



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**CONSTRUCCIÓN DE UNA PRÓTESIS RODILLA MONOCÉNTRICA POR
MEDIO DE MECANIZADO CNC**

AUTOR: DIEGO ANDRÉS PINEDA FLORES

**DIRECTOR:
ING. DIEGO LUIS ORTIZ MORALES**

**Ibarra – Ecuador
2017**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100314388-8		
APELLIDOS Y NOMBRES:	DIEGO ANDRÉS PINEDA FLORES		
DIRECCIÓN:	IBARRA, AVENIDA EL RETORNO Y QUILAGO 5-69 CASA Nº 5		
EMAIL:	fpda1208@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	098-095-1769

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	CONSTRUCCIÓN DE UNA PRÓTESIS RODILLA MONOCÉNTRICA POR MEDIO DE MECANIZADO CNC
AUTOR:	DIEGO ANDRÉS PINEDA FLORES
FECHA: AAAAMMDD	2017-04-07
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MECATRÓNICA
ASESOR /DIRECTOR:	ING. DIEGO ORTIZ

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Diego Andrés Pineda Flores, con cédula de identidad Nro. 100314388-8, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 07 días del mes de abril de 2017

EL AUTOR:

(Firma)...

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Diego Andrés Pineda Flores', is written over a rectangular stamp with a grid pattern.

Nombre: Diego Andrés Pineda Flores



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Diego Andrés Pineda Flores, con cédula de identidad Nro. 100314388-8, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **CONSTRUCCIÓN DE UNA PRÓTESIS RODILLA MONOCÉNTRICA POR MEDIO DE MECANIZADO CNC**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, 07 de abril de 2017.

EL AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Diego Andrés Pineda Flores', is written over a small rectangular piece of paper or a stamp.

Diego Andrés Pineda Flores
100314388-8



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICADO DEL ASESOR

El señor Diego Andrés Pineda Flores ha trabajado en su totalidad en el desarrollo del proyecto de **“CONSTRUCCIÓN DE UNA PRÓTESIS RODILLA MONOCÉNTRICA POR MEDIO DE MECANIZADO CNC”**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica, trabajo que lo realizó con interés profesional y responsabilidad, es todo por cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Diego Ortiz", is written over a horizontal line.

Ing. Diego Ortiz
DIRECTOR DEL PROYECTO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, **DIEGO ANDRÉS PINEDA FLORES**, cédula de identidad Nro. **100314388-8**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte – Ibarra, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink, reading 'Diego Andrés Pineda Flores', is placed over a rectangular stamp area.

Diego Andrés Pineda Flores
100314388-8

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres que cimentaron mi camino durante toda mi vida con su ejemplo, apoyo y guía; Elmides y Emma los amo.

A mi esposa por su apoyo incondicional de todos los días; María José.

A mis suegros que han sido un ejemplo de vida a seguir, Rafael y Martha

A mis tutores de trabajo de grado Ing. Diego Ortiz, Ing. Fernando Valencia, Ing. Víctor Erazo, Ing. Cosme Mejía e Ing. Washington Mosquera quienes me supieron ayudar, guiar y corregir con su experiencia y conocimiento.

A todos mis maestros quienes con su sabiduría y experiencia abrieron mis ojos al conocimiento y me guiaron por los caminos de las ciencias.

Parte de esta obra les pertenece.

Diego.

DEDICATORIA

A mi madre quien ha sido la persona que me ha guiado por un buen camino, con su amor, personalidad, sacrificio y abnegación han hecho posible que culmine con éxito una de las etapas más importantes de mi vida a pesar de las circunstancias de la vida nunca se rindieron, siguieron adelante y estuvieron siempre a mi lado.

A mi esposa que ha sido la persona más importante en mi vida, me ha acompañado en todos los momentos más difíciles de mi vida y hemos salido adelante.

El presente trabajo está dedicado a todas las personas que en mi creyeron desde el día uno hasta el final, siendo ese impulso para seguir adelante con fortaleza, entusiasmo y actitud; la esencia de lo que soy es gracias a ustedes.

Les dedico todo mi esfuerzo con infinita pasión.

