necesario tener presente las dimensiones de las azas de sujeción a ser inyectadas así como el tipo de molde y el material fundido, el canal debe ser lo más óptimo posible debido a que un canal muy grande implicaría mayor cantidad de material perdido y no será rentable. El objetivo de los canales de distribución es la llenar completamente las cavidades de manera uniforme de presión y temperatura.

Tabla 15. Canales de distribución

<b>Canal Principal</b>	
Longitud	Diámetro
Menos de 75	6
75-250	8
Más de 250	10
<b>Canal secundario</b>	
Menos de 75	6

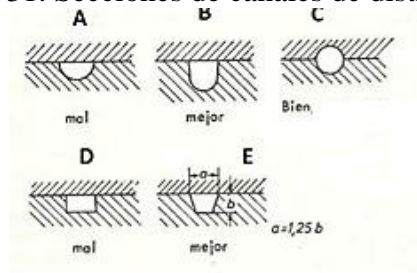
Fuente: (Sevillano, 2008)

Para una longitud mayor a 75 de nuestro canal principal es de 8 mm de diámetro, los canales secundarios tendrán un diámetro de 6 mm.

Para el dimensionamiento tenemos diferentes tipos de canales de distribución como se puede observar en la figura.

Se seleccionará la opción C por presentarlas condiciones optimas para el flujo del material fundido así como menor cantidad de perdidas en presión y temperatura.

Figura 31. Secciones de canales de distribución

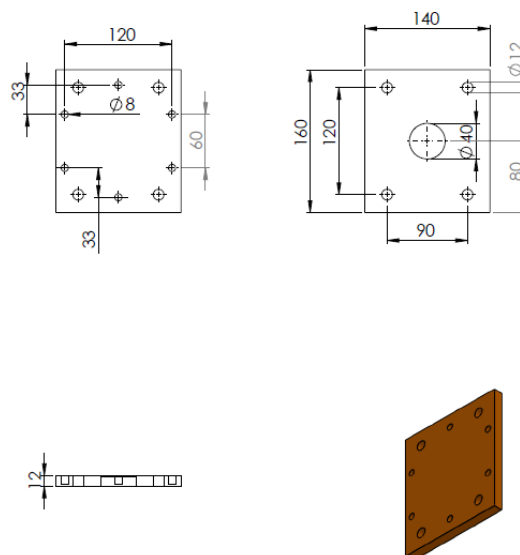


Fuente: Autores

**3.6.7 Sistema de expulsión.** Una vez realizado el proceso de inyección se ejecuta el proceso de abrir el molde en el cual la pieza inyectada debe caer por gravedad, este sería el caso ideal pero no lo es. Debido a las tensiones internas o resaltes es necesario utilizar implementos especiales que se activen mecánicamente aprovechando la carrera de apertura de la máquina. Los implementos especiales a utilizar se conocen como expulsores o eyectores, los cuales deben ser ubicados de manera que faciliten el desmoldeo, especialmente en paredes laterales, nervios y más, esto depende del diseño del producto a ser inyectado.

Existen diferentes tipos de expulsión, el más conocido es el sistema con varillas expulsoras, estas varillas se desplazan en una medida adecuada, haciendo contacto estratégico con la pieza inyectada, para evitar deformaciones, atrapamientos y más. Estas varillas están acopladas a las placas de extracción ubicadas en la parte posterior del molde como se observa en la figura.

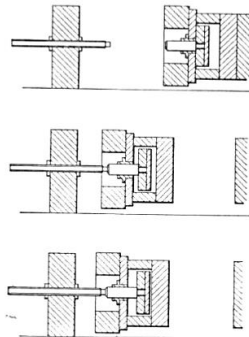
Figura 32. Placas expulsoras



Fuente: Autores

**3.6.7.1 Accionamientos de las placas expulsoras.** Para el accionamiento de los eyectores es necesario ejecutar el desplazamiento de las placas expulsoras para ello existe diversas maneras, la que se va a seleccionar por presión en la dirección de desmoldo.

Figura 33. Placas expulsoras

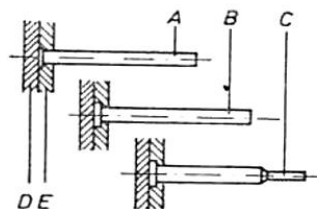


Fuente: (Cedeño, 2012)

El perno extractor produce un golpe en el tope lo que ocasiona el desprendimiento de la pieza, para seguidamente ser apartada por acción de los expulsores hacia el plano de partición, hasta su caída por acción de la gravedad.

Las varillas expulsoras deben ser ubicadas de manera que exista juego con los agujeros del molde, caso contrario podrian agarrotarse hasta finalmente romperse, tanto como el molde las varillas expulsoras debe ser fabricadas de un material que resista las altas temperaturas, por lo general se utilizan varillas expulsoras nitruradas y templadas, debido que el acero del que estan fabricados es un acero refractario, resitencia a la fragilidad de revenido de 500°C.

Figura 34. Representación de las varillas expulsoras



Fuente: (Cedeño, 2012)

- A Varilla de cabeza cónica y vástago cilíndrico
- B Varilla de cabeza cilíndrica y vástago cilíndrico
- C Varilla de cabeza cilíndrica y espiga en el extremo

D Placa base de la varilla expulsora

E Placa de fijación de la varilla expulsora

Las varillas de vástago cilíndrico con cabeza cónica se adoptan cuando no hay especiales exigencias en cuanto a la transmisión de fuerza por medio de los mismos. Se emplean con diámetros de 3 a 16 mm y una longitud de hasta 400 mm.

B. Las varillas de vástago cilíndrico con cabeza cilíndrica se adoptan cuando se precisa una gran fuerza de eyección. La cabeza cilíndrica ofrece una superficie de apoyo mayor que la cónica y reduce el peligro de penetración en la placa expulsora. El campo de aplicación de estas varillas expulsoras se extiende a diámetros de 3 a 16 mm y hasta una longitud de 400 mm.

C. Las varillas con cabeza cilíndrica y de vástago con espiga extrema de menor diámetro, se adoptan cuando la superficie de ataque sobre la pieza es muy pequeña y la fuerza necesaria reducida. El vástago con espiga aumenta la resistencia al pandeo. Las varillas se emplean con diámetros de 1,5 a 3 mm y longitudes de hasta 200 mm

Para la determinación de la carga crítica de los expulsores a fuerzas de pandeo, se va a utilizar la fórmula de un viga empotrada

$$P_{crit} = \frac{20.19 \times E \times I}{L^2}$$

Donde:

E=Módulo de elasticidad del acero

I=Momento de inercia del expulsor

L= longitud del expulsor

d= diámetro del expulsor

El momento de inercia será:

$$I = \frac{\pi \times 0,012^4}{32}$$

$$I = 2,035 \times 10^{-9}$$

Una vez determinado el momento de inercia se procede al cálculo de la carga crítica:

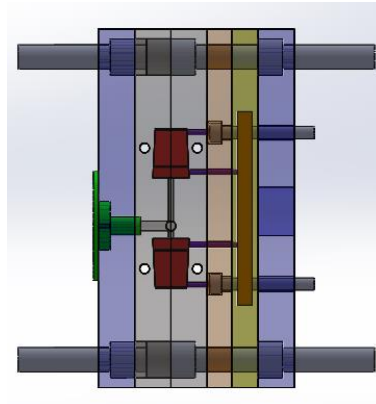
$$P_{crit} = \frac{20.19 \times 210 \times 10^9 \times 2,035 \times 10^{-9}}{0.45^2}$$
$$P_{crit} = 42608.377N$$

Se debe tener presente que las longitudes de los expulsores van a variar, las longitudes de pandeo, no pertenecen a las longitudes de los expulsores. En la operación de extracción los expulsores son guiados y desviados por las placas expulsoras, estas cargas van a ser ligeramente superiores a las calculadas

**3.6.8 Sistema de atemperado.** Una vez inyectado el material fundido en el molde, la masa toma la forma del molde para después disipar su calor hasta llegar al punto de solidificación para finalmente ser desmoldeada cuando posea suficiente rigidez.

El proceso de enfriamiento es de gran importancia debido a su influencia en la calidad y rentabilidad, el efecto de enfriamiento debe ser uniforme desde el borde exterior hacia el punto de la colada, las características en altas temperaturas tenemos: adecuadas superficies, buena fluidez, menor cantidad de grietas, menor contracción, mayor cantidad de tiempo de enfriamiento.

Figura 35. Disposición rectilínea de los canales de refrigeración



Fuente: Autores

### Calculo del tiempo de enfriamiento

Para el cálculo del tiempo de enfriamiento  $t_k$  se suelen utilizar las Leyes de Fourier, según las cuales:

$$tk = \frac{s^2}{a \times \pi^2} \ln \left( \frac{8}{\pi^2} \times \left( \frac{\sigma_M - \sigma_W}{\sigma_E - \sigma_W} \right) \right)$$

Donde:

a=conductividad térmica / densidad del material por capacidad calorífica específica.

Donde:

k=conductividad térmica = 0.23W/m °F

$\rho$ = densidad = 1.4 g/cm<sup>3</sup> = 1400 kg/m<sup>3</sup>

$$c_e = \text{Calor específico} = 1670 \frac{J}{g \text{ } ^\circ F}$$

$$a = \frac{k}{\rho \times C_e} = 9.810^{-8}$$

s= espesor de la pieza = 6 mm

$\sigma_M$ = temperatura de elaboración = 295°C

$\sigma_W$  = temperatura de la pared del molde = 70°C

$\sigma_E$  = temperatura media de desmoldeo = 120°C

Por lo que obtenemos un tiempo de enfriamiento de:

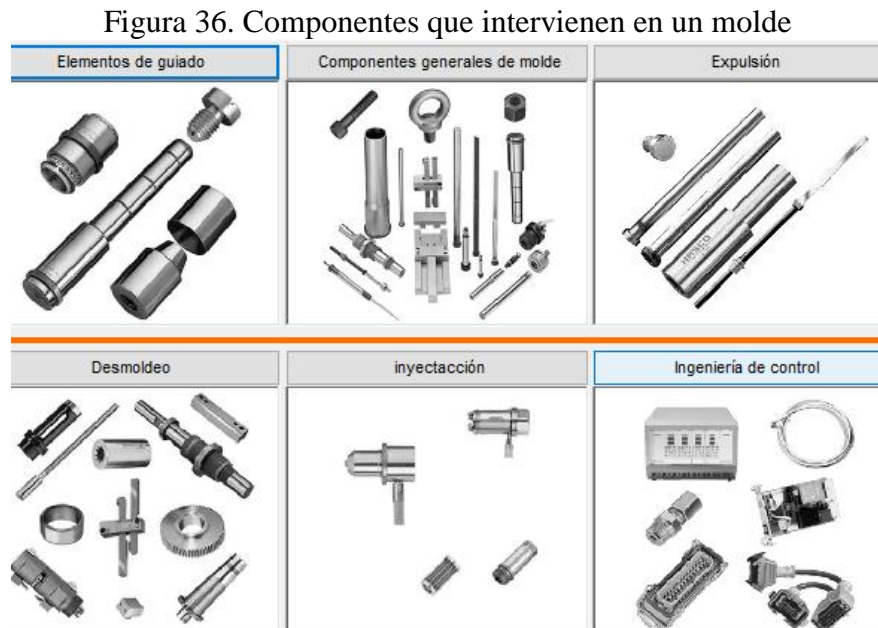
$$tk = \frac{0,003^2}{9.810 \times 10^{-8} \times \pi^2} \ln \left( \frac{8}{\pi^2} \times \left( \frac{295-70}{120-70} \right) \right) = 11.99s$$

El tiempo calculado es un tiempo aproximado ya que las temperaturas son unas aproximadas y no son valores fijos en la puesta en marcha.

**3.6.9 Guías y componentes.** En el ciclo de trabajo de un molde de inyección, sus partes deben ser acopladas adecuadamente los portamoldes, el molde móvil, molde fijo, expulsores, por ello de la gran importancia de las guías las cuales protegen el correcto acople de las piezas manteniendo un cierre hermético. En caso de que no exista un correcto acople este puede ocasionar daños produciendo choques entre las piezas debido a las altas fuerzas de cierre.

De acuerdo al tipo del molde se selecciona las guías con elementos de centrado para moldes de inyección de menores dimensiones pernos guía. Se trata de pernos que sobresalen de una de las mitades del molde cuando éste está abierto y al efectuar el cierre, se introducen con un ajuste perfecto en los orificios de los casquillos y manguitos de acero templado previstos en la otra mitad.

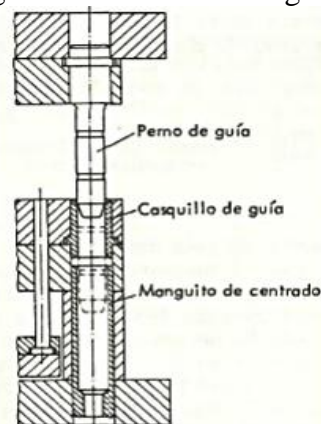
Se debe tener presente los diferentes componentes que intervienen en un molde en los que podemos mencionar: Elementos de guiado, componentes generales de molde, expulsión, desmoldeo, inyección, ingeniería de control y más.



Fuente: (Cedeño, 2012)

Para los moldes con vaciados profundos con núcleos largos y finos, puede producirse un desplazamiento del núcleo durante la inyección, a pesar de un centrado exacto con los pernos de guía; ello tiene lugar sobre todo cuando el momento de inercia del núcleo y el módulo de elasticidad del acero no bastan para evitar una deformación de aquél bajo la presión de la masa de moldeo. Hay que prever entonces posibilidades adicionales de centrado para el núcleo, de las que trataremos con detalle más adelante. (Guayco)

Figura 37. Elementos de guiado

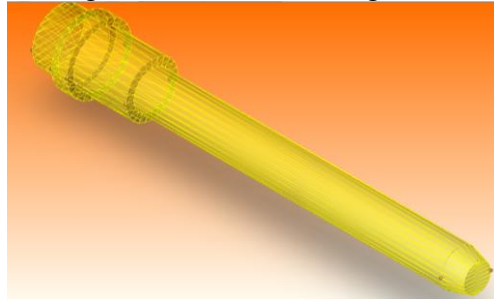


Fuente: (Cedeño, 2012)



En la figura se observa la ubicación y posicionamiento de los pernos de guía y de sus correspondientes camisas (casquillos y manguitos). Con el fin de disminuir el desgaste, las camisas se fabrican, al igual que los pernos, con aceros de cementación de una dureza de 60 a 62 HRC, como alternativa de evitar desgaste se lubrica los pernos de guía.

Figura 38. Elemento de guiado



Fuente: Autores

### Tiempo del ciclo de inyección

#### Capacidad de inyección

$$CIB = CIPoli \left[ \frac{\delta_B}{\delta_{poli}} \right]$$

Donde:

$\delta_B$ : densidad de la poliamida

$\delta_{poli}$ : densidad del poliestireno

CIB: Capacidad de inyección del material B

CIPoli: Capacidad de inyección de la poliamida

$$CIB = 20g/cm^3 \left[ \frac{1.4 g/cm^3}{0.9 g/cm^3} \right]$$

$$CIB = 31.11g/s$$

#### Tiempo de inyección

$$Ti = \left[ \frac{P_{pieza}}{CIB} \right]$$

$$T_i = \left[ \frac{277.396 \text{ g.s}}{31.11 \text{ g}} \right]$$

$$T_i = 8.91 \text{ s}$$

El tiempo del ciclo e inyección se tiene:  $T_{ciclo} = T_{ca} + T_i + T_e$

Donde:

Te: tiempo de enfriamiento

Ti: Tiempo de inyección

Tca: tiempo de cierre y apertura

$$T_{ciclo} = 20s + 8.91s + 11.99s$$

$$T_{ciclo} = 40.9s$$

El tiempo de ciclo se producen dos asas de sujeción lo que equivale en una hora de trabajo de 100 asas de sujeción , incluyendo tiempos muertos , durante la jornada laboral de 8 horas se tiene un aproximado de 800 unidades lo que se deriva en un total aproximado de 4000 unidades semanalmente al mes se obtendria un total de 16000 unidades, a este valor hay que considerar productos defectuosos, el peso de la asa de sujeción es de 277.396 gr. Lo que equivale a un total de 4438.336 Kg de materia prima.

Tabla 16. Costos de producción

<i>Detalle</i>	<i>Costo mensual de producción USD</i>	<i>Costo unitario de la asa de sujeción USD/ASAS M</i>
Materia prima	7500\$	0,47
Costo de energia	110	0,006875
Arriendo del local	300	0,01875
Costo de la mano de obra	600	0,0375
Subtotal		0,533
Valor agregado (20%)		0.1066
<b>Total</b>		<b>0,64</b>

Fuente: Autores

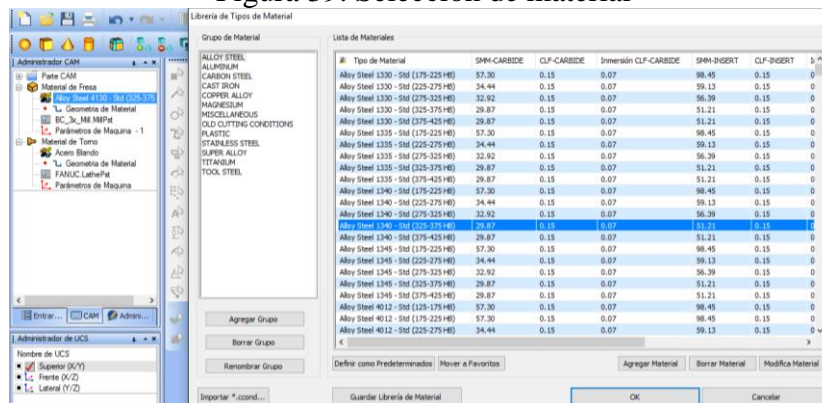
## CAPÍTULO IV

### 4. MODELADO CAD-CAM DEL MOLDE A INYECCION DE MANIJA PLASTICA Y SIMULACION

#### 4.1 Selección del material en el software

Para la modelación del molde de inyección es necesario realizar las operaciones con cada una de sus partes de manera independiente, para las operaciones de mecanizado es necesario seleccionar diferentes orígenes en el material. Primero se selecciona el material inicial para ello, se procede a la parte CAM, y se realiza clic en el tipo de material en el que se va a trabajar, el material seleccionado es acero aleado con una dureza de BHN 293-321

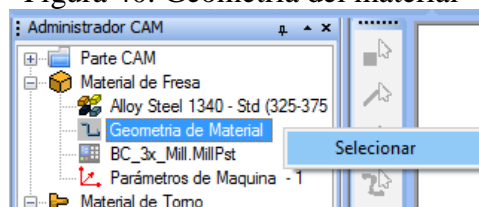
Figura 39. Selección de material



Fuente: Autores

Una vez seleccionado se procede a determinar el material inicial en que se va a trabajar, esta opción se la encuentra en la parte CAM como Geometría de Material, el cual abre con un click derecho y seguidamente con un click izquierda en “Selección” esta opción abre la ventana llamada “Guía de material”

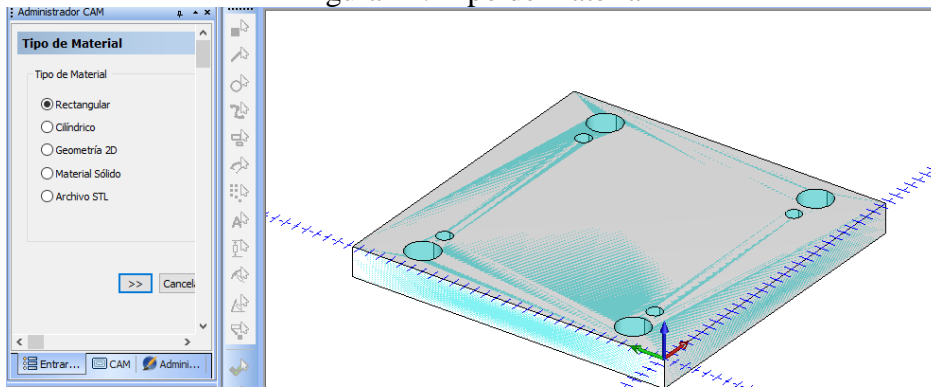
Figura 40. Geometría del material



Fuente: Autores

En la ventana de material se tiene el tipo de material a partir de cual se va a iniciar el mecanizado sea este cilindrico, rectangular, material solido, para este caso se seleccionará la opción de rectangular, el cual se muestra con un color diferente sobre el diseño de nuestro material, a continuación definición de material.