Diego

CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN.....	I
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO.....	III
CERTIFICADO DEL ASESOR.....	IV
DECLARACIÓN.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
DEDICATORIA.....	VII
CONTENIDO.....	VIII
CAPÍTULO I.....	1
GENERALIDADES Y ESTADO DEL ARTE.....	1
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	1
1.2 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.3 ALCANCE.....	3
1.4 LIMITACIONES.....	4
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPÍTULO II.....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. PRÓTESIS.....	7
2.1.1. CLASIFICACIÓN DE PROTESIS SEGÚN EL LUGAR DE AMPUTACIÓN.....	8
2.2. PROCESOS DE MANUFACTURA POR ARRANQUE DE VIRUTA Y PROCESO DE MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN DIMENSIONAL.....	10
2.2.1. Tecnología.....	10
2.1.2. Economía.....	11
2.3 PROCESO DE FRESADO.....	11
2.3.1 Tipo de fresado.....	12
2.3.1.1 Fresado periférico o cilíndrico.....	12
2.3.1.2 Fresado en las caras o frontal.....	12
2.3.2 Forma de rotación al entrar en corte con el material.....	13
2.4. TIPOS DE OPERACIONES.....	14
2.5. MATERIALES A MECANIZAR.....	16
2.6. SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS DE CORTE.....	17
2.6.1. Herramienta de corte para fresado.....	18
2.6.2. Formación de viruta.....	20
2.6.3. Clasificación de las herramientas según el tipo.....	22

Fresas cilíndricas o fresas planas	22
2.7. VIDA ÚTIL DE LA HERRAMIENTA	24
2.7.1 Efectos por profundidad de corte	24
2.7.2 Efecto por velocidad de corte.....	24
2.7.3. Efectos por velocidad de avance	25
2.7.4 Parámetros de conservación del filo de una herramienta	25
2.8. MATERIALES PARA LAS HERRAMIENTAS DE CORTE	25
2.8.1. Características del material de las herramientas:	25
2.8.2 Tipos de materiales y aleaciones de las herramientas.....	27
2.8.2.1 Acero al carbono y de baja aleación	27
2.8.2.2 Aceros de alta velocidad	27
2.8.2.3 Aleación de cobalto.....	27
2.8.2.4 Carburos cementados	27
2.9 PARÁMETROS DE CORTE	28
2.9.1 Velocidad de corte	28
2.9.2. Velocidad de avance	29
2.9.3. Avance por diente	29
2.9.4. Profundidad de corte	30
2.9.5. Tiempo de mecanizado	31
2.10. ACCESORIOS DE FIJACIÓN.....	32
2.11. SOFTWARE CAD – CAM.....	33
2.12. CÓDIGO G	34
2.13. OPERACIÓN MÁQUINA CNC	38
2.13.1. Colocación del cero pieza en la máquina CNC.....	39
2.14. TOLERANCIAS	39
2.14.1. Geométricas	39
2.14.2. Dimensionales.....	39
2.14.2.1. Grado de tolerancia	40
CAPÍTULO III.....	45
3.1 CNC ROMI D800	47
3.1.1 Características de la ROMI D800	48
3.1.2 Accesorios para el centro de mecanizado ROMI D800	48
3.2 CONTROLADOR SIEMENS SINUMERIK 828D	49
3.3 PARTE MÓVIL.....	51
3.3.1. Diseño CAD	52
3.3.2. Análisis CAM	52

3.3.3. Selección de herramientas.....	53
3.3.4. Cálculos de parámetros de mecanización para la parte móvil	53
3.3.5. Simulación CAM	57
3.3.6. Hoja de proceso del mecanizado de la parte móvil.....	62
3.4 ACOUPLE DE PIRÁMIDE	62
3.4.1. Diseño CAD.....	63
3.4.2. Análisis CAM	63
3.4.3. Selección de herramientas.....	63
3.4.4. Cálculos de los parámetros de mecanización para el acople de pirámide.....	64
3.4.5. Simulación CAM	66
3.4.6. Hoja de proceso del mecanizado del acople de pirámide.....	69
3.5 ESTRUCTURA BASE	69
3.5.1 Diseño CAD.....	70
3.5.2 Análisis CAM	70
3.5.3 Selección herramientas.	70
3.5.4. Cálculos de los parámetros de mecanización para la estructura base	71
3.5.5. Simulación CAM	74
3.5.6. Hoja de proceso del mecanizado de la estructura base	77
CAPÍTULO IV.....	79
ANÁLISIS DE RESULTADOS	79
4.1. Análisis de resultados de la prótesis de rodilla en aluminio fundido	79
4.1.1. Rectitud.....	79
4.1.2. Planicidad.....	82
4.1.3. Redondez.....	85
4.1.4. Cilindricidad	89
4.1.6. Perpendicularidad	91
4.1.7. Simetría.....	94
4.2. ANÁLISIS DE COSTOS DE LAS PRÓTESIS DE RODILLA MONOCÉNTRICA.....	97
4.2.1. Aluminio fundido.....	97
4.2.2. Grillon.....	98
4.2.3. Aluminio Al7075	99
CAPÍTULO V	101
5.1. Conclusiones	101
5.1. Conclusiones	101
5.2. Recomendaciones	101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103