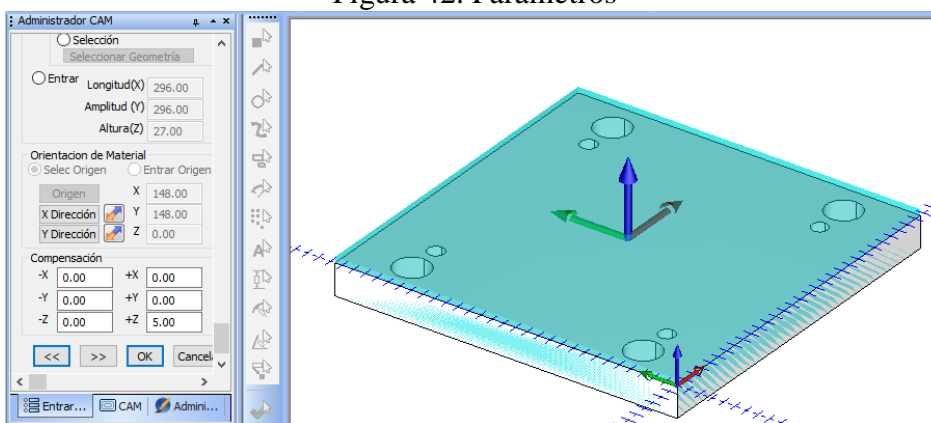
Figura 41. Tipo de material



Fuente: Autores

Para la definición de material, se selecciona el la “Orientación del material”, esto se verifica al identificar los ejes X, Y y Z en el centro del material, se recomienda que el eje Z se proyecte hacia la parte superior, en el momento que se selecciono el material rectangular no indica un material inicial de las dimensiones de nuestro material, en la parte de compensación se puede aumentar este material en los diferentes ejes.

Figura 42. Parámetros



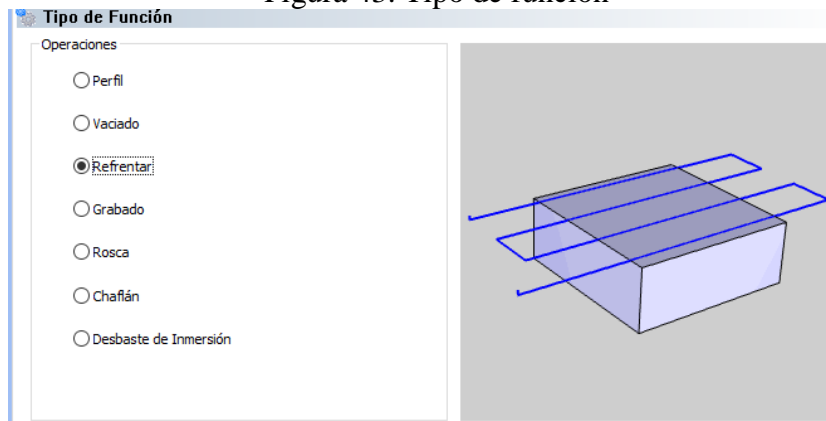
Fuente: Autores

Una vez modificado la guía de material se procede a configurar los parametros de la máquina tanto el origen, plano de seguridad para finalizar un clic en “OK”. Una vez finalizado se observa con un color celeste el material inicial para iniciar el mecanizado.

## 4.2 Selección de operación para mecanizado

Para iniciar el mecanizado se inicia con un clic derecho sobre “Material de fresa” y se selecciona mecanizado de dos ejes para seleccionar operaciones como: Vaciado, refrentar, Grabado, Rosca, chaflán y mas, con un clic izquierdo se selecciona “Refrentar”.

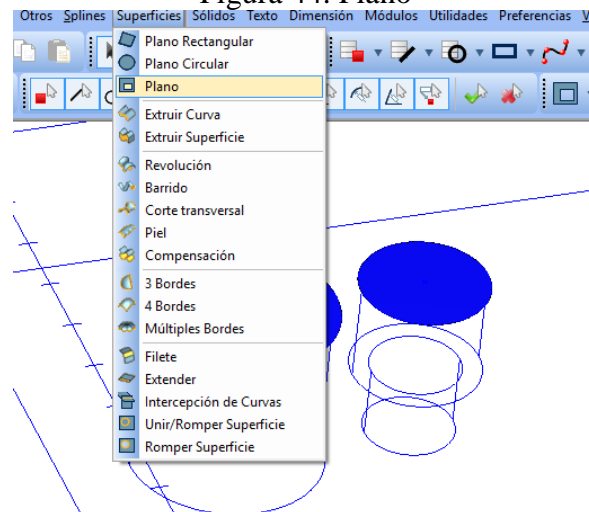
Figura 43. Tipo de función



Fuente: Autores

Una vez seleccionado la función “Refrentar” se selecciona la geometría y con un clic izquierdo se indica la superficie a refrentar. Para la selección adecuada, los agujeros no deben ser identificadas en el momento de su selección, debido a que puede producir un error de mecanizado, para ello se selecciona las circunferencias de los agujeros presentes en la plano, una vez seleccionado se crea un plano en la pestaña de superficies y se obtiene un plano color azul como se observa en la imagen.

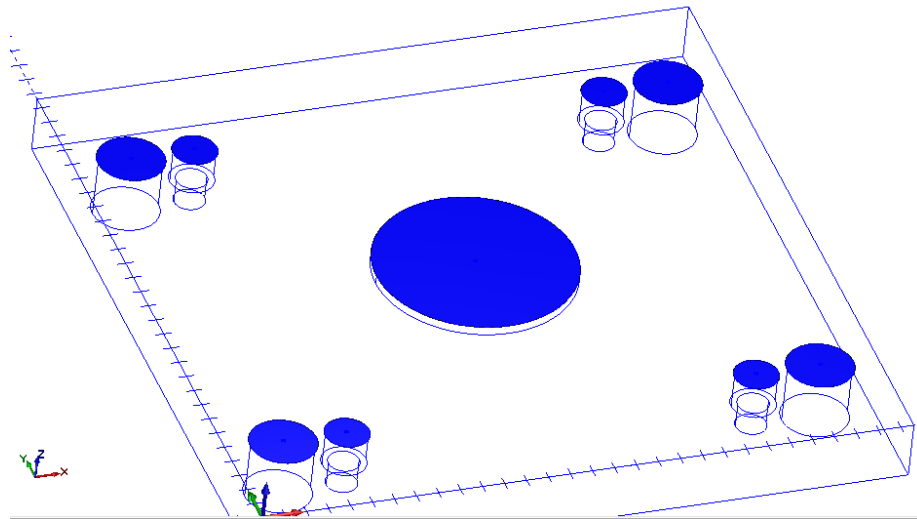
Figura 44. Plano



Fuente: Autores

Se repite el proceso para cada uno de los agujeros, con este fin se evita el error de mecanizado y se proyecta adecuadamente las líneas de mecanizado.

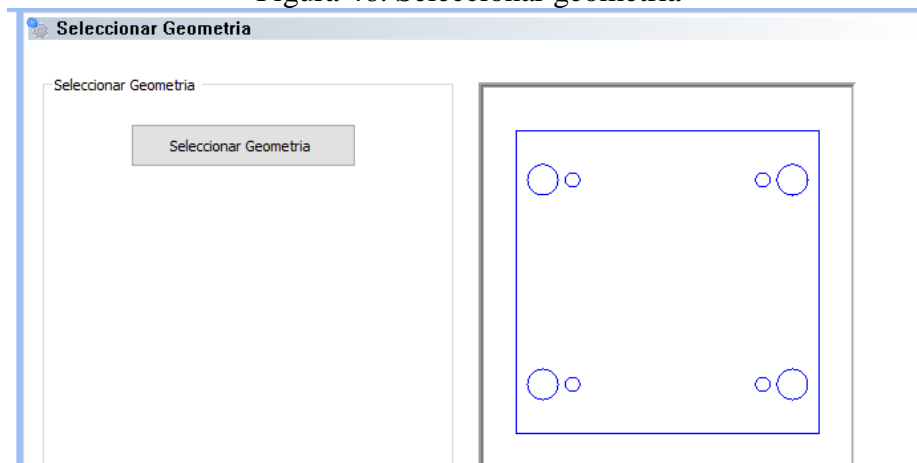
Figura 45. Superficie plana



Fuente: Autores

A continuación se procede a seleccionar la geometría

Figura 46. Seleccionar geometría



Fuente: Autores

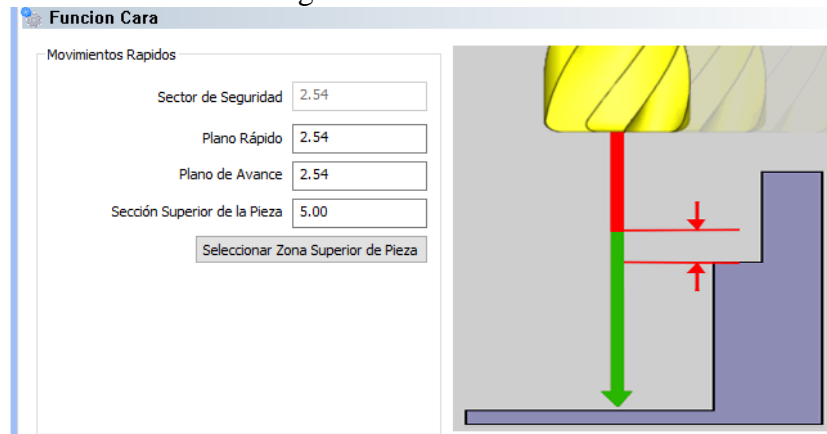
Ya seleccionada la superficie se configura los movimientos rapidos de la máquina dentro de estos parámetros se tiene, plano rapido, plano de avance, los cuales se pueden observar en la figura.

La función de refrentar esta compuesta de dos operaciones de desbastado y acabado a continuación se tiene:

## 4.2.1 Operaciones de mecanizado de la placa porta molde.

### 4.2.1.1 Operación de desbastado.

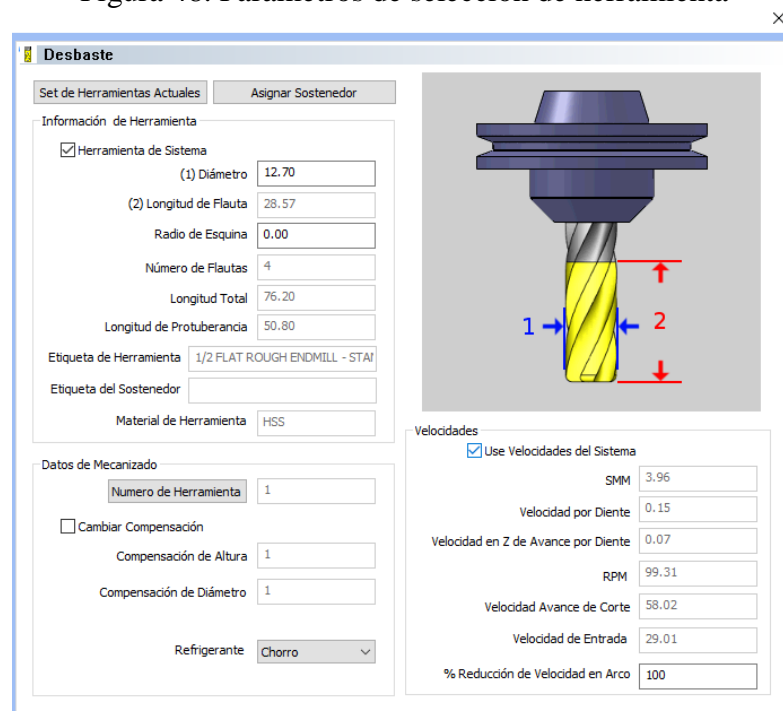
Figura 47. Función cara



Fuente: Autores

En la ventana siguiente se observa los parámetros a modificar en cuanto a la selección de la herramienta como: diámetro, longitud de la flauta, radio de la esquina, longitud total, velocidades. En cuanto a las velocidades son configuradas por el software de acuerdo al material y la herramienta.

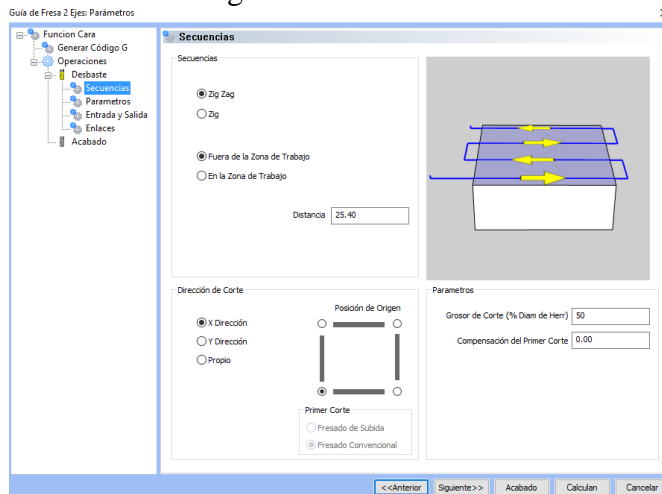
Figura 48. Parámetros de selección de herramienta



Fuente: Autores

Una vez seleccionada la herramienta se determina la secuencia de la herramienta durante el mecanizado, se seleccionó una secuencia en Zig- Zag, el limite es fuera de la zona de trabajo a una distancia de 25mm.

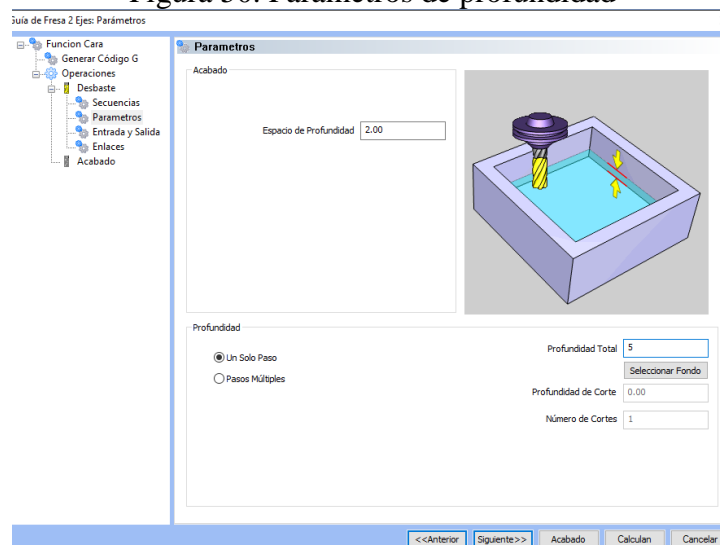
Figura 49. Secuencias



Fuente: Autores

Para los parametros de profundidad se debe determinar el espacio a los cuales la herramienta va avanzar y la profundidad total las cuales se observa al lado izquierdo e inferior de la figura de la herramienta y pieza.

Figura 50. Parametros de profundidad

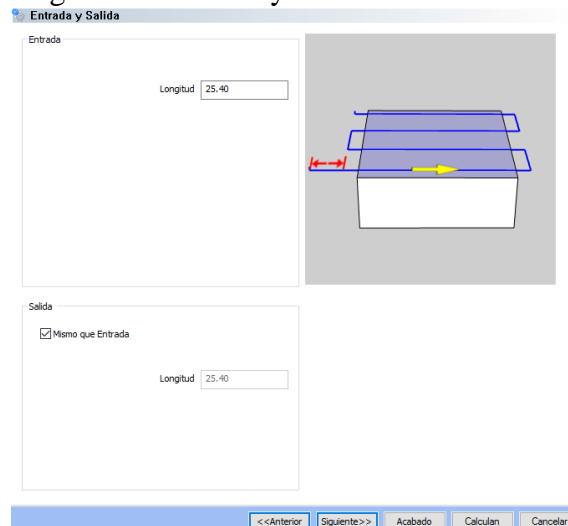


Fuente: Autores

En la entrada y salida de la herramienta se determina la distancia desde la cual va a ingresar para nuestro mecanizado se tiene de 25mm.



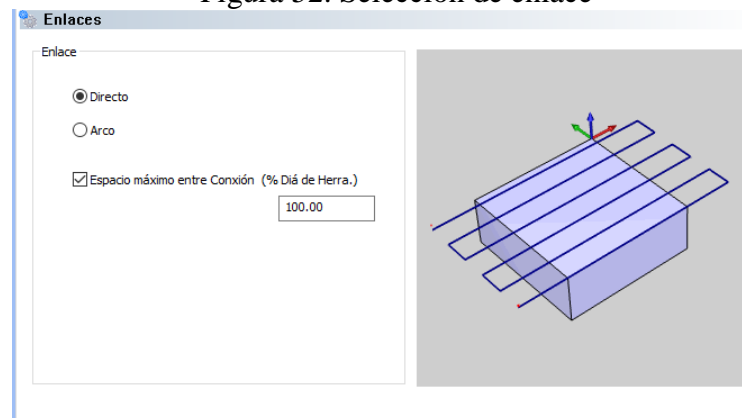
Figura 51. Entrada y salida de herramienta



Fuente: Autores

Los enlaces que se seleccionó es Directo el cual se representa en forma rectilinea en la grafica q se observa a continuación.