ANEXOS	105
Anexo A	106
Tolerancias normalizadas ISO para valores nominales	106
Tablas de tolerancias ISO para valores numéricos de las desviaciones fundamentales para los agujeros.	107
Tablas de tolerancias ISO para valores numéricos de las desviaciones fundamentales para ejes	111
Anexo B	113
Hoja de procesos del mecanizado de la parte móvil en material aluminio fundido	113
Hoja de procesos del mecanizado de la parte móvil en material de Grillon	115
Hoja de procesos del mecanizado de la parte móvil en aluminio 70-75	117
Hoja de procesos del mecanizado del acople de pirámide en aluminio fundido.....	119
Hoja de procesos del mecanizado del acople de pirámide en material de Grillon	120
Hoja de procesos del mecanizado del acople de pirámide en aluminio 70-75.....	121
Hoja de procesos del mecanizado de la estructura base en material de aluminio fundido.....	122
Hoja de procesos del mecanizado de la estructura base en material de Grillon.....	125
Hoja de procesos del mecanizado de la estructura base en material de aluminio 70-75.....	128
Anexo C	130
Tolerancias geométricas de la parte móvil en aluminio fundido	130
Tolerancias geométricas de la parte móvil en grillon	132
Tolerancias geométricas de la parte móvil en aluminio 70-75	134
Tolerancias geométricas del acople de pirámide en aluminio fundido	136
Tolerancias geométricas del acople de pirámide en Grillon.	138
Tolerancias geométricas del acople de pirámide en aluminio 70-75	140
Tolerancias geométricas de la estructura base en aluminio fundido.	142
Tolerancias geométricas de la estructura base en Grillon.	144
Tolerancias geométricas de la estructura base en aluminio 70-75.....	146
Anexo D	148
SISTEMA DE COSTO DE LA PRÓTESIS DE RODILLA MONOCÉNTRICA EN ALUMINIO 70-75	148

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Paciente utilizando prótesis de rodilla monocéntrica.</i>	9
<i>Figura 2. Clasificación de Manufactura</i>	10
<i>Figura 3. Proceso de manufactura mediante tecnología.</i>	10
<i>Figura 4. Proceso de manufactura mediante economía</i>	11
<i>Figura 5. Material fresado</i>	12
<i>Figura 6. Herramienta paralelo al material</i>	12
<i>Figura 7. Fresado frontal</i>	13
<i>Figura 8. Herramienta de corte con material</i>	14
<i>Figura 9. Diagrama de Venn, clasificación de materiales.</i>	17
<i>Figura 10. Tipos de herramientas</i>	17
<i>Figura 11. Nomenclatura de una fresa frontal</i>	18
<i>Figura 12. Nomenclatura de la fresa</i>	18
<i>Figura 13. Tipos de fresados</i>	19
<i>Figura 14. Superficie de ataque</i>	20
<i>Figura 15. Vida útil de la herramienta causada por los efectos de profundidad</i>	24
<i>Figura 16. Vida útil de la herramienta causada por la velocidad de corte</i>	24
<i>Figura 17. Vida útil de la herramienta causada por la velocidad de avance</i>	25
<i>Figura 18. Diagrama de resistencia al desgaste</i>	26
<i>Figura 19. Avance por diente.</i>	30
<i>Figura 20. Profundidad de corte de diferentes tipos de fresas.</i>	31
<i>Figura 21. Bridas de sujeción</i>	32
<i>Figura 22. Prensa mecánica de precisión.</i>	33
<i>Figura 23. Software CAM.</i>	33
<i>Figura 24. Tolerancias dimensionales.</i>	40
<i>Figura 25. Posición de desviación para agujeros</i>	41
<i>Figura 26. Diferencia de medidas máxima y mínima</i>	41
<i>Figura 27. Posición de desviación para agujeros</i>	43
<i>Figura 28. Diferencia de medidas máxima y mínima.</i>	43
<i>Figura 29. Mecanizado de la prótesis de rodilla.</i>	46
<i>Figura 30. Máquina CNC ROMI D800.</i>	47
<i>Figura 31. Diagrama de potencia.</i>	48
<i>Figura 32. Cono BT – 40 ER32</i>	48
<i>Figura 33. Panel de control SINUMERIK 828D</i>	50
<i>Figura 34. Diseño de la parte móvil (a) Vista superior, (b) Vista inferior.</i>	52
<i>Figura 35. Verificación de ceros pieza de la parte móvil.</i>	53
<i>Figura 36. Simulación de la materia en prima</i>	57
<i>Figura 37. Pieza a mecanizar</i>	58
<i>Figura 38. Operaciones CAM.</i>	58
<i>Figura 39. Acople de pirámide</i>	62
<i>Figura 40. Vista isométrica del acople pirámide</i>	63
<i>Figura 41. Ceros piezas del acople de pirámide</i>	63
<i>Figura 42. Vista isométrica de la estructura base.</i>	70
<i>Figura 43. Rectitud de la parte móvil.</i>	79
<i>Figura 44. Diferencia de mediadas en la rectitud de la parte móvil</i>	80
<i>Figura 45. Rectitud del acople de pirámide.</i>	80
<i>Figura 46. Diferencia de mediadas en la rectitud del acople de pirámide.</i>	81
<i>Figura 47. Rectitud de la estructura base.</i>	81
<i>Figura 48. Error en la rectitud de la estructura base.</i>	82