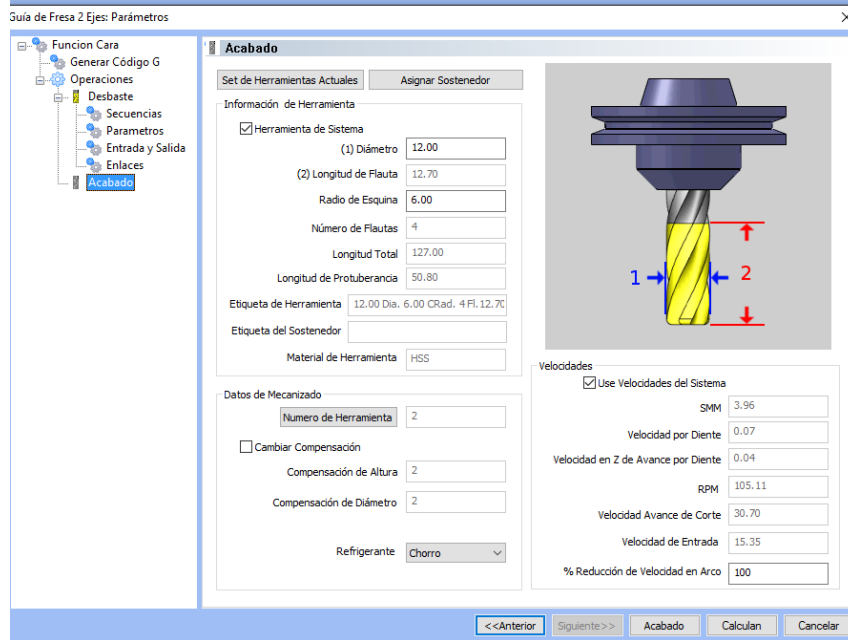
Figura 52. Selección de enlace



Fuente: Autores

**4.2.1.2 Operación de acabado.** Una vez configurado los parámetros de desbaste, el software automáticamente genera la operación de Acabado aquí se determina una segunda herramienta para el acabado, las herramientas seleccionadas están determinadas por defecto las cuales pueden ser modificadas, en cuanto a longitud de la flauta, radio de esquina, diámetro, longitud total. Como una de las ventajas del software, inicialmente se configura la guía de material así como el material en el cual se va a mecanizar, estos parámetros son de influencia al momento de la selección de la herramienta, ya que una vez seleccionado la herramienta, automáticamente se generan las velocidades de avance, por diente, RPM, velocidad de entrada.

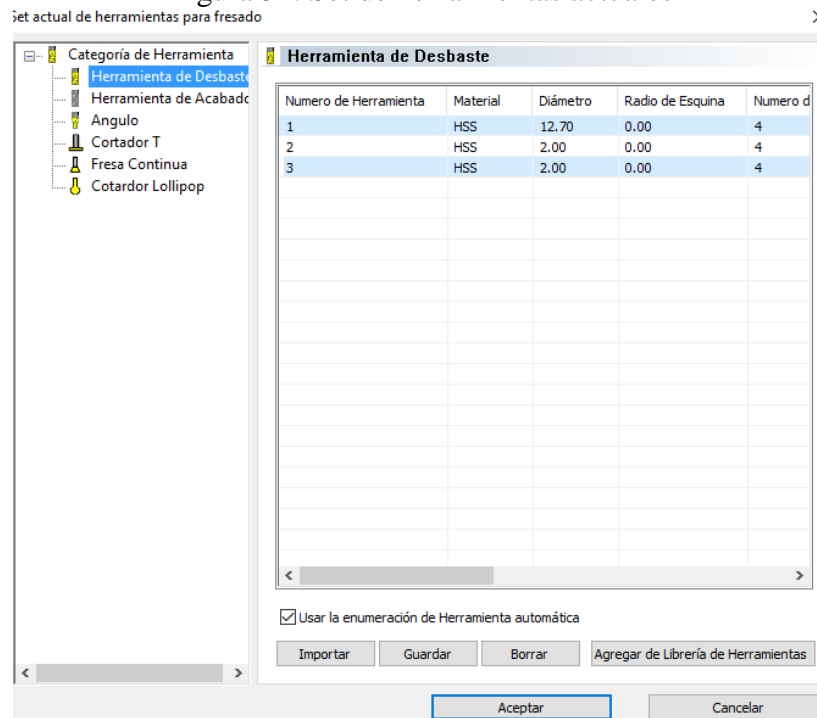
Figura 53. Parámetros de desbaste



Fuente: Autores

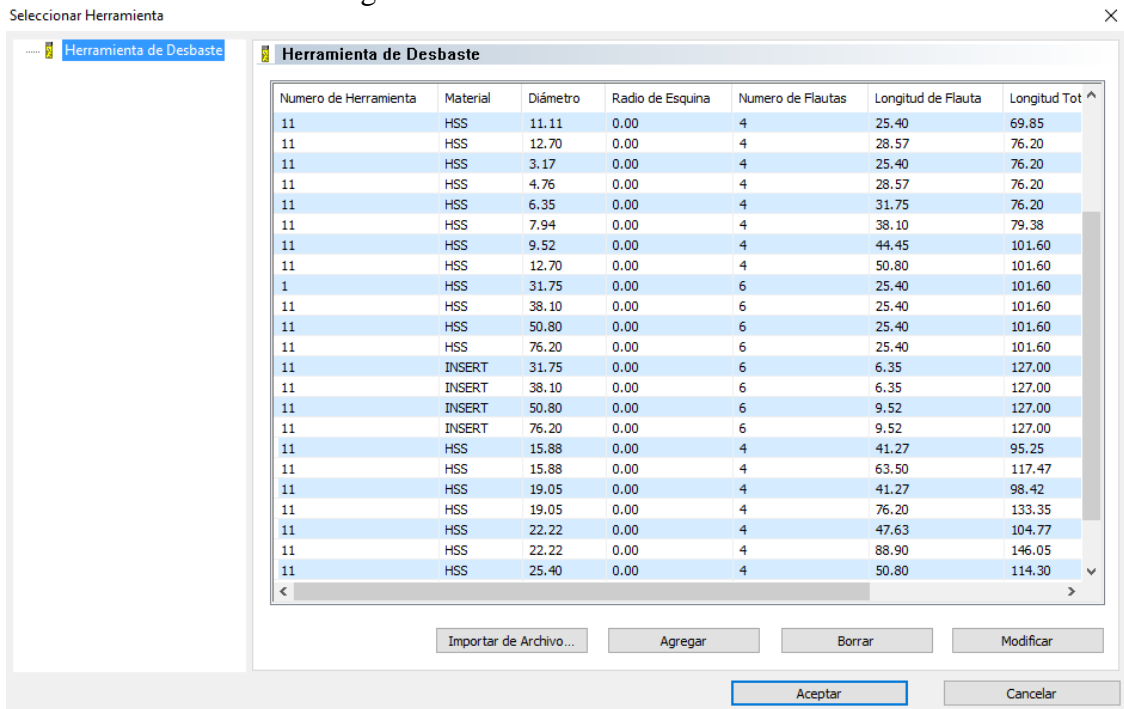
En ocasiones la herramienta no se encuentra dentro de esta librería o de acuerdo a nuestras necesidades se la puede ingresar con un clic en “Set de Herramientas Actuales” la cual genera una ventana que indica herramientas de acuerdo a nuestra operación, siendo estas herramientas de desbaste, acabado, angulo, cortador, fresa continua.

Figura 54. Set de herramientas actuales



Fuente: Autores

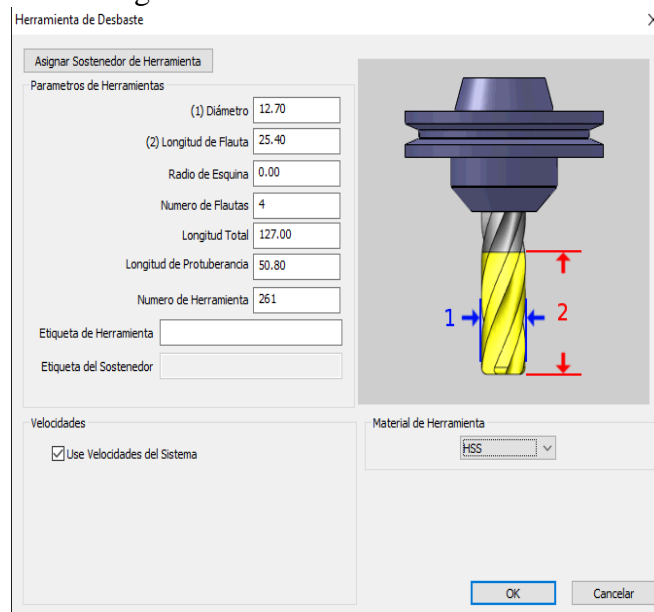
Figura 55. Herramientas de desbaste



Fuente: Autores

En el caso de no encontrar la herramienta adecuada, con un clic izquierdo en agregar, tenemos la ventana en la cual se agrega los parametros de herramienta, velocidad, material de la herramienta de igual manera.

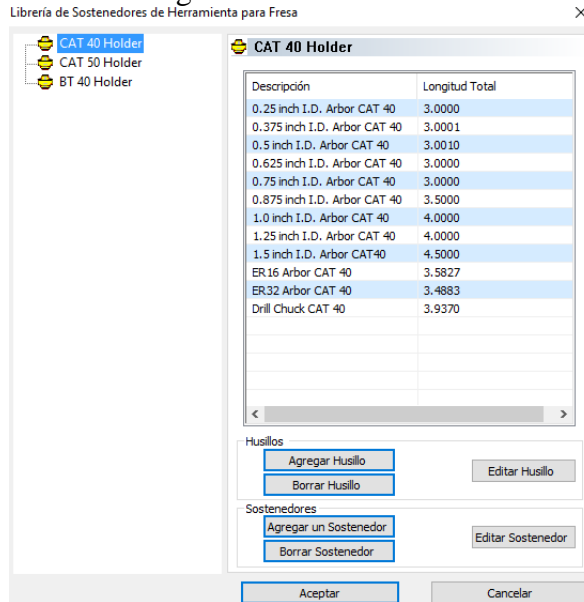
Figura 56. Herramienta de Desbaste



Fuente: Autores

Los sostenedores pueden ser modificados en este caso tenemos:

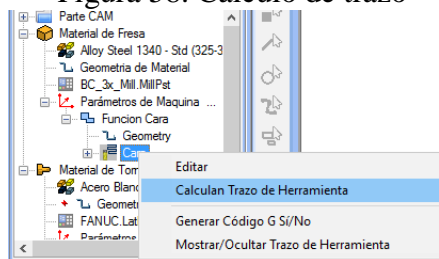
Figura 57. Sostenedores



Fuente: Autores

Una vez configurado las herramientas se genera el trazo de herramienta la cual se encuentra en la parte cam, a la cual se accede con un clic derecho como semuestra en la figura.

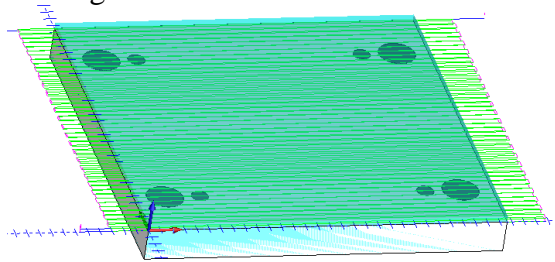
Figura 58. Cálculo de trazo



Fuente: Autores

Ya calculado el trazo de la herramienta se observa las diferentes líneas por los caules va a recorrer la herramienta.

Figura 59. Trazo de la herramienta

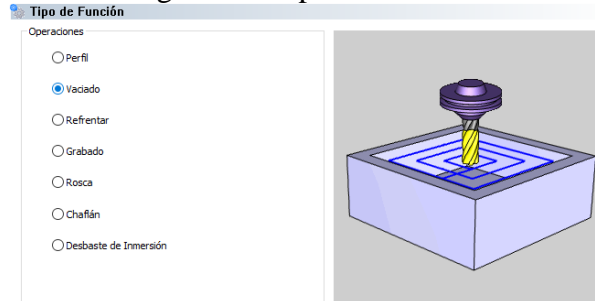


Fuente: Autores

**4.2.1.3 Operación de vaciado.** En la Guía de mecanizado de dos ejes se selecciona la función de vaciado, seguido de un clic en siguiente.

Este función se compone de dos operaciones la desbaste y acabado

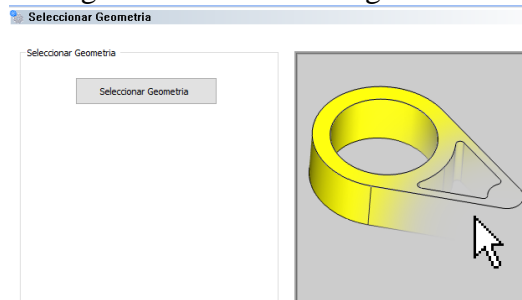
Figura 60. Tipos de función



Fuente: Autores

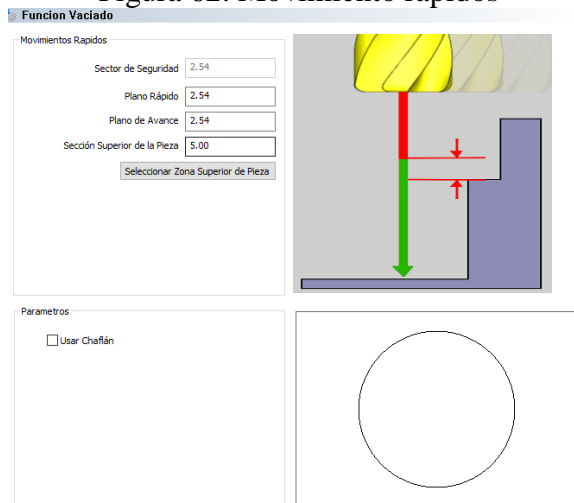
En la nueva ventana se selecciona la geometria

Figura 61. Selección de geometría



Fuente: Autores

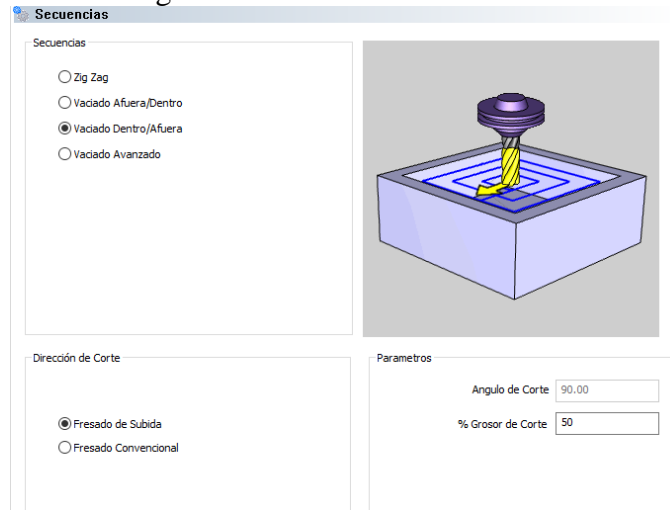
Figura 62. Movimiento rapidos



Fuente: Autores

Se selecciona el vaciado Dentro/Fuera, esta opción se encuentra en la ventana siguiente de movimientos rápidos. En esta ventana se encuentra procesos como Zig-zag, Vaciado dentro fuera, vaciado avanzado.

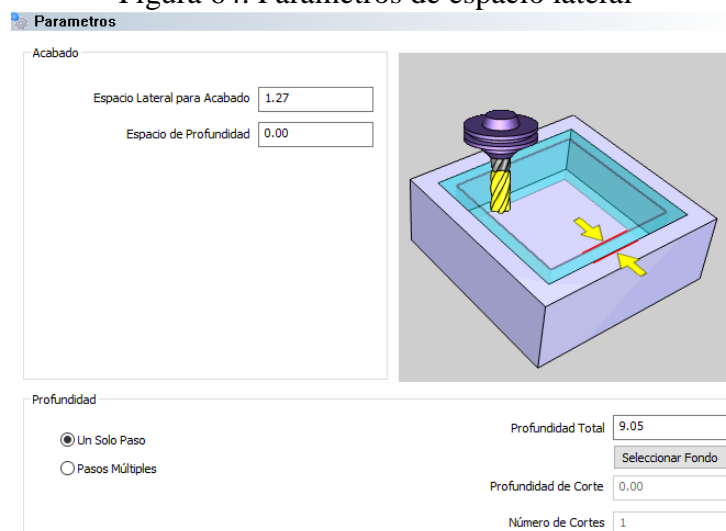
Figura 63. Selección de secuencia



Fuente: Autores

Los parametros de espacio lateral para cabado es 1,27 mm espacio e profundidad de 0 y pasos multiples para el acabado

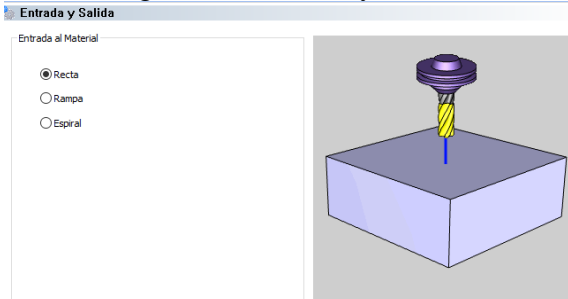
Figura 64. Parametros de espacio lateral



Fuente: Autores

Se selecciona la entrada recta para al herramienta, debido que la entrada en rampa se utiliza para materiales de mayor espesor, que pueden causar daño a la herramienta en este caso no presenta ungran esfuerzo para la herramienta.

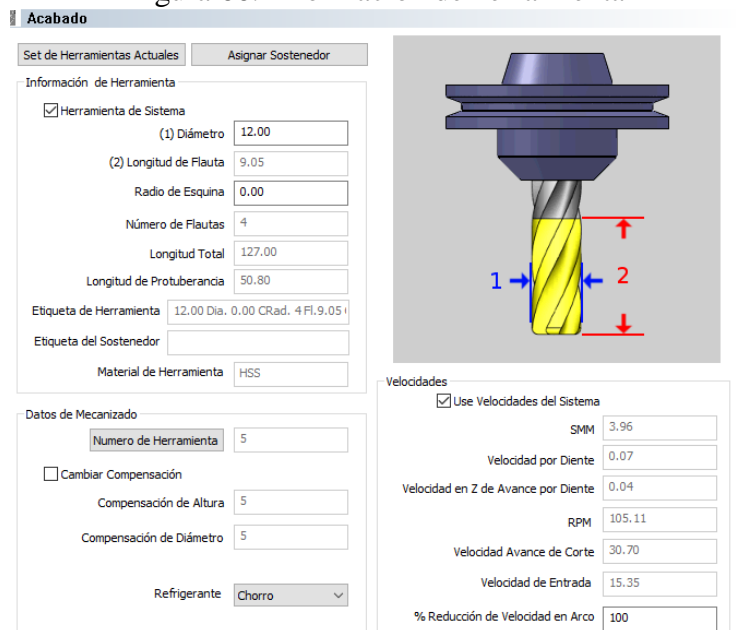
Figura 65. Entrada y Salida



Fuente: Autores

**4.2.1.4 Operación de acabado.** Los parámetros de acabado a configurar son los de la herramienta, en los cuales se puede visualizar sus dimensiones como diámetro, longitud de flauta, radio de esquina, para el acabado se usa una herramienta con un radio de esquina de la mitad del diámetro de la herramienta, cabe recalcar que no puede ser mayor al diámetro de la herramienta, esto ocasionaría un error del trazo de herramienta. Como se puede evidenciar en la imagen siguiente las velocidades son calculadas automáticamente por el software

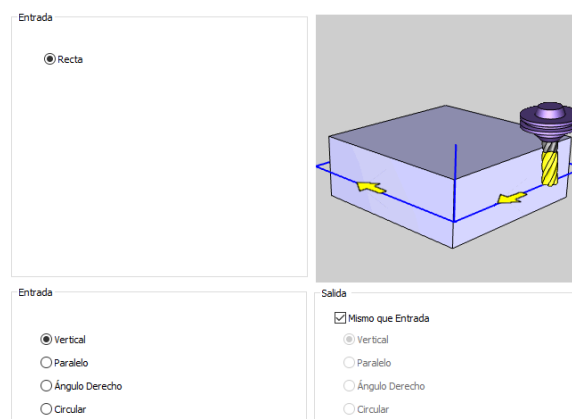
Figura 66. Información de herramienta



Fuente: Autores

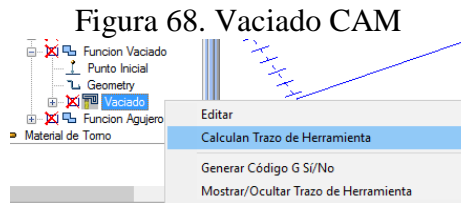
Con un clic izquierda en siguiente se procede a configurar los parámetros de entrada de la herramienta y se activa la compensación de la máquina o de la herramienta según los criterios establecidos previamente en la configuración de guía de material y parámetros de máquina.

Figura 67. Entrada y Salida



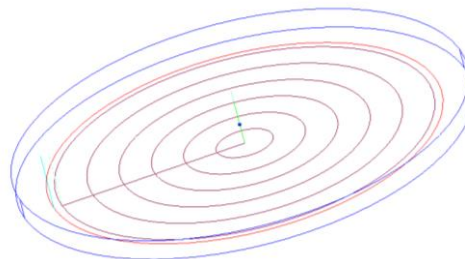
Fuente: Autores

Finalizado la guía de mecanizado, este visualiza en la parte cam como Vaciado, seguido de un clic derecho se selecciona Calcular trazo de herramienta, en la cual se observa las líneas a seguir de la herramienta.



Fuente: Autores

Figura 69. Líneas a seguir



Fuente: Autores

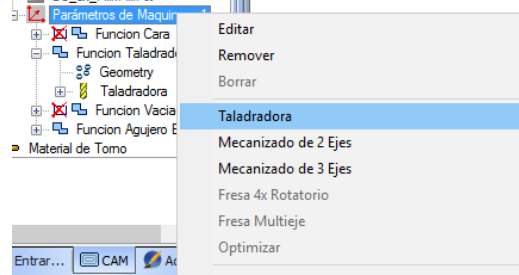
#### 4.2.2 Operaciones de mecanizado para agujeros.

Se identifica dos tipos de agujeros, los de mayor diametro para la colación de las guías y los de menor diametro con ensanchado para los seguros de fijación del modo de inyección.

Los de mayor diametro se realiza con la operación de taladrado esta operación se la encuentra con un clic derecho en Parámetros de Máquina.



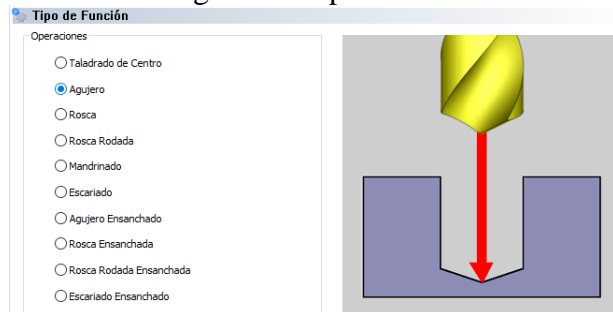
Figura 70. Selección taladradora



Fuente: Autores

**4.2.3.1 Operación de taladrado de centro.** La función de guía de agujeros cuenta con diferentes operaciones como: Taladrado de centro, Rosca, Rosca Rodada, Madrinado, Escariado, Agujero ensanchado, rosca ensanchada, y mas. Se selecciona agujero seguido de un clic en siguiente.

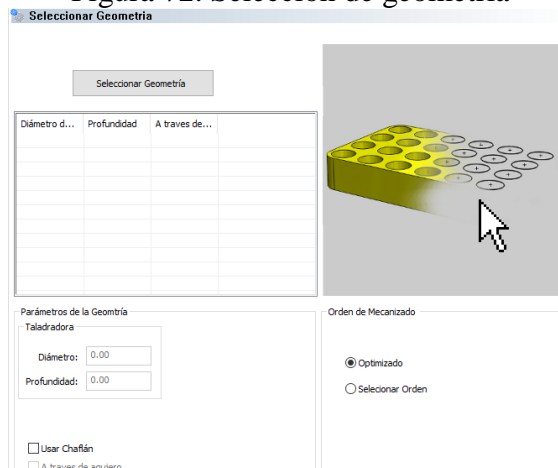
Figura 71. Operaciones



Fuente: Autores

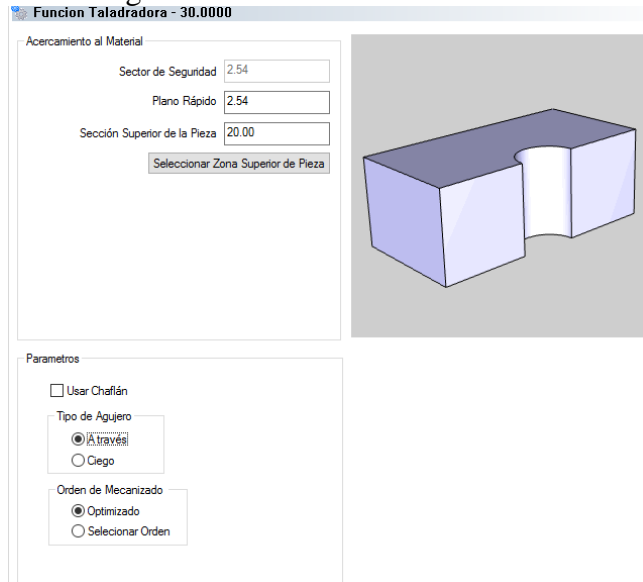
En la ventana siguiente se selecciona la geometría, en la cual se identifica el diámetro y la profundidad, el orden de mecanizado.

Figura 72. Selección de geometría



Fuente: Autores

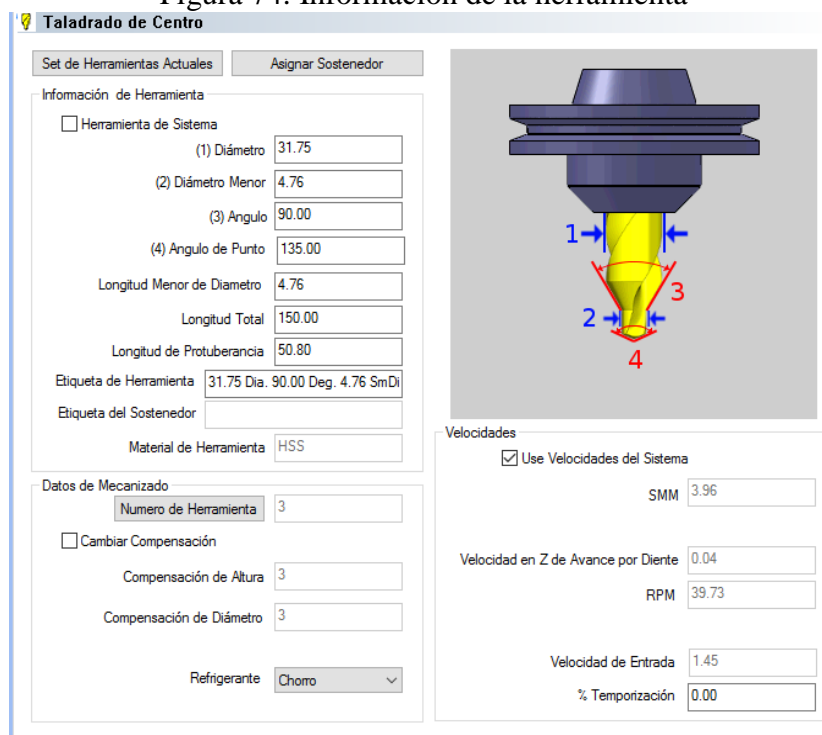
Figura 73. Acercamiento al material



Fuente: Autores

Para el taladrado es necesario ejecutar dos operaciones la primera de taladrado de centro para evitar el desvío de la herramienta en el taladrado final. Aquí se determina los parámetros de herramienta, se selecciona la herramienta dada por defecto por el software, se debe modificar la longitud total debido que la longitud dada por el software no es suficiente para el taladrado lo que ocasiona un choque.

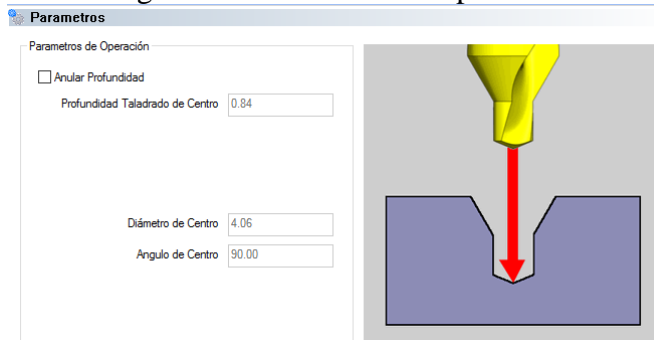
Figura 74. Información de la herramienta



Fuente: Autores

Como se puede observar en la figura anterior las velocidades han sido calculadas por el software, en caso de haber nuevas modificaciones relacionado con la velocidad, se las puede modificar facilmente. En parámetros de operación se tiene la profundidad de taladrado de centro, diámetro de centro y ángulo de centro actualmente en 4 mm y 90° respectivamente.

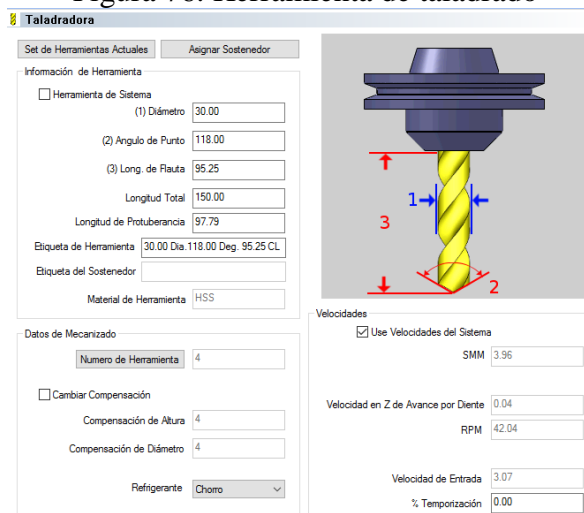
Figura 75. Parámetros de operación



Fuente: Autores

**4.2.3.2 Taladrado.** La ventana siguiente compuesta de la herramienta de taladrado en el cual se modifica lo longitud de la herramienta ya que su actual medida provoca choques con el material.

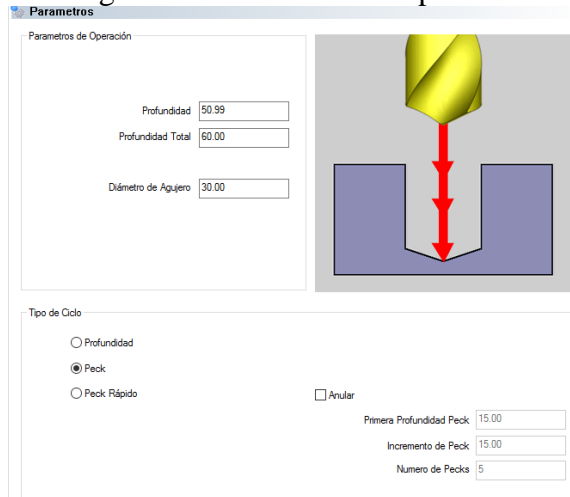
Figura 76. Herramienta de taladrado



Fuente: Autores

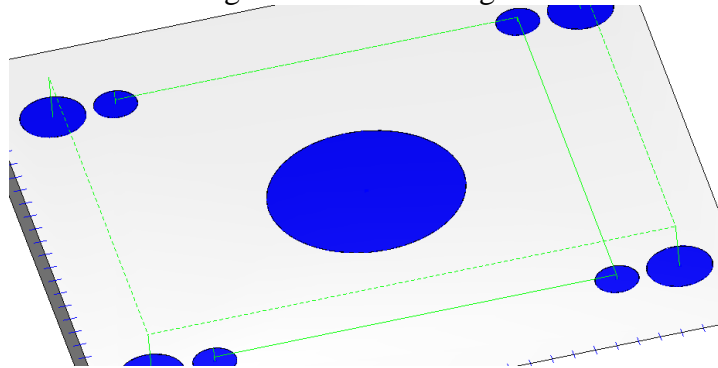
Los parámetros de operación se determinan con una profundidad de 50mm, profundidad total de 60 mm y un diámetro de 30 mm, el tipo de ciclo seleccionado es peck como se muestra en la siguiente imagen, para finalizar clic en calcular.

Figura 77. Parámetros de operación



Fuente: Autores

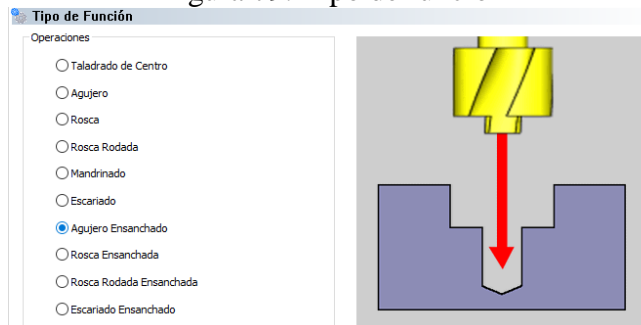
Figura 78. Líneas a seguir



Fuente: Autores

Para los agujeros de menor diámetro se selecciona la operación de agujero ensanchado que se tiene en las funciones de taladrado

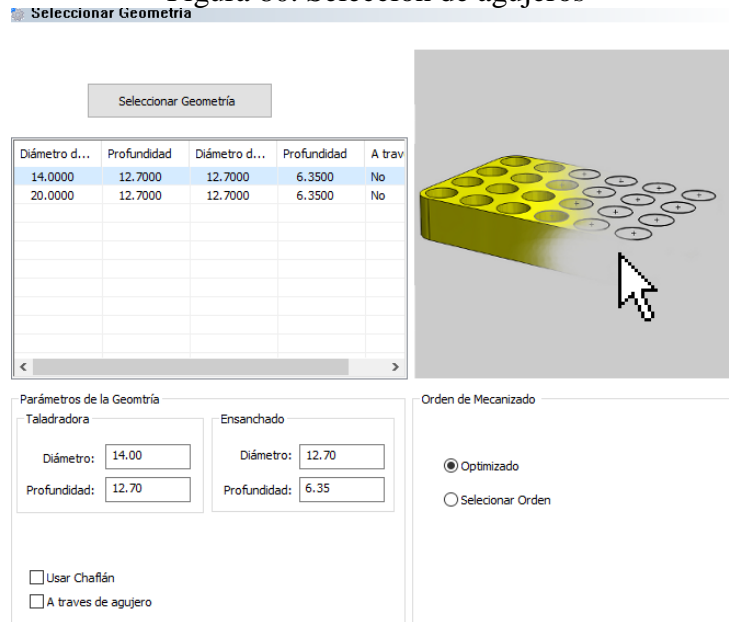
Figura 79. Tipo de función



Fuente: Autores

A continuación se selecciona los agujeros de nuestro diseño en la cual se muestra las dimensiones y profundidad de cada agujero.

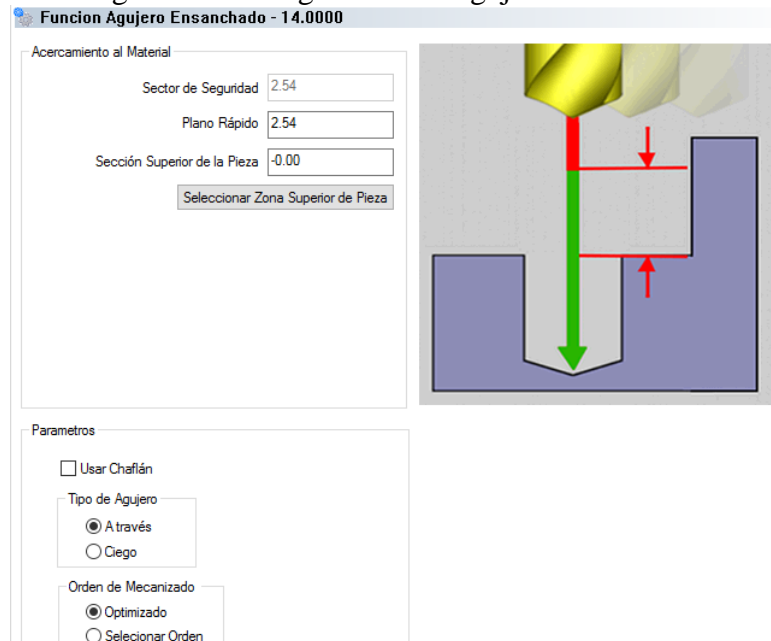
Figura 80. Selección de agujeros



Fuente: Autores

Para cada operación es necesario configurar el sector de seguridad, plano rápido, en función de la arte superior de la pieza. El tipo de agujero a través.

Figura 81. Configuración de agujero ensanchado

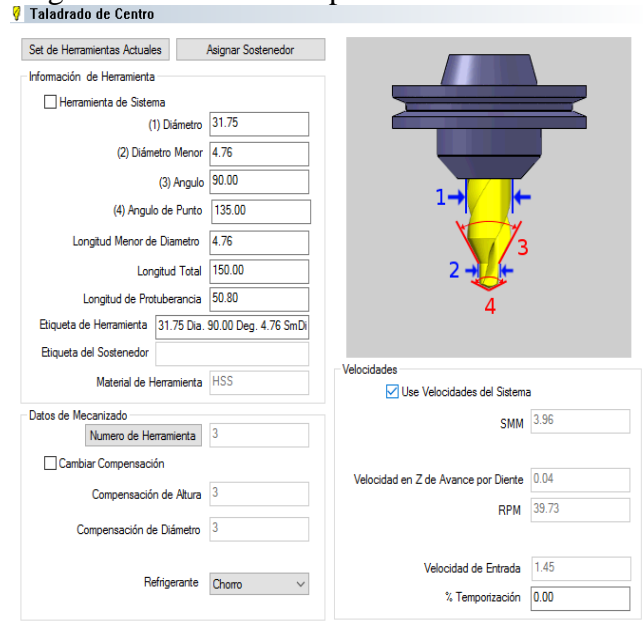


Fuente: Autores

Se debe configurar las herramientas de acuerdo a las operaciones para la función de ensanchado, para estas tenemos: taladrado de centro, taladradora y finalmente ensanchado.

**4.2.3.3 Operación de taladrado de centro.** La selección de la herramienta es de manera automática debido a las herramientas almacenadas en la librería, la herramienta seleccionada no presentaba las características ideales en comparación con la longitud, en esta se introdujo una longitud total de 150mm.