<i>Figura 49. Planicidad de la parte móvil.</i>	83
<i>Figura 50. Error de la planicidad de la parte móvil.</i>	83
<i>Figura 51. Planicidad del acople de pirámide.</i>	84
<i>Figura 52. Error de la planicidad del acople de pirámide.</i>	84
<i>Figura 53. Planicidad de la estructura base.</i>	85
<i>Figura 54. Error de la planicidad de la estructura base.</i>	85
<i>Figura 55. Redondez de la parte móvil.</i>	86
<i>Figura 56. Diferencia de medida de la redondez de la parte móvil.</i>	86
<i>Figura 57. Redondez del acople de pirámide.</i>	87
<i>Figura 58. Diferencia de medida de la redondez del acople de pirámide.</i>	87
<i>Figura 59. Redondez de la estructura base.</i>	88
<i>Figura 60. Diferencia de medida de la redondez de la estructura base.</i>	88
<i>Figura 61. Cilindricidad de la parte móvil.</i>	89
<i>Figura 62. Diferencia de medidas de la cilindricidad de la parte móvil.</i>	89
<i>Figura 63. Cilindricidad de la estructura base.</i>	90
<i>Figura 64. Diferencia de medidas de la cilindricidad de la estructura base.</i>	90
<i>Figura 65. Perpendicularidad de la parte móvil.</i>	91
<i>Figura 66. Error de perpendicularidad de la parte móvil.</i>	91
<i>Figura 67. Perpendicularidad del acople de pirámide.</i>	92
<i>Figura 68. Error de perpendicularidad del acople de pirámide.</i>	92
<i>Figura 69. Perpendicularidad de la estructura base.</i>	93
<i>Figura 70. Error de perpendicularidad de la estructura base.</i>	93
<i>Figura 71. Simetría para la parte móvil.</i>	94
<i>Figura 72. Diferencia de medidas de la parte móvil.</i>	94
<i>Figura 73. Simetría para el acople de pirámide.</i>	95
<i>Figura 74. Error en la simetría del acople de pirámide.</i>	95
<i>Figura 75. Simetría para la estructura base.</i>	96
<i>Figura 76. Diferencia de medidas de la parte móvil.</i>	96

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i>	7
<i>Tabla 2</i>	14
<i>Tabla 3</i>	16
<i>Tabla 4</i>	20
<i>Tabla 5</i>	21
<i>Tabla 6</i>	22
<i>Tabla 7</i>	28
<i>Tabla 8</i>	29
<i>Tabla 9</i>	34
<i>Tabla 10</i>	37
<i>Tabla 11</i>	38
<i>Tabla 12</i>	49
<i>Tabla 13</i>	53
<i>Tabla 14</i>	54
<i>Tabla 15</i>	55
<i>Tabla 16</i>	55
<i>Tabla 17</i>	56
<i>Tabla 18</i>	63
<i>Tabla 19</i>	64
<i>Tabla 20</i>	65
<i>Tabla 21</i>	65
<i>Tabla 22</i>	71
<i>Tabla 23</i>	71
<i>Tabla 24</i>	72
<i>Tabla 25</i>	73
<i>Tabla 26</i>	73
<i>Tabla 27</i>	98
<i>Tabla 28</i>	99
<i>Tabla 29</i>	100