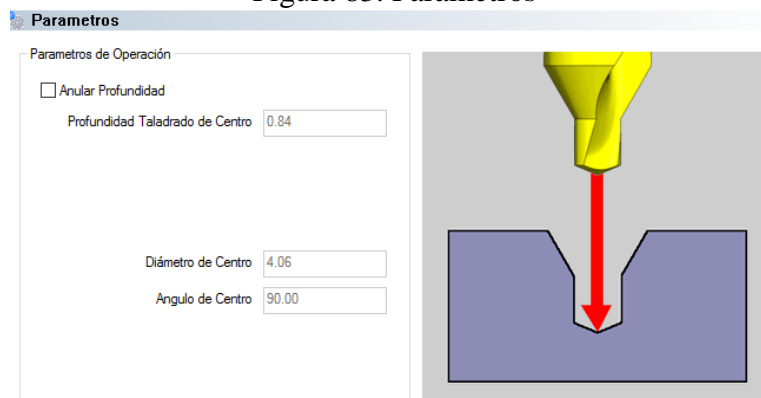
Figura 82. Herramienta para taladrado de centro



Fuente: Autores

Los parámetros para esta función ya esta designada automáticamente, en caso de ser modificados se debe anular la profundidad.

Figura 83. Parámetros



Fuente: Autores

**4.2.3.4 Operación de taladradora.** Al igual que las demás herramientas se ajusta los valores.

Figura 84. Ajustar valores de herramienta

**Taladradora**

Set de Herramientas Actuales    Asignar Sostenedor

Información de Herramienta

Herramienta de Sistema

(1) Diámetro: 10.00

(2) Angulo de Punto: 118.00

(3) Long. de Flauta: 69.85

Longitud Total: 150.00

Longitud de Protuberancia: 72.39

Etiqueta de Herramienta: 14.00 Dia. 118.00 Deg. 69.85 CL

Etiqueta del Sostenedor:

Material de Herramienta: HSS

Datos de Mecanizado

Numero de Herramienta: 6

Cambiar Compensación

Compensación de Altura: 6

Compensación de Diámetro: 6

Refrigerante: Chorro

Velocidades

Use Velocidades del Sistema

SMM: 3.96

Velocidad en Z de Avance por Diente: 0.04

RPM: 126.13

Velocidad de Entrada: 9.21

% Temporización: 0.00

Fuente: Autores

Se modifica los parámetros sean estos la profundidad, el diámetro del agujero y la entrada de la herramienta en este caso tipo Peck.

Figura 85. Modificar los parámetros

**Parametros**

Parametros de Operación

Profundidad: 63.00

Profundidad Total: 66.00

Diámetro de Agujero: 10.00

Tipo de Ciclo

Profundidad

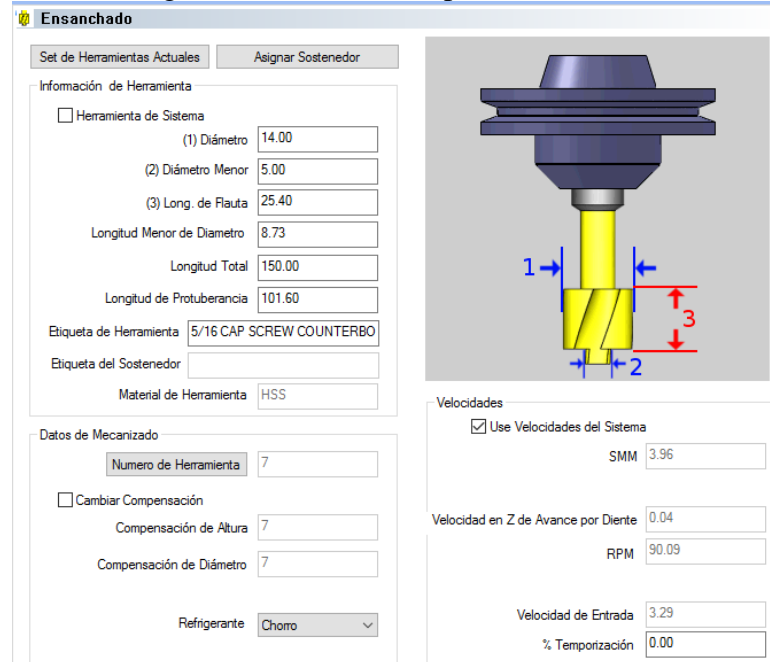
Peck

Peck Rápido

Fuente: Autores

**4.2.3.5 Operación de ensanchado.** Seguido de los valores de ingreso de la herramienta, en la cual se observa una herramienta diferente para las diferentes operaciones, las velocidades son asignadas automáticamente por el software.

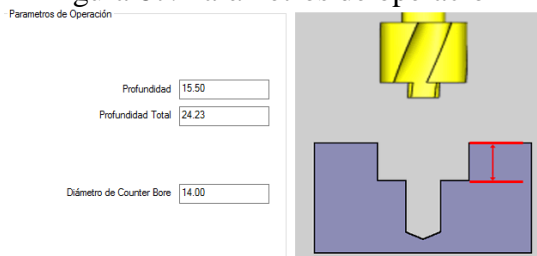
Figura 86. Herramienta para ensanchado



Fuente: Autores

Finalmente se ingresan los datos del diámetro del counter bore en este caso de 14mm y una profundidad de 24.23mm.

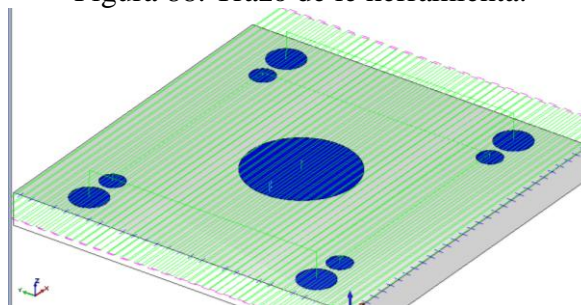
Figura 87. Parámetros de operación



Fuente: Autores

Finalmente clic en clacular para obtener el trazo de le herramienta.

Figura 88. Trazo de le herramienta.

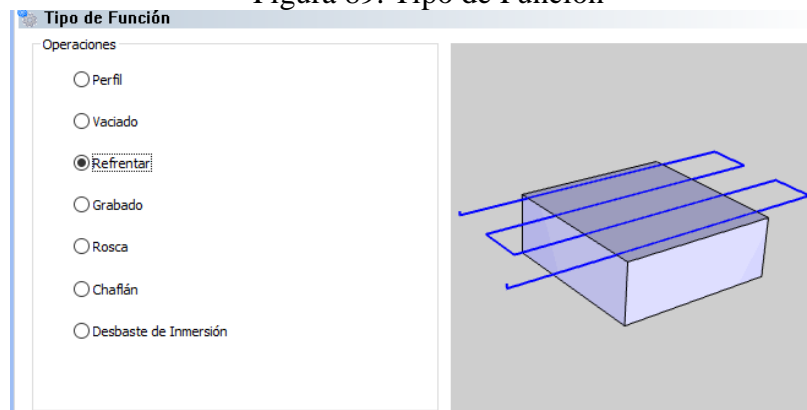


Fuente: Autores



**4.2.3** Operaciones de mecanizado de la placa de cavidad de figura parte posterior.  
Ya modificado la guía de material y parámetros de la máquina se inicia con un clic derecho sobre “Material de fresa” en mecanizado de dos ejes, se selecciona “Refrentar”.

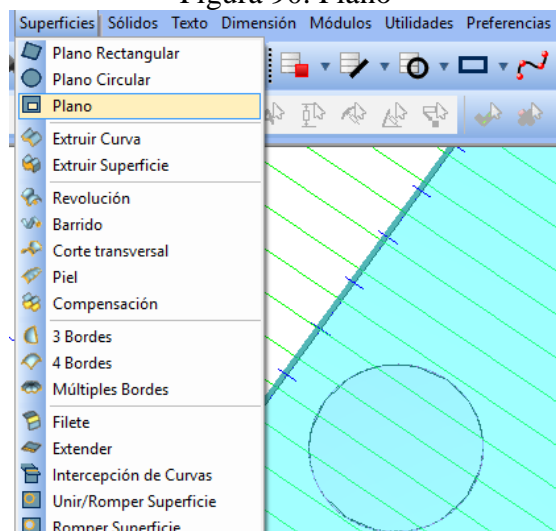
Figura 89. Tipo de Función



Fuente: Autores

Para la selección adecuada, los agujeros no deben ser identificadas en el momento de su selección, debido a que puede producir un error de mecanizado, para ello se selecciona las circunferencias de los agujeros presentes en la plano, una vez seleccionado se crea un plano en la pestaña de superficies y se obtiene un plano color azul como se observa en la imagen.

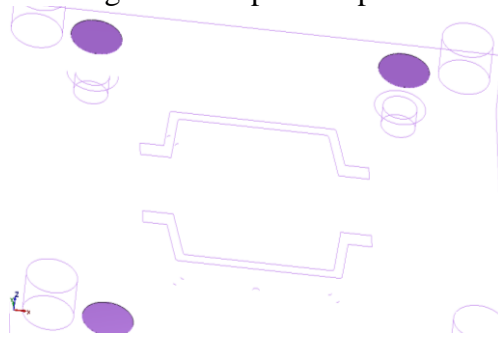
Figura 90. Plano



Fuente: Autores

Se repite el proceso para cada uno de los agujeros, con este fin se evita el error de mecanizado y se proyecta adecuadamente las líneas de mecanizado.

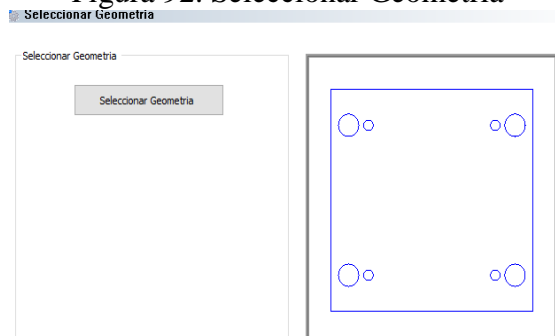
Figura 91. Superficie plana



Fuente: Autores

A continuación se procede a seleccionar la geometría

Figura 92. Seleccionar Geometría

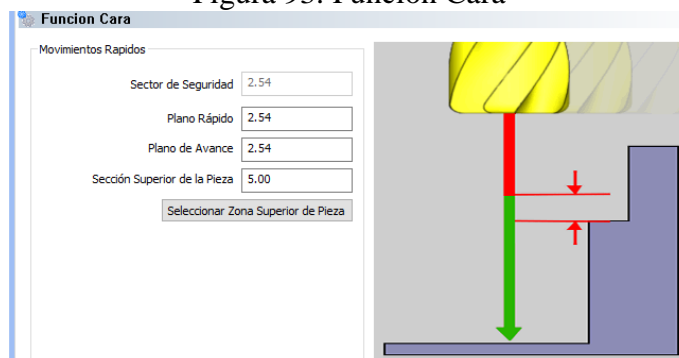


Fuente: Autores

Ya seleccionada la superficie se configura los movimientos rápidos de la máquina, dentro de estos parámetros se tiene, plano rápido, plano de avance, los cuales se pueden observar en la figura. La función de refrentar esta compuesta de dos operaciones de desbastado y acabado a continuación se tiene:

#### 4.2.4.1 Operación de desbastado.

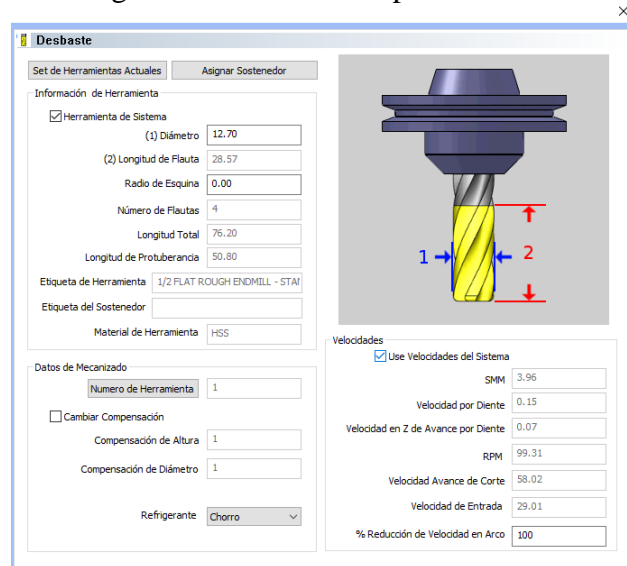
Figura 93. Función Cara



Fuente: Autores

En la ventana siguiente se observa los parámetros a modificar en cuanto a la selección de la herramienta como: diámetro, longitud de la flauta, radio de la esquina, longitud total, velocidades. En cuanto a las velocidades son configuradas por el software de acuerdo al material y la herramienta.

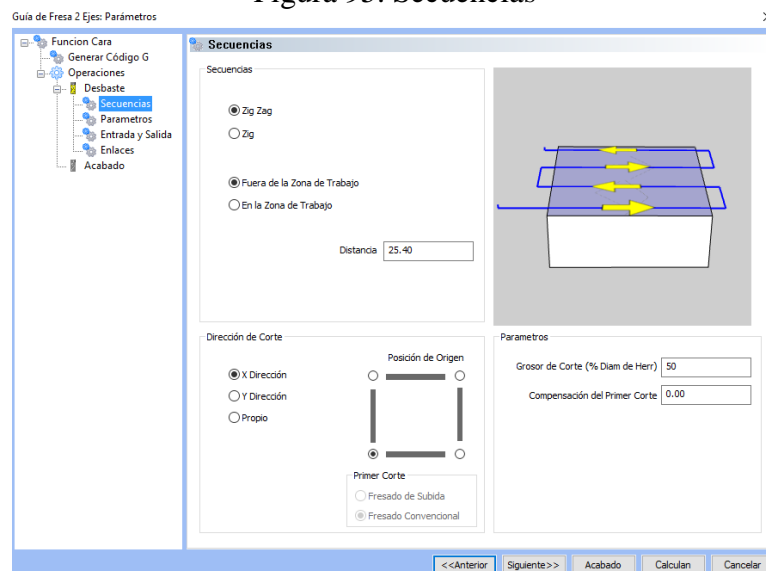
Figura 94. Herramienta para desbaste



Fuente: Autores

Una vez seleccionada la herramienta se determina la secuencia de la herramienta durante el mecanizado, se seleccionó una secuencia en Zig- Zag, el limite es fuera de la zona de trabajo a una distancia de 25mm.

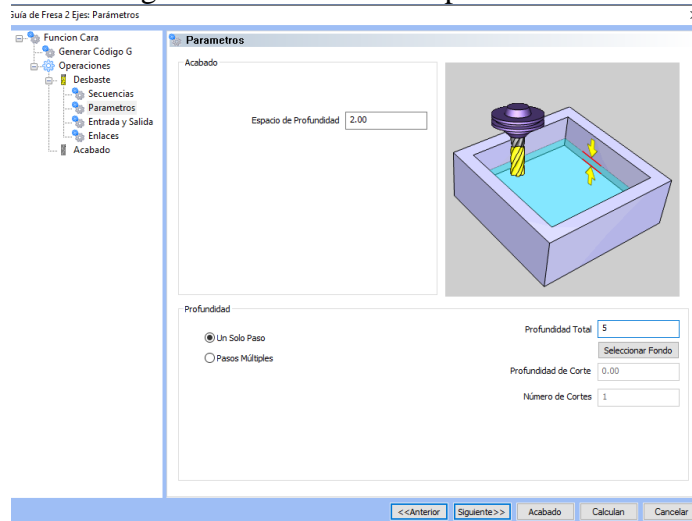
Figura 95. Secuencias



Fuente: Autores

Para los parámetros de profundidad se debe determinar el espacio a los cuales la herramienta va avanzar y la profundidad total de 5mm, se observa al lado izquierdo e inferior de la figura de la herramienta y pieza.

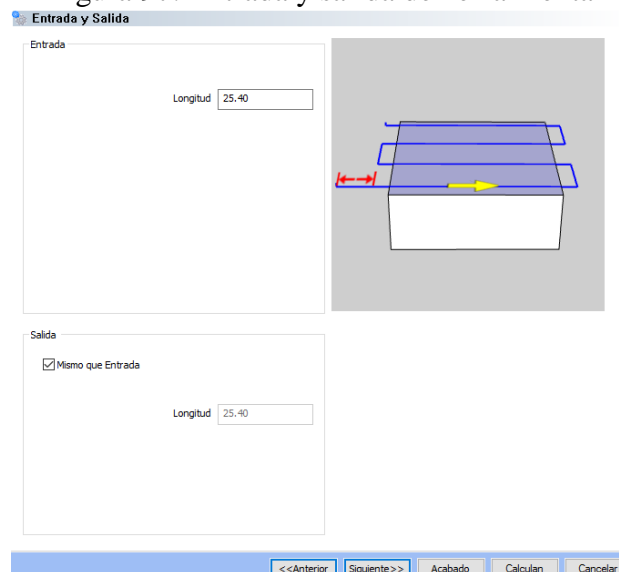
Figura 96. Parámetros de profundidad



Fuente: Autores

En la entrada y salida de la herramienta se determina la distancia desde la cual va a ingresar para nuestro mecanizado se tiene de 25mm.

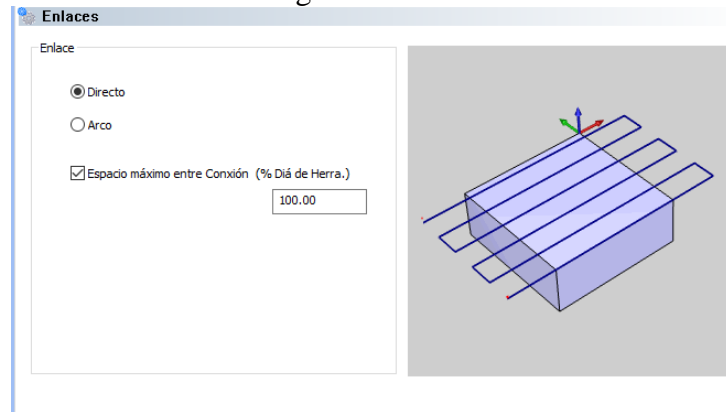
Figura 97. Entrada y salida de herramienta



Fuente: Autores

Los enlaces que se seleccionó es Directo el cual se representa en forma rectilinea en la grafica q se observa a continuación.

Figura 98. Enlaces

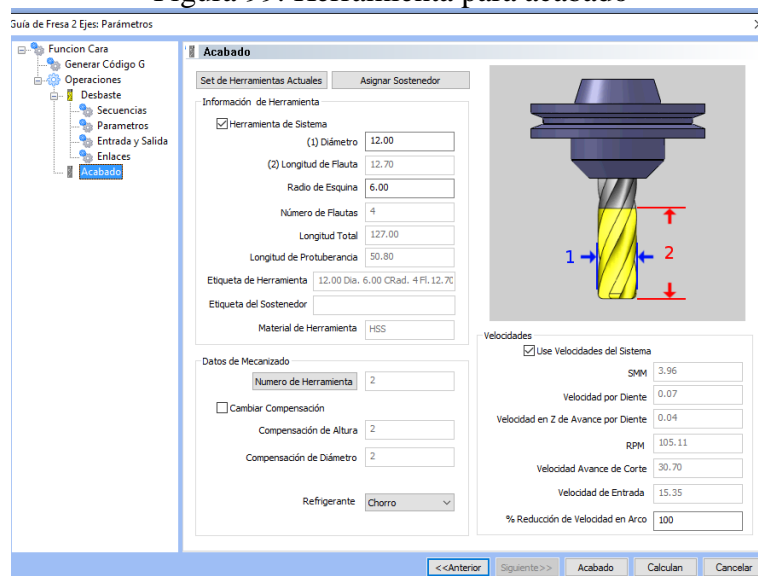


Fuente: Autores

**4.2.4.2 Operación de acabado.** Una vez configurado los parámetros de desbaste, el software automáticamente genera la operación de Acabado aquí se determina una segunda herramienta para el acabado, las herramientas seleccionadas estan determinadas por defecto las cuales pueden ser modificadas, en cuanto a longitud de la flauta, radio de esquina, diámetro, longitud total.