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1. Velocidad de corte</i>	28
<i>Ecuación 2. Velocidad de avance</i>	29
<i>Ecuación 3. Profundidad de corte</i>	31
<i>Ecuación 4</i>	42
<i>Ecuación 5</i>	42
<i>Ecuación 6</i>	42
<i>Ecuación 7</i>	42
<i>Ecuación 8</i>	42

CAPÍTULO I

GENERALIDADES Y ESTADO DEL ARTE

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Los diferentes procesos de manufactura permiten la construcción de partes mecánicas de diferentes formas, muchos de los casos la construcción de dispositivos mecánicos no tiene la fabricación correcta, se puede analizar y proponer un proceso de manufactura partiendo de la investigación para obtener los parámetros necesarios para mejorar el producto final.

La construcción de prótesis por mecanización CNC requiere un análisis de los parámetros que influyen en la fabricación, como son: mejorar la puesta en marcha de la máquina CNC, el tiempo de mecanizado, el uso de herramientas de corte y de sujeción. Son factores que se necesitan para dar a conocer un costo real de la prótesis de rodilla.

En el Ecuador hasta el año 2014 existían 397233 personas con algún tipo de discapacidad de los cuales en la provincia de Imbabura hay 4620 casos según el CONADIS. “La Fundación de Prótesis de Imbabura” para la vida cuenta con un estimado de 201 pacientes protetizados para una amputación del tipo transfemoral, que provienen de distintas partes del Ecuador. (Valencia, Lima, Ojeda, & Ortiz, 2015).

En la actualidad la fabricación de prótesis no se ha desarrollado en el país por tres situaciones fundamentales; la materia prima por su costo elevado, el tipo de maquinaria y la utilización de estos equipos muchas veces no cubre los gastos, en nuestro país no hay industrias dedicadas al 100% a la fabricación de prótesis, siendo la Universidad Técnica del Norte una de las primeras universidades dedicada a la elaboración de prótesis mediante este proceso de manufactura.

En el Ecuador, al igual que en otros países de Latinoamérica que han incrementado su crecimiento económico en países como Brasil, Chile y México, se sabe que actualmente el sector industrial está ligado al desempeño del sector automotor, también influye el rumbo que tomen los tratados de libre comercio el desarrollo y construcción de una máquina (CNC) como aporte determinante en la competitividad industrial de las industrias en cada país (Mejía & Patiño, 2013).

En la empresa RedTech NikteslaCORP Cia. Ltda Ecuador, ofreció montar una fábrica con maquinaria CNC para la fabricación de autos eléctricos, construcción de motores y componentes relacionados con la movilidad sostenible, en los predios de la Empresa Pública Yachay, comentó que la inversión será de 3 000 millones de dólares que provendría de financiamiento extranjero (Comercio, 2016) esto sirve para que muchos de los ingenieros mecánicos de la Universidad Técnica del Norte desarrollen y apliquen sus conocimientos en dicha empresa.

En la revista de tecnología del MIT (Technology Review) en el 2003, resaltó a esta área de la ingeniería (Mecatrónica) como unas de las diez tecnologías emergentes que cambiarían al mundo. Colombia actualmente forja su industria metalmecánica en torno al sector automotor.

Mientras países como México cuentan en sus industrias con más de 10.000 robots, en el Ecuador no se invierte ni 100 robots para el desarrollo de la industria y competir con mercados más competitivos, ya no es un problema de mano de obra barata, se necesita invertir en tecnología y capacitación, que sepan sacar provecho de los equipos y máquinas (Mejia & Patiño, 2013).

En efecto, como consecuencia del entorno competitivo de la industria, las empresas cada vez más deben reformular sus procesos para mejorar la calidad y disminuir los ciclos de producción; en especial, en la cadena metalmecánica, el desarrollo de máquinas se convierte en una actividad esencial para adaptarse a las diferentes exigencias del sector y mejorar la competitividad de las empresas.

La ventaja de utilizar equipos CNC radica en la posibilidad que se tiene al personalizar los requerimientos de cada proceso, además permite mejorar los diseños con base en la disponibilidad presupuestaria.

Las máquinas de control numérico actualmente son las protagonistas a nivel mundial. Las políticas de los países industrializados se enfocan en la innovación y adquisición de máquinas con tecnología de punta, pues de ello depende en gran parte su poderío industrial (Mejia & Patiño, 2013).

Países como Estados Unidos, Alemania y Japón buscan constantemente la fusión entre la academia y la industria para mantenerse como potencias. No es difícil suponer que esta nueva adquisición de maquinaria de control numérico (CNC) por parte de los empresarios se inclina a las grandes y medianas industrias. (Mejia & Patiño, 2013).

1.2 OBJETIVO GENERAL

"Construcción de una prótesis rodilla monocéntrica por medio de mecanizado CNC."

1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el código G
- Validar código G mediante simulación software CAM.
- Construir la prótesis en el laboratorio de mecanizado CNC.
- Desarrollar un proceso de fabricación de la prótesis de rodilla, y mejorar los parámetros principales en el proceso de construcción.

1.3 ALCANCE

Con la construcción de la prótesis de rodilla por mecanización CNC; es muy importante el análisis y estudio de la planificación para el desarrollo del código G este tipo de lenguaje numérico permite generar trayectorias en el espacio, dando forma al material. Es muy importante verificar las trayectorias programadas, mediante el simulador CAM.

Se utiliza el proceso por arranque de viruta, para obtener un prototipo del mecanismo de la articulación de rodilla para prótesis, considerando que se dispone del laboratorio y se busca tanto la verificación del código G en el equipo CNC, como la generación de trayectorias para el mecanizado generado por el simulador y se verifica las tolerancias dimensionales y geométricas.

Haciendo uso de herramientas computacionales CAD – CAM se construye tres tipos de prótesis la primera en aluminio fundido, se toma en cuenta este material por su costo al no ser elevado y fácil de trabajar, y sirve para comprobar que las fases de trabajo y formas de sujeción del material sean los correctos, en esta construcción no se toma en cuenta el proceso de análisis de tolerancias sólo la geometría de la prótesis, posteriormente se construye una prótesis en material Grillon, es un material de comercialización nacional además su costo es 3 veces menor que el aluminio 70-75, al ser un polímero su estructura es muy firme y no tiene poros, por sus propiedades es un material fácil de maquinar, el cual sirve para construir la prótesis bajo análisis y comprobación dimensional, se verifica que las dos prótesis proporcionen los datos necesarios, para proceder a mecanizar la prótesis en aluminio 70-75; para dar continuidad a la investigación desarrollada en la tesis de XAVIER LIMA, se recomienda realizar la fabricación

en aluminio PRODAX por su propiedades mecánicas y recomendaciones por expertos en el tema de fabricación de prótesis.

La construcción de la prótesis depende en gran medida de la disponibilidad y el acceso a los materiales como herramientas de sujeción y corte para la máquina CNC, además los accesorios necesarios para un mecanizado de calidad, también con el tiempo prudencial para alcanzar la planificación propuesta y desarrollo del escrito final del proyecto.

1.4 LIMITACIONES

- En la Universidad Técnica del Norte se ha implementado un nuevo laboratorio de mecanizados con máquinas CNC y el cual se dispone del equipo ROMI D800 con poco herramental, considerando que también se debe hacer una gran inversión en herramientas y accesorios para obtener buenos resultados. Por estas razones nuestro trabajo se limita el número de herramientas y elementos de sujeción.
- La experiencia es un factor muy determinante al momento de la fabricación de piezas por arranque de viruta, como tesista es un reto y satisfacción trabajar con este equipo y probar cada operación de la máquina y verificar el pos procesador, considerando que al ser nuevo es posible que contenga errores, y conlleva muchas horas de planificación y pruebas del equipo.
- La máquina CNC posee 3 ejes, para elaborar piezas limitadas, en la mecanización de prótesis de rodilla se analiza el diseño y se verifica que es necesario que una máquina CNC tenga por los menos 4 eje sobre todo si es para fabricar piezas complejas.

1.5 JUSTIFICACIÓN

La producción de prótesis biomecánicas ha sido una de las principales metas que se ha planteado la carrera de Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte. El desarrollo de dispositivos médicos proporciona soluciones al sector de la salud específicamente a personas que sufren algún tipo de discapacidad. La fabricación de dispositivos médicos que cumplan funciones similares a una persona normal.