Como una de las ventajas del software, inicialmente se configura la guia de material asi como el material en el cual se va a mecanizar, estos parámetros son de influencia al momento de la selección de la herramienta, ya que una vez seleccionado la herramienta, automáticamente se generan las velocidades de avance, por diente, RPM, velocidad de entrada.

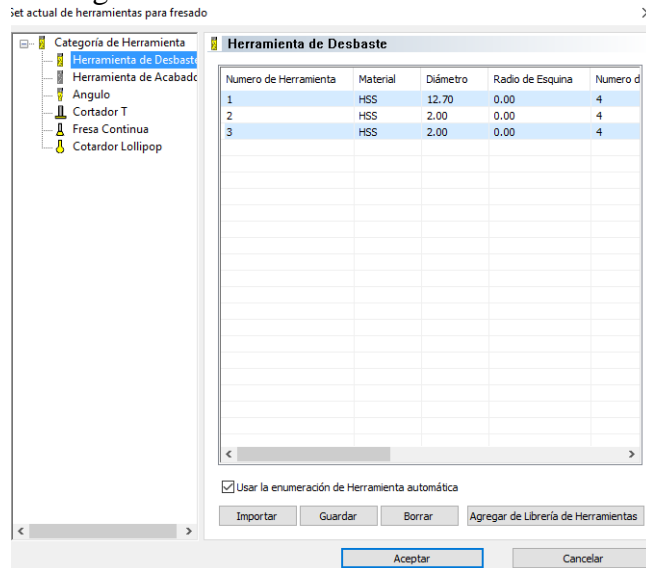
Figura 99. Herramienta para acabado



Fuente: Autores

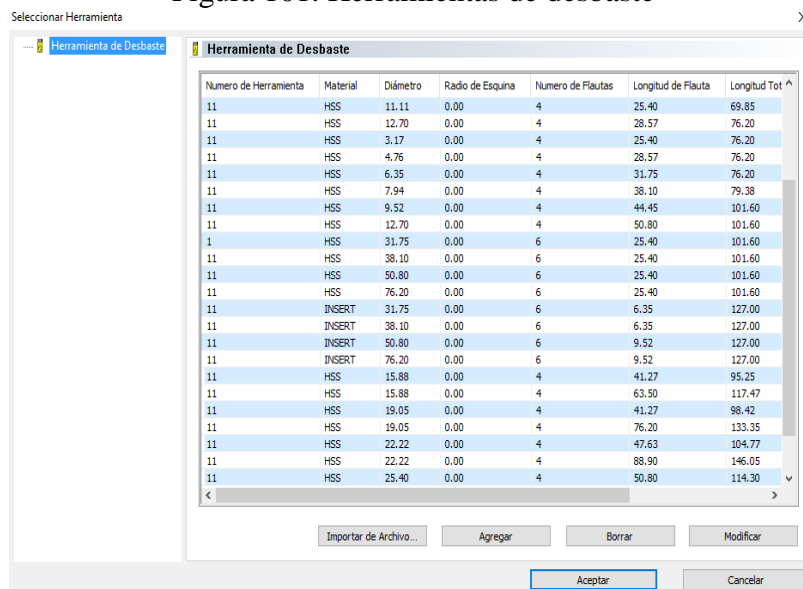
En ocasiones la herramienta no se encuentra dentro de esta librería o de acuerdo a nuestras necesidades se la puede ingresar con un clic en “Set de Herramientas Actuales” la cual genera una ventana que indica herramientas de acuerdo a nuestra operación, siendo estas herramientas de desbaste, acabado, angulo, cortador, fresa continua.

Figura 100. Set de Herramientas Actuales



Fuente: Autores

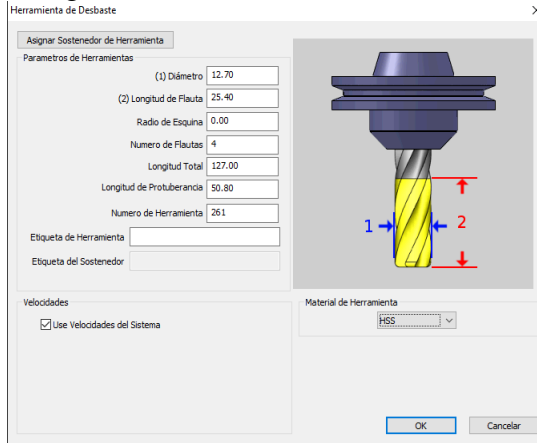
Figura 101. Herramientas de desbaste



Fuente: Autores

En el caso de no encontrar la herramienta adecuada, con un clic izquierdo en agregar, tenemos la ventana en la cual se agrega los parametros de herramienta, velocidad, material de la herramienta de igual manera.

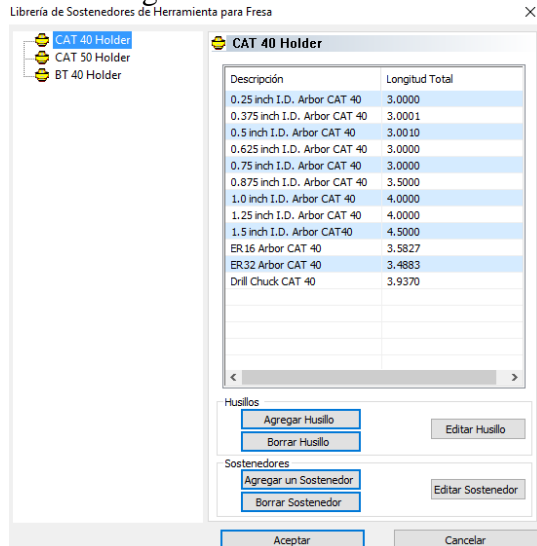
Figura 102. Herramienta de Desbaste



Fuente: Autores

Los sostenedores pueden ser modificados en este caso tenemos:

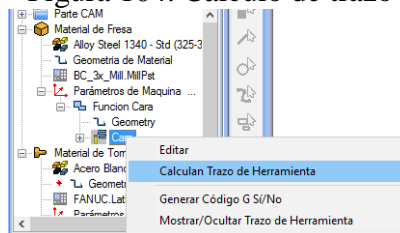
Figura 103. Sostenedores



Fuente: Autores

Una vez configurado las herramientas se genera el trazo de herramienta la cual se encuentra en la parte cam, a la cual se accede con un clic derecho como semuestra.

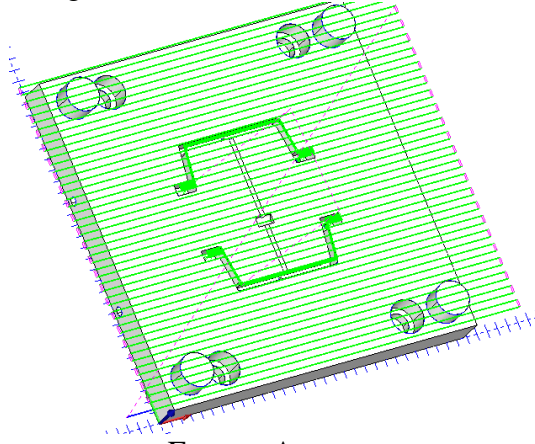
Figura 104. Cálculo de trazo



Fuente: Autores

Ya calculado el trazo de la herramienta se observa las diferentes líneas por los caules a recorrer la herramienta.

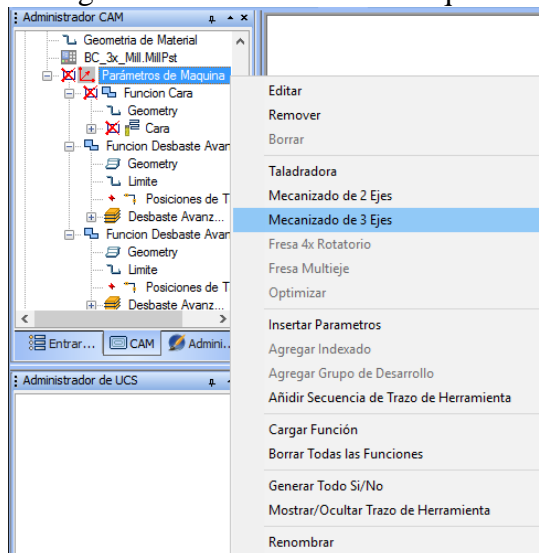
Figura 105. Trazo de la herramienta



Fuente: Autores

Para la elaboración de la placa cavidad del molde de inyección se inicia con clic derecho en Parámetros de máquina y se selecciona Mecanizado de 3 Ejes.

Figura 106. Parámetros de máquina

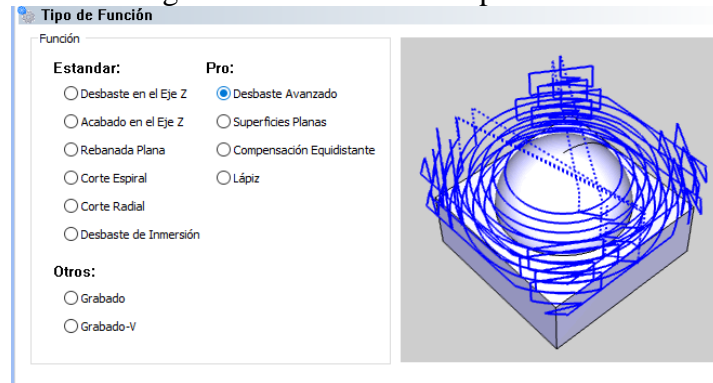


Fuente: Autores

Una vez seleccionado mecanizado de 3 ejes, se observa diferentes tipos de funciones en comparación con el mecanizado de 2 ejes seleccionado para el porta moldes, de las diferentes funciones se hace clic en “Desbaste avanzado” el cual permite desbaste progresivo, debido a que no se realiza al primer mecanizado, es necesario seleccionar mayor cantidad de desbaste hasta obtener el acabado deseado.



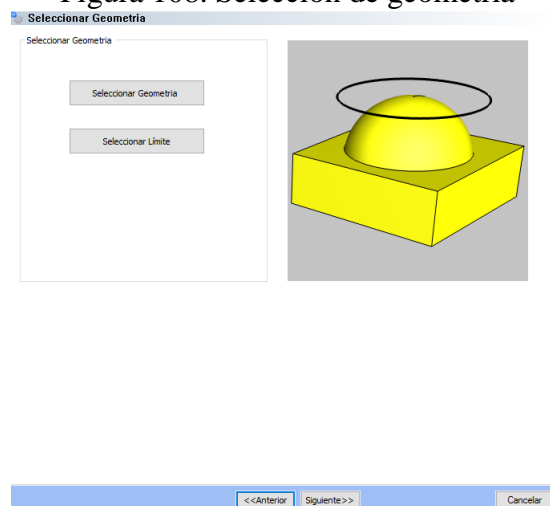
Figura 107. Selección de operaciones



Fuente: Autores

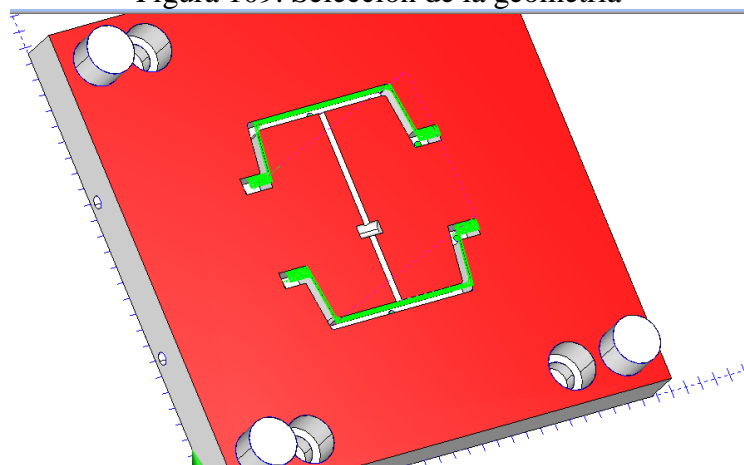
Ya seleccionado el tipo de función se selecciona la geometría de manera general como se muestra en la figura siguiente.

Figura 108. Selección de geometría



Fuente: Autores

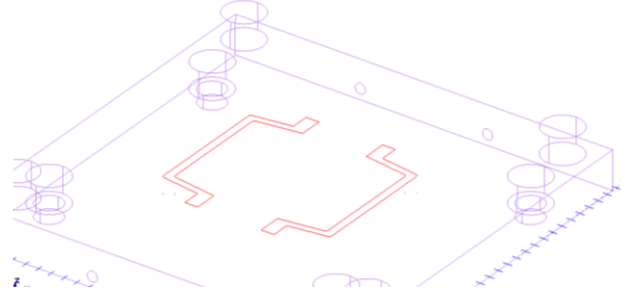
Figura 109. Selección de la geometría



Fuente: Autores

Para finalizar se identifica los limites dentro de los cuales la fresadora va a mecanizar, para ello es necesario obtener los bordes de las superficie, principalmente de la figura, ya que esta figura debe ser una figura cerrada al momento de ser seleccionada, a continuación se obtiene

Figura 110. Selección del limite a mecanizar

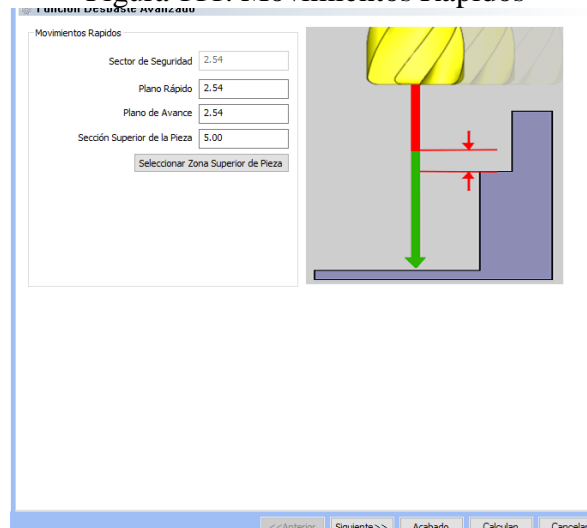


Fuente: Autores

La selección de la geometria y de los limites es la parte fundamental de este proceso debido a que la dificultad de determinar los limites de mecanizado esta vinculada al tipo de función, en estos casos es necesario la creación de figuras cerradas asi como la de planos en la figura, distribuidos adecuadamente en capas las cuales se activaran para ser mostradas y utilizadas según la necesidad.

En cuanto a movimientos esta dado por la sección superior de la pieza, en estos parámetros se insertan la altura de los movimientos rápidos ejecutados por la herramienta con respecto al material.

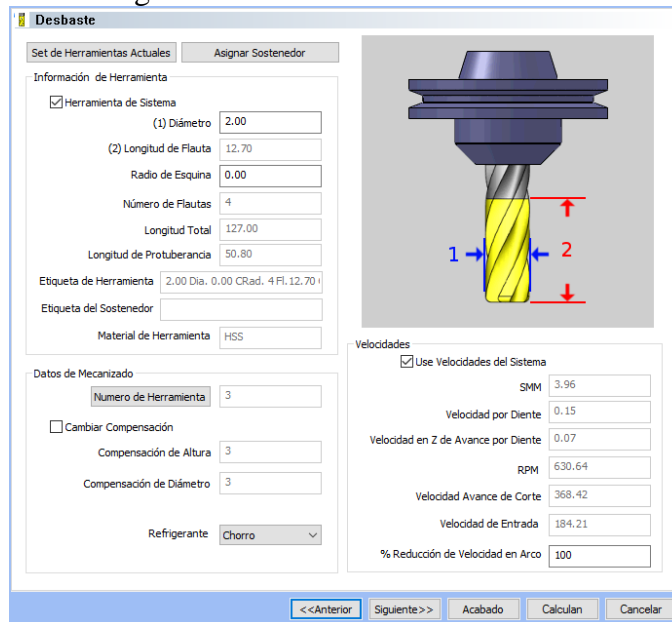
Figura 111. Movimientos Rápidos



Fuente: Autores

Otro de los puntos fundamentales es la selección de las herramientas adecuadas para este tipo de mecanizado es conocer las operaciones a realizar, como primer paso nuestra función de refrentado, esta determinada por un proceso de desbaste y acabado

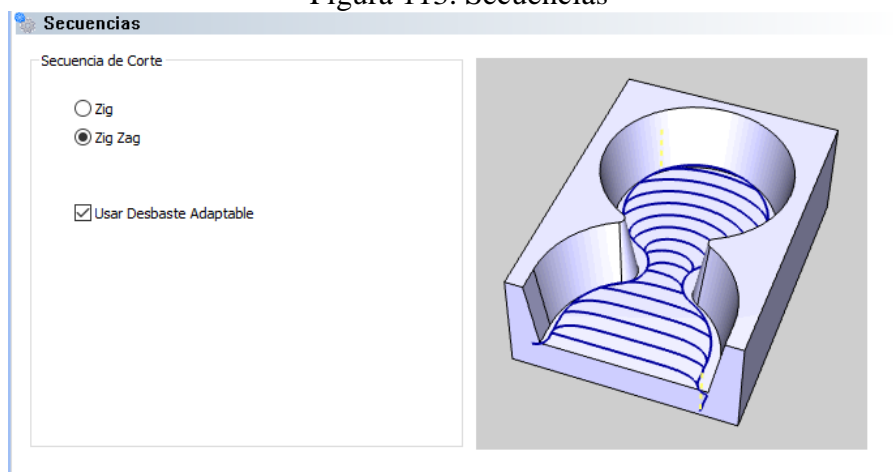
Figura 112. Selección de herramienta



Fuente: Autores

En la siguiente ventana se tiene la secuencia en este caso Zig-Zag con desbaste adaptable, la cual genera un trazo de acuerdo a nuestro diseño.

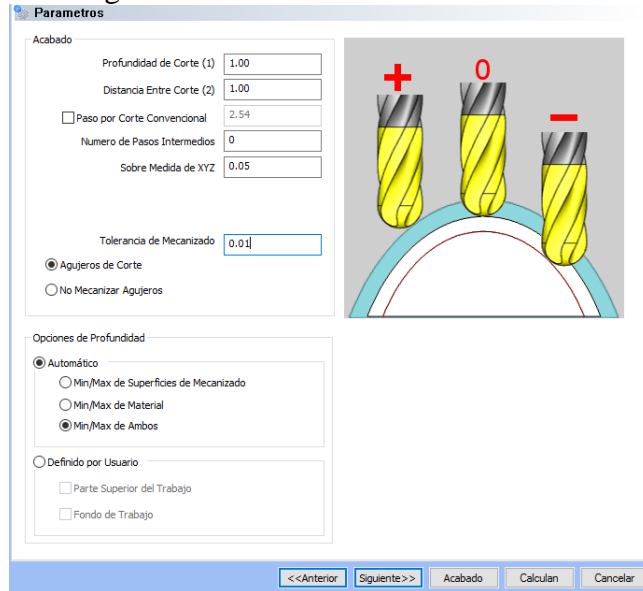
Figura 113. Secuencias



Fuente: Autores

En los parámetros se establece la profundidad de corte de 1mm, distancia entre cote de 1mm, la sobre medida xyz de 0,05mm, como se muestra en la siguiente figura.