Actualmente en el Ecuador, la construcción de prótesis se ha desarrollado de manera semi artesanal, lo que se requiere como país es desarrollar procesos de fabricación, utilización de equipos y maquinaria disponible tanto en universidades como en la industrial, para ir

ampliando el conocimiento y la investigación para ayudar al desarrollo de dispositivos médicos para el bien social.

Haciendo uso del laboratorios de mecanizado CNC (Control Numérico Computarizado) y dada la necesidad de fabricar prótesis biorrobóticas para personas con algún tipo de discapacidad; se pretende construir prótesis de la mejor calidad y con materiales de comercialización nacional, que no sean muy costosas y que sean asequibles para personas discapacitadas de escasos recursos económicos, encaminado a mejorar la calidad de vida según el plan del buen vivir objetivo 2 y la inclusión de las personas con discapacidad a la sociedad. (Secretaria Nacional, s.f.).

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describe el marco teórico del proceso de fabricación de la prótesis de rodilla monocéntrica, donde se ha revisado el estado del arte, tomado lo más relevante en teoría de diferentes fuentes bibliográficas, sitios web, artículos científicos, para cumplir los objetivos planteados.

2.1. PRÓTESIS



Definición:

Es una extensión artificial que reemplaza una extensión del cuerpo, para que se determine como prótesis debe funcionar o reemplazar la parte afectada realizando la misma función o algún movimiento similar.

En la marcha humana es importante definir parámetros como peso, fuerza, equilibrio, determinación del material, ya que existen varias categorías y depende del nivel de actividad física y por lo tanto el tipo de prótesis a usar. Por esta razón se toma la clasificación en el sistema. Este sistema clasifica las prótesis y los accesorios por su peso, grado de movilidad; por peso de elementos funcionales como pies protésicos, rodillas y articulaciones de cadera, el sistema Walky simplifica el montaje de partes funcionales en relación con elementos estructurales. (Streifeneder, 2012).

A continuación, se detalla los niveles de actividad del sistema Walky según Streifeneder:

Tabla 1.
Sistema Walky de Streifeneder.

TIPO DE WALKY	DESCRIPCIÓN	FIGURA
Walky 1	El paciente tiene la capacidad de caminar sobre superficies planas o niveladas a un ritmo constante de marcha.	
Walky 2	En el walky 2 la persona es capaz de superar barreras pequeñas como bordillos, escaleras o superficies irregulares dentro de un	

lugar controlado, pero se limita en lugares al aire libre.

Walky 3

El usuario de prótesis es capaz de controlar las velocidades de marcha y superar la mayoría de los obstáculos dentro y fuera de lugares controlados, pero al igual que el walky 2 se limita su funcionamiento al aire libre.



Walky 3

El usuario de prótesis es capaz de moverse a velocidades con alto impacto, se incrementa las cargas de choque tensión y deformación, la capacidad de moverse es ilimitada tanto dentro como fuera en ambientes al aire libre



Nota: Tomado de (Streifeneder, 2012)

Para el desarrollo de esta investigación, la prótesis será para caminar sobre superficies completamente planas, sin ningún tipo de obstáculos, sin inclinaciones y sin gradas, la razón de considerar este tipo de caminata es porque es uno de los primeros estudios de prótesis de tipo transfemoral y se debe comprender con claridad el comportamiento biomecánico, realizar pruebas y validar los datos obtenidos de un laboratorio de marcha.

Existen muchos tipos de prótesis las cuales son de usos específicos dependiendo del lugar de la amputación o el tipo de accidente; existen prótesis oculares, faciales, dentales, transfemorales, de rodilla, de tobillo.

2.1.1. CLASIFICACIÓN DE PROTESIS SEGÚN EL LUGAR DE AMPUTACIÓN.

- **Prótesis para desarticulación de caderas.**

Las prótesis de desarticulación de cadera se utilizan en personas que tienen una amputación desde la cadera o alguna desarticulación que impide el movimiento del paciente. (Lima, 2014).

- **Prótesis transfemorales**

Este tipo de prótesis son utilizadas para pacientes con amputación a nivel del fémur o por encima de la rodilla. (Lima, 2014).

- **Prótesis para desarticulación de rodilla**

Estas prótesis son para pacientes que conservan el 100% del fémur, lo que hace fácil la poetización porque conservan todos los músculos. (Lima, 2014).