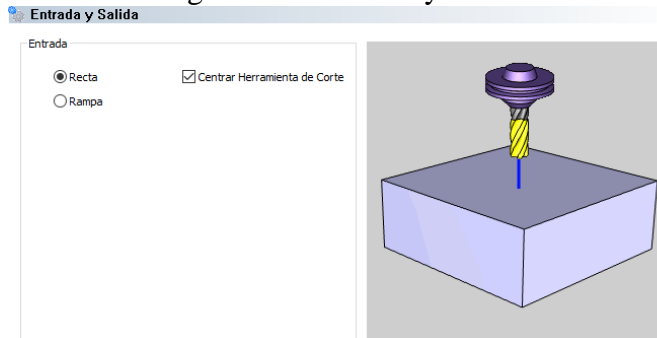
Figura 114. Parámetros de herramienta



Fuente: Autores

Por ultimo se establece los parametros de entrada y salida de la herramienta esto depende de la dureza del material con el fin de optimizar las herramientas disponibles.

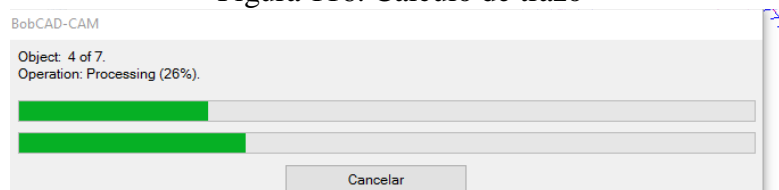
Figura 115. Entrada y salida



Fuente: Autores

Ya finalizado se procede con un clic izquierdo en calcular para mostrar el trazo de la herramienta, el tiempo de duración varia dependiendo del número de movimientos y operaciones de la herramienta.

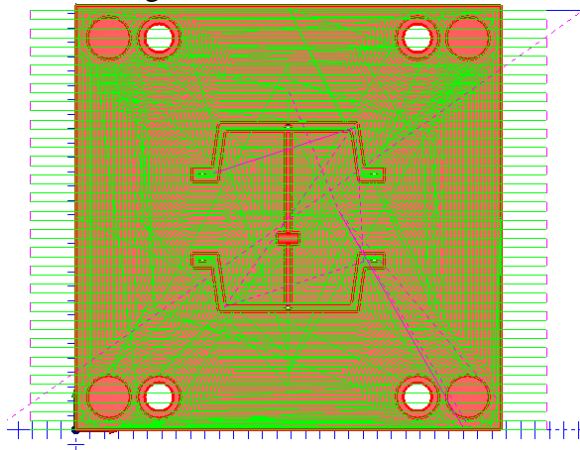
Figura 116. Calculo de trazo



Fuente: Autores

Una vez calculado el trazo se tiene:

Figura 117. Trazo calculado

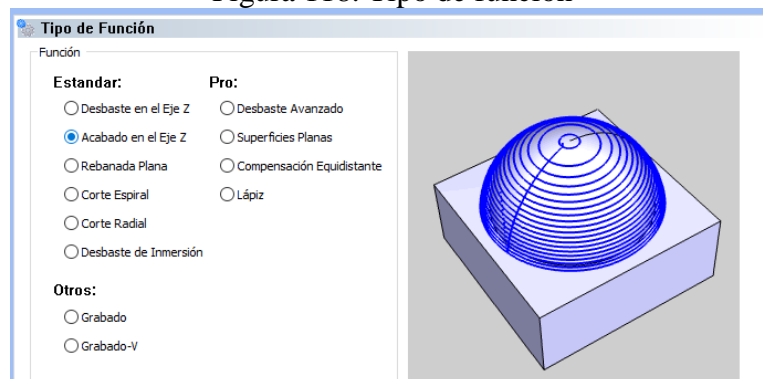


Fuente: Autores

La operación de desbaste avanzado inicial no da un terminado adecuado por lo que es necesario implementar otro desbastado avanzado desde la parte de Cam, a diferencia del avanzado anterior la configuración de la herramienta es de menor diámetro, se configura la nueva ventana de “Desbaste de material restante” en el cual es necesario ingresar las características, de diámetro de la herramienta anterior así como la sobremedida y las actividades de la herramienta como: Limpiar esquinas, limpiar enlaces, limpiar contorno final. Para finalizar clic en calcular

Se selecciona la operación de acabado en el eje Z para finalizar el mecanizado.

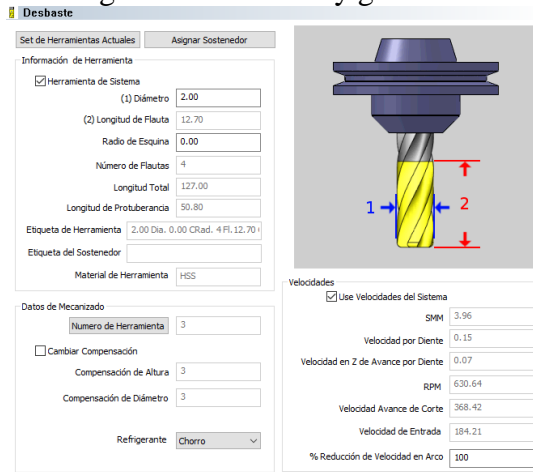
Figura 118. Tipo de función



Fuente: Autores

Con un clic en siguiente se tiene la nueva ventana en la cual se selecciona los límites y geometría, para ello es necesario configurar la nueva herramienta

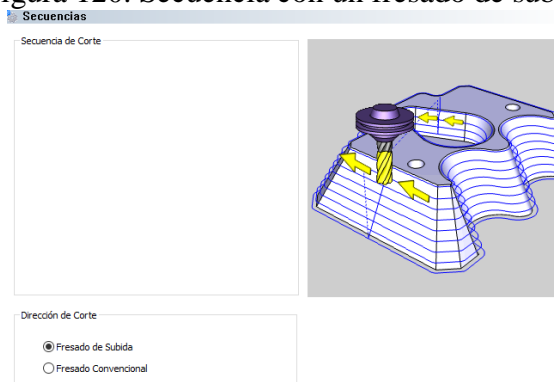
Figura 119. Límites y geometría



Fuente: Autores

La siguiente ventana pertenece a la secuencia con un fresado de subida

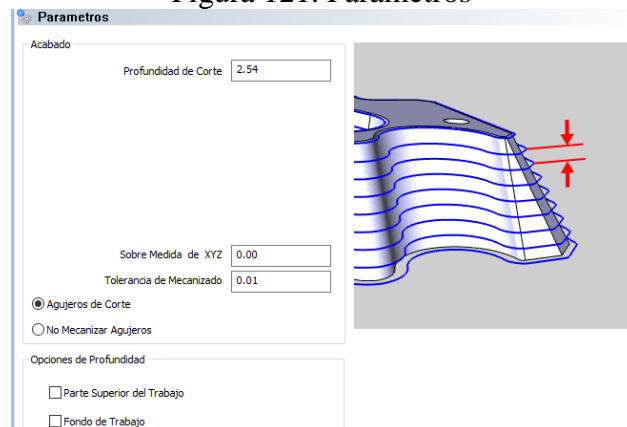
Figura 120. Secuencia con un fresado de subida



Fuente: Autores

En los parámetros la profundidad de corte es de 2 mm, no se va a mecanizar los agujeros

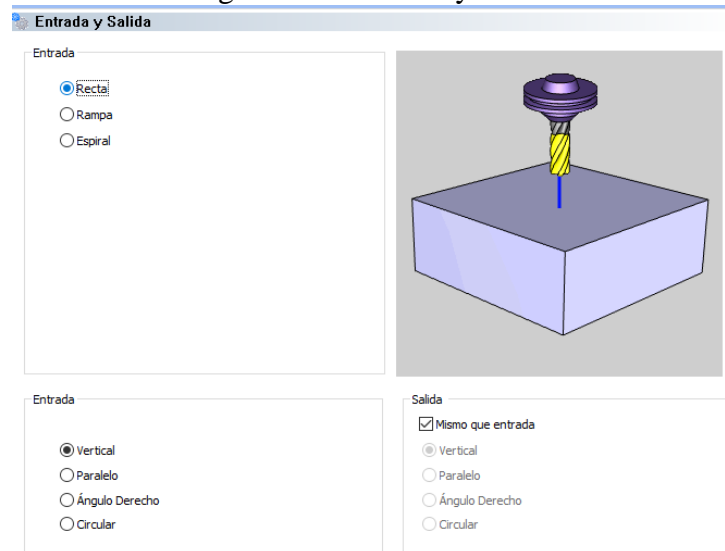
Figura 121. Parámetros



Fuente: Autores

De igual manera se selecciona la entrada y salida de la herramienta

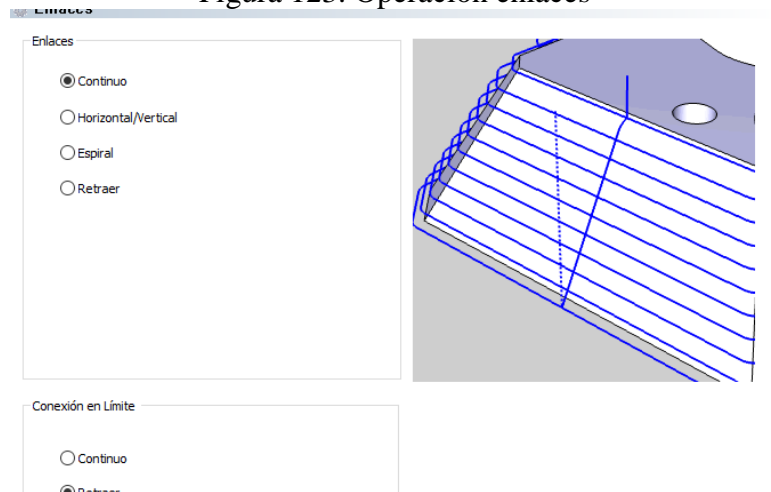
Figura 122. Entrada y salida



Fuente: Autores

la operación de enlaces se tiene continuo para obtener un mejor acabado

Figura 123. Operación enlaces

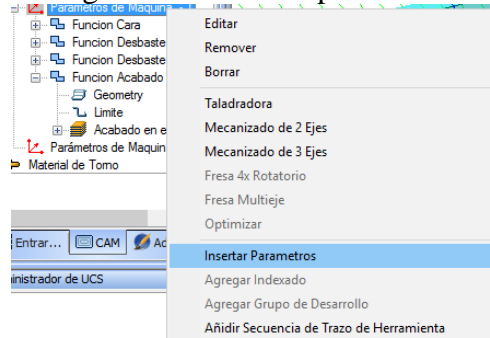


Fuente: Autores

La característica de los moldes de inyección es que no se trabaja únicamente en un solo plano se debe considerar el taladrado de los agujeros de las guías, así como los canales de refrigeración.

Para la adecuada mecanización es necesario determinar nuevos parámetros de máquina que se lo hace con un clic derecho y finalmente clic en Insertar parámetros.

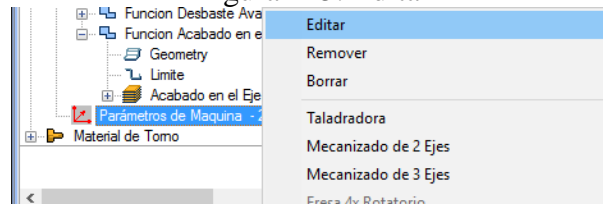
Figura 124. Insertar parámetros



Fuente: Autores

Una vez insertado con un clic derecho en los parámetros de máquina insertados se selecciona “Editar”

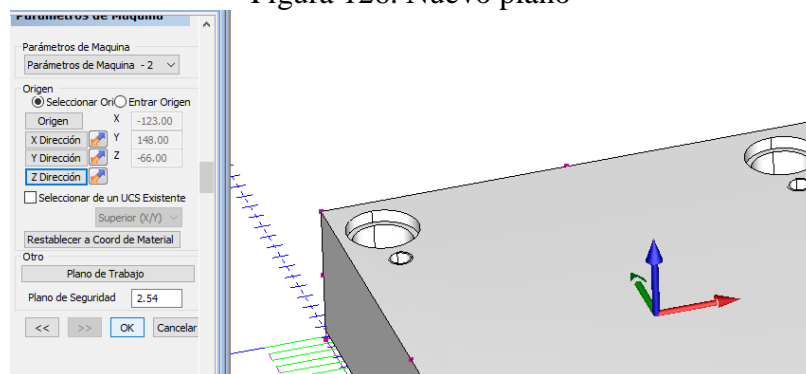
Figura 125. Editar



Fuente: Autores

En editar se debe seleccionar un nuevo eje para ello con clic izquierdo en origen y posteriormente se selecciona el nuevo plano del molde de inyección en el cual se va trabajar, se debe procurar que el eje Z de la máquina tenga una orientación hacia la parte superior.

Figura 126. Nuevo plano

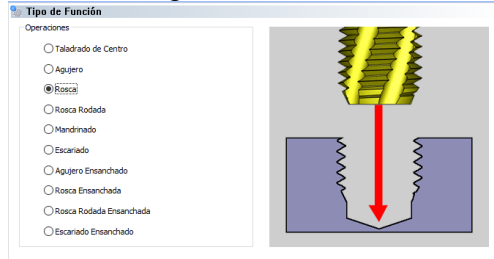


Fuente: Autores

Ya determinado el origen de nuestra máquina se selecciona con un clic derecho en parámetros de máquina la operación de taladradora y se selecciona la función de rosca.



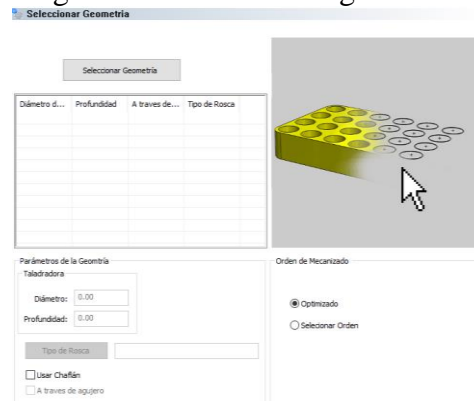
Figura 127. Rosca



Fuente: Autores

Ya seleccionada la función se selecciona cada uno de los agujeros en los q se vaya a mecanizar, automaticamente el software indica la profundidad y el diámetro.

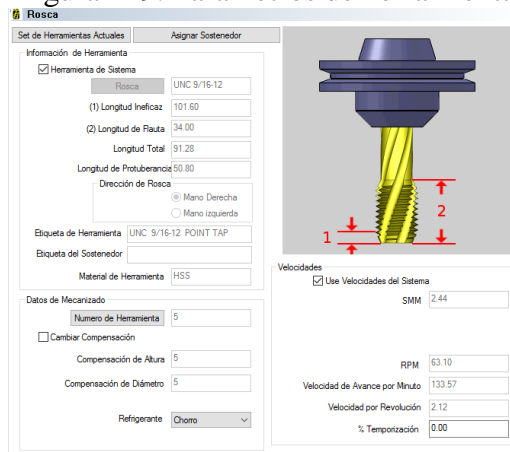
Figura 128. Seleccionar geometria



Fuente: Autores

Las funciones pueden ser facilmente seleccionadas o modificadas en este caso tenmos un taladro de centro seguido de la función de rosca. Seguido se igresan los parámetros de la herramienta de rosca como se muestra en la imgen.

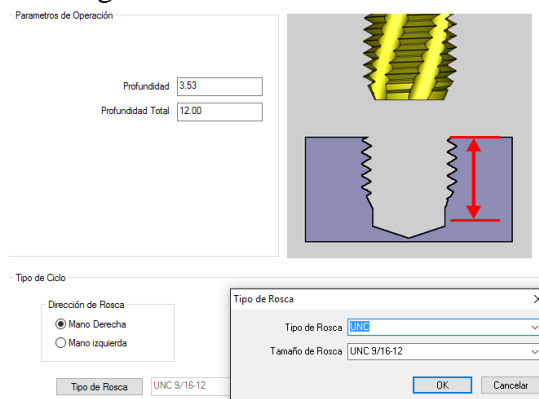
Figura 129. Parametros de herramienta



Fuente: Autores

Seguido de la profundidad, el sentido de la rosca, el tipo de rosca el cual cuenta con un librería diferentes de herramientas. Finalmente clic en calcular

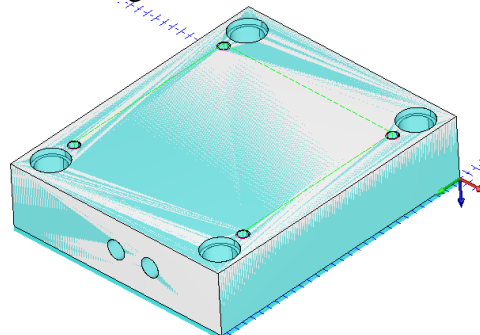
Figura 130. Parametros de rosca



Fuente: Autores

Se calcula el trazo de la herramienta y se tiene de color verde la ruta de la herramienta

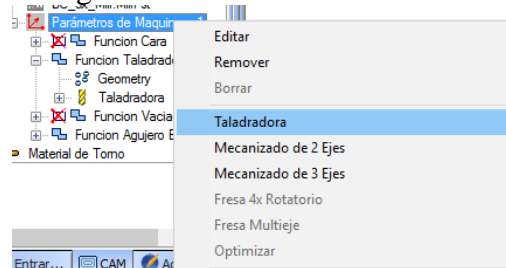
Figura 131. Trazado



Fuente: Autores

**4.2.4 Operaciones para la realización de Agujeros.** Los de mayor diametro se realiza con la operación de taladrado esta operación se la encuentra con un clic derecho en Parámetros de Máquina.

Figura 132. Selección taladradora

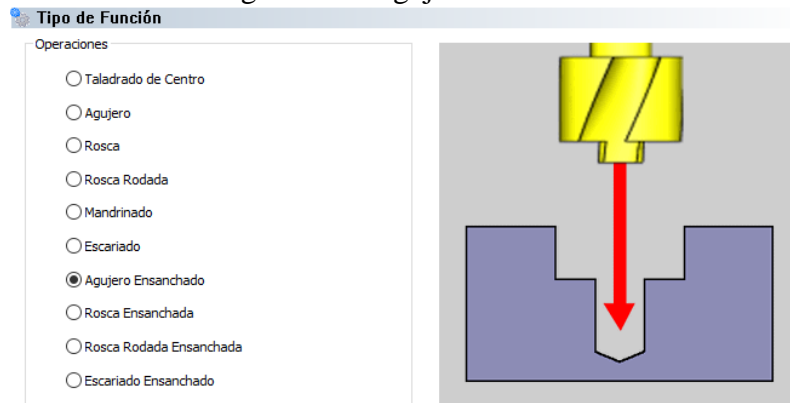


Fuente: Autores

**4.2.4.1 Operación de taladrado de centro.** La función de guía de agujeros cuenta con diferentes operaciones como: Taladrado de centro, Rosca, Rosca Rodada, Madrinado, Escariado, Agujero ensanchado, rosca ensanchada, y mas.

Se selecciona rosca ensanchada seguido de un clic en siguiente.

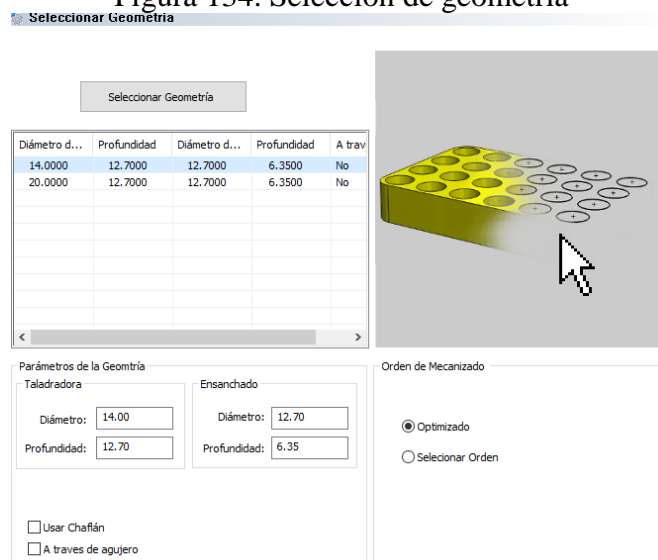
Figura 133. Agujero ensanchado



Fuente: Autores

A continuación se selecciona los agujeros de nuestro diseño en la cual se muestra las dimensiones y profundida de cada agujero.

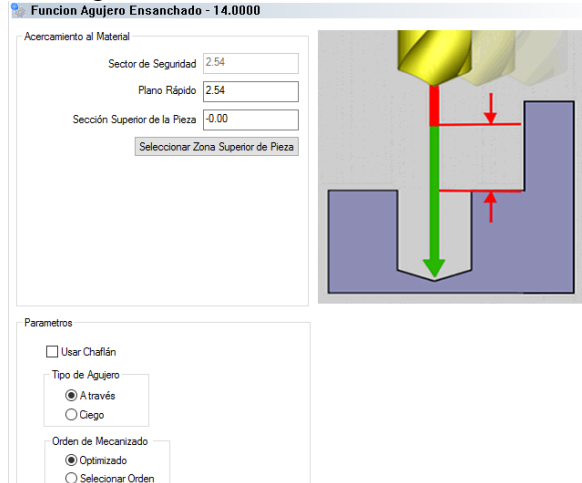
Figura 134. Selección de geometría



Fuente: Autores

Para cada operación es necesario configurar el sector de seguridad, plano rapido, en función de la arte superior de la pieza. El tipo de agujero a través.

Figura 135. Funcione de herramienta

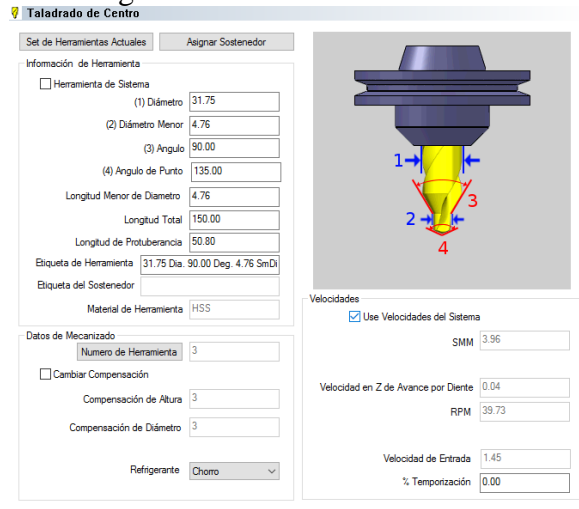


Fuente: Autores

Se debe configurar las herramientas de acuerdo a las operaciones para la función de ensanchado, para estas tenemos: taladrado de centro, taladradora y finalmente ensanchado.

**4.2.4.2 Operación de taladrado de centro.** La selección de la herramienta es de manera automática debido a las herramientas almacenadas en la librería, la herramienta seleccionada no presentaba las características ideales en comparación con la longitud, en esta se introdujo una longitud total de 150mm.

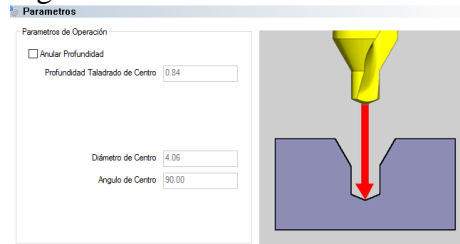
Figura 136. Taladrado de centro



Fuente: Autores

Los parámetros para esta función ya está designada automáticamente, en caso de ser modificados se debe anular la profundidad.

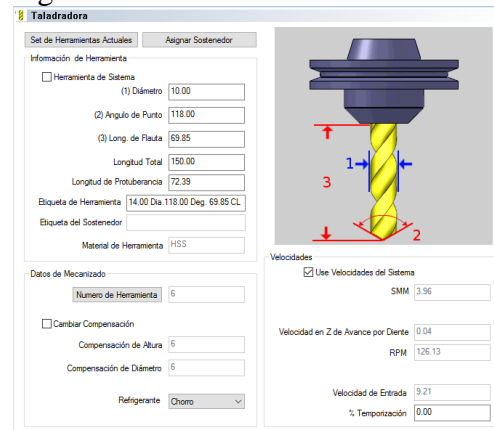
Figura 137. Parámetros de taladrado



Fuente: Autores

4.2.4.3 *Operación de taladradora.* Al igual que las demás herramientas se ajusta los valores,

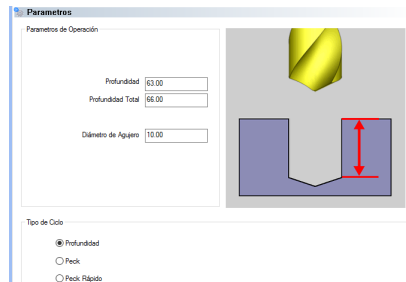
Figura 138. Parámetros de herramienta



Fuente: Autores

Se modifica los parámetros sean estos la profundidad, el diámetro del agujero y la entrada de la herramienta en este caso tipo Peck.

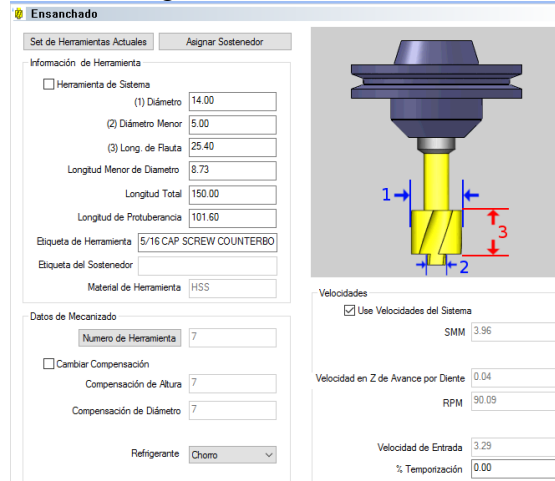
Figura 139. Profundidad de herramienta



Fuente: Autores

4.2.4.4 *Operación de ensanchado.* Seguido de los valores de ingreso de la herramienta, en la cual se observa una herramienta diferente para las diferentes operaciones, las velocidades son asignadas automáticamente por el software.

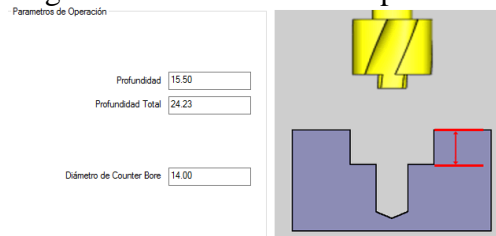
Figura 140. Ensanchado



Fuente: Autores

Finalmente se ingresan los datos del diametro del counter bore.

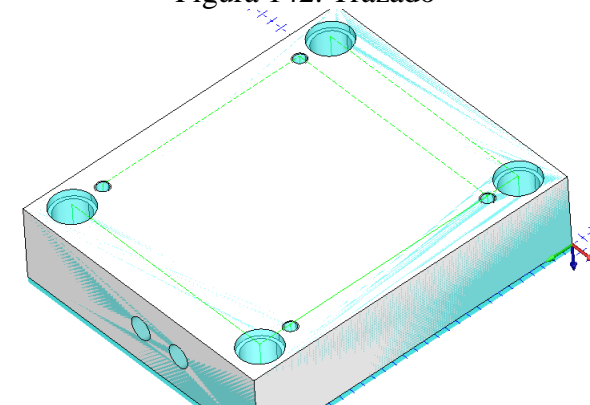
Figura 141. Parametros de operación



Fuente: Autores

Finalmente se tiene el trazo de herramienta

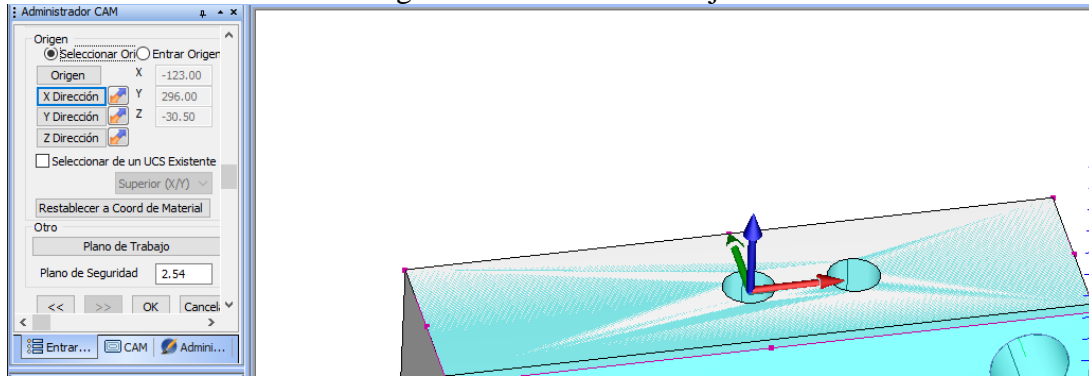
Figura 142. Trazado



Fuente: Autores

Para la elaboración de los canales de enfriamiento se debe crear otro parámetro de máquina y realizar las perforaciones de esta.

Figura 143. Selección de eje



Fuente: Autores

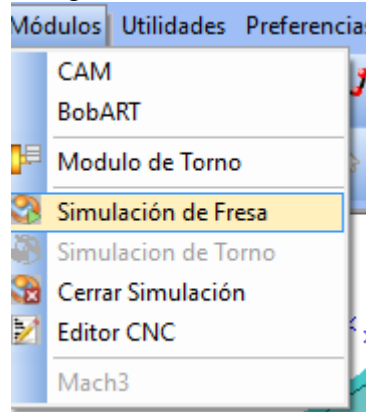
Se realiza la configuración de la herramienta así como de los parámetros de entrada y salida.

### 4.3 SIMULACIÓN

La simulación presente en el software permite encontrar errores ya sean estos choques de la herramienta, y más así como verificar el número de operaciones, previo a la simulación es necesario partir del diseño y asignación de operaciones previamente ya realizadas.

En la pestaña de módulos se encuentra el simulador de fresa en el cual se abre la ventana del simulador

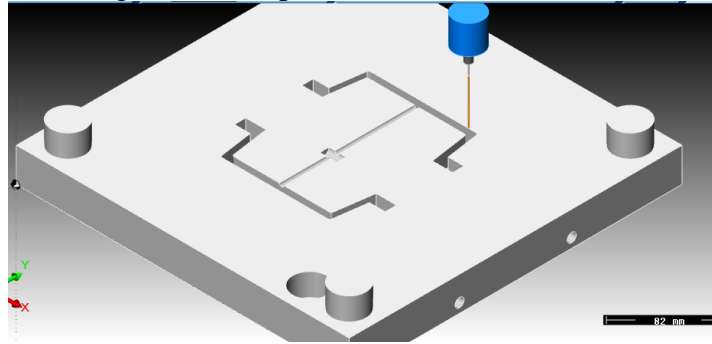
Figura 144. Simulación



Fuente: Autores

Al reproducir la simulación se tiene la herramienta mecanizando como se muestra en la imagen.

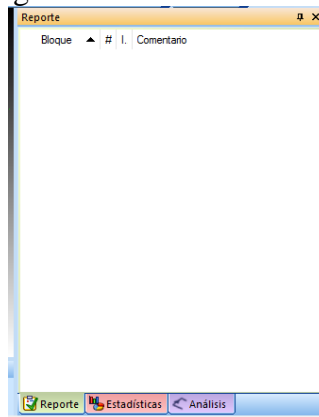
Figura 145. Reproduccion de la simulacion



Fuente: Autores

Durante la simulación se verifica en la pestaña de informe si existe algún error, sea este choque, rotura de la herramienta y más. Se observa en la pestaña que no existe ningún tipo de error, lo que es importante para la generación de códigos G

Figura 146. Pestaña de errores

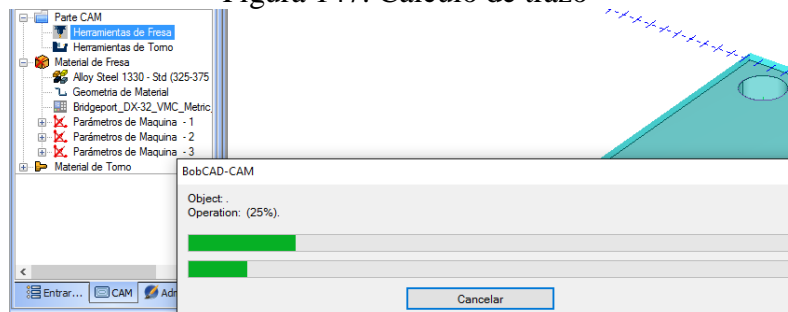


Fuente: Autores

#### 4.4 Generación de códigos G

Con un clic derecho en la parte CAM se calcula el trazo de todas las actividades.

Figura 147. Calculo de trazo



Fuente: Autores



Nuevamente con un clic derecho en herramientas de fresa se selecciona generar códigos G, previamente se debe desactivar los parámetros de máquina creadas, ya que se lo debe realizar de parámetro en parámetro.

Varios códigos para el molde de la cavidad son los siguientes, los codigos faltantes se encuentran en anexos.

G90G71G17G40G75G54	X-202.691
T1 M6	G1 Z-31. F1500.
G0 X-176.5 Y-8. S400 M3	X182.352 F100.
G0 z10.	G0 Z10.
G1 Z-24. F1500.	X-202.691 Y-160.5
X-168.5 F100.	G1 Z-26. F1500.
G3 X-160.5 Y0. I-168.5 J0.	X182.352 F100.
G1 Y148.	G0 Z10.
G2 X-148. Y160.5 I-148. J148.	X-202.691
G1 X148.	G1 Z-28. F1500.
G2 X160.5 Y148. I148. J148.	X182.352 F100.
G1 Y-148.	G0 Z10.
G2 X148. Y-160.5 I148. J-148.	X-202.691
G1 X-148.	G1 Z-30. F1500.
G2 X-160.5 Y-148. I-148. J-148.	X182.352 F100.
G1 Y0.	G0 Z10.
G3 X-168.5 Y8. I-168.5 J0.	X-202.691
G1 X-176.5	G1 Z-32. F1500.
G0 Z10.	X182.352 F100.
X-202.691 Y160.5	G0 Z10.
G1 Z-26.333 F1500.	M5
X182.352 F100.	T2 M6
G0 Z10.	G0 X125. Y-125. S500 M3
X-202.691	G0 Z25.
G1 Z-28.667 F1500.	G1 Z-32. F60.
X182.352 F100.	G4 P.5
G0 Z10.	G0 Z25.

## **CAPÍTULO V**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

Se determinó que la temperatura de inyección, presión, temperatura del molde, presión inicial, tiempos y presión de compactación son los parámetros de mayor incidencia para el diseño del mole de inyección, lo que en la actualidad esta regido por normativas como: DIN 16749-DIN 16750-DIN 16754-DIN 1530-3-DIN 9861 -1-DIN EN ISO 10642

Se seleccionó la poliamida 6 ya que al ser un termoplástico semicristalino y a su contenido de fibra de vidrio proporciona al producto final; buena resistencia mecánica, tenacidad, resistencia a la abrasión y resistencia a impactos. Lo que se traduce en un producto de calidad.

Se simuló el mecanizado a través del uso de herramientas informáticas como BOBCAD, la cual registro cada uno de los movimientos de la máquina CNC, con el fin de determinar posibles errores, en el proceso de mecanizado final.

#### **5.2 Recomendaciones**

Establecer el tamaño adecuado del molde de inyección, acorde al espacio disponible en la máquina inyectora.

Establecer los tiempos de fabricación de las asas de sujeción para determinar un adecuado sistema de enfriamiento.

Determinar los puntos de conflicto en las asas de sujeción con el fin de determinar adecuadamente la ubicación de los expulsores.

Diseñar el sistema de refrigeración previo a la ubicación de los expulsores.

## BIBLIOGRAFÍA

**BOLUFER, Pasqual.** "*Interempresas*". *Metalmeccanica* [En línea], 2012(Mexico),pp. 55-61 [Consulta: 18 de diciembre de 2015.] Disponible en :[http://www.interempresas.net/Metal Mecanica/Articulos/102921-Mecanizado-por-electroerosion.html](http://www.interempresas.net/Metal_Mecanica/Articulos/102921-Mecanizado-por-electroerosion.html).

**BRUZOS, Tomas.** *Sabelotodo.org*. [En línea], 2009,2010, [Consulta: 12 de Octubre de 2015.] Disponible en:<http://www.sabelotodo.org/informacion/colaboradores.html>.

**CEDEÑO, Solangel Mariana García.** Sartenejas. *Diseño de un molde de inyección y elaboración de diagramas de moldeo para la empresa unión plasticos*. México (2012): 23-29,

**MENGES, Mohren.** *Moldes para inyección de plásticos*. México (1983)pp. 43-47.

**GARAVITO, Julio.** *Plásticos protocolo*. Facultad de ingeniería laboral. Colombia, 2007.pp.65-69

**GASTROW, Hans.** *Moldes de Inyección para Plásticos*. Plasic Comunicación, Mexico, 1998.pp 34-41

**GUAYCO, Santiago Alfredo Zambrano.** *Diseño y simulación de un molde*. Quito : pp 12-19.

**SALVADOR CABO, Javier.** *Conceptos-basicos*. [En línea] 2016.Mexico.[Consulta: 05 de diciembre de 2015.]Disponible en:<http://www.gestion-sanitaria.com/3-riesgos-laborales-conceptos-basicos.html>).

**SEVILLANO, Juan de Juanes.** *Sistema de alimentación en moldes de inyección* . Madrid (2008).pp 13-18

**SOURCING, Industrial.** *Gestion de compras*. [En línea] 2011, Colombia.pp [Consulta: 15 de 12 de 2015.] Disponible en: <http://www.gestiondecompras.com/es/blog/moldes-de-inyeccion-de-plastico-para-pvc>.