La fabricación de la prótesis de rodilla monocéntrica es construida para las personas con amputación por encima de la rodilla, y se ha determinado realizar pruebas con un paciente con un peso de 90kg. En el prototipo anterior se determina que la prótesis de rodilla era para una persona con un peso de 70kg, mientras que la prótesis mecanizada en el laboratorio de la Universidad Técnica del Norte soporta hasta 90kg como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Paciente utilizando prótesis de rodilla monocéntrica.

Para la construcción de esta prótesis se utiliza el proceso de fabricación por arranque de viruta, porque se dispone del software CAD – CAM y maquinaria CNC.

2.2. PROCESOS DE MANUFACTURA POR ARRANQUE DE VIRUTA Y PROCESO DE MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN DIMENSIONAL

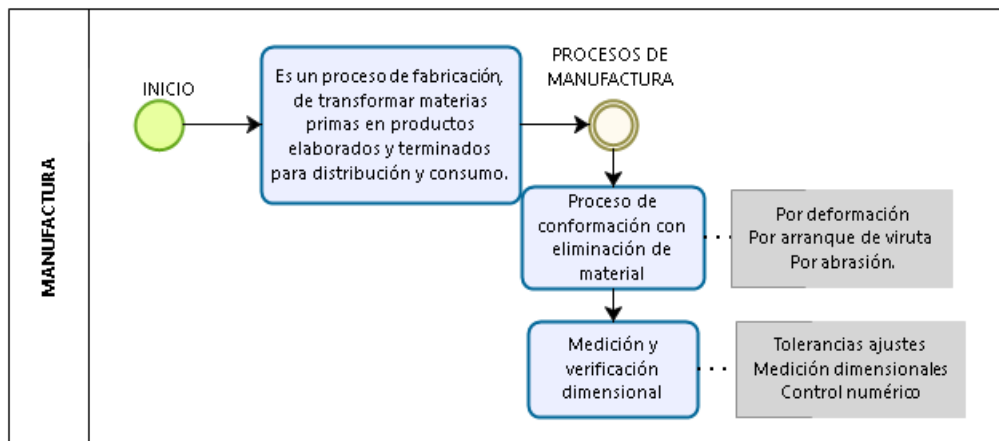


Figura 2. Clasificación de Manufactura

“La manufactura es una palabra que se divide en dos partes (manus) manos y (factus) hacer, que significa "hacer con las manos", (Kalpakjian & Schmid, 2008), esta puede definirse en dos partes: **Tecnología y Economía.**

2.2.1. Tecnología

Es la unión de diferentes procesos que alteran las propiedades y la forma del material para elaborar productos con valor agregado. A continuación, en la figura 3, se muestra cómo es un proceso de manufactura según la tecnología empleada y los factores que intervienen para la fabricación. (Met & A).

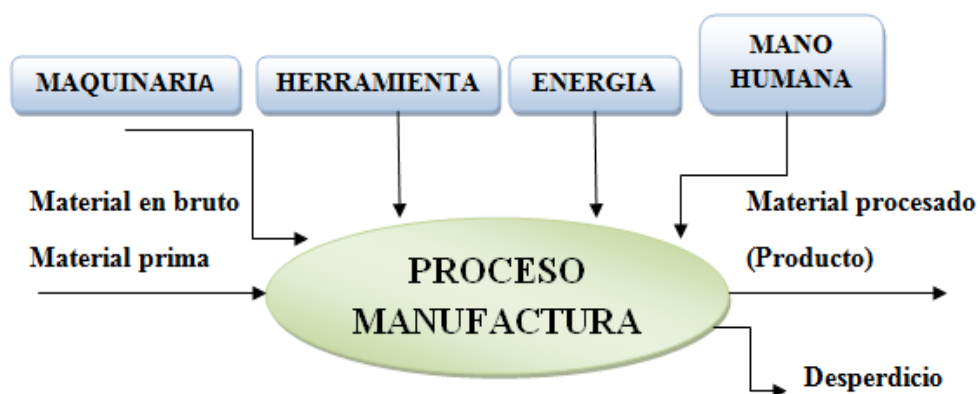


Figura 3. Proceso de manufactura mediante tecnología

2.1.2. Economía

Es la transformación de materiales en artículos de mayor valor a través de los diferentes procesos de manufactura provocando que el material tenga un costo significativo. A continuación, se muestra en la figura 4, la transformación del material en bruto a un objeto con valor. (Met & A).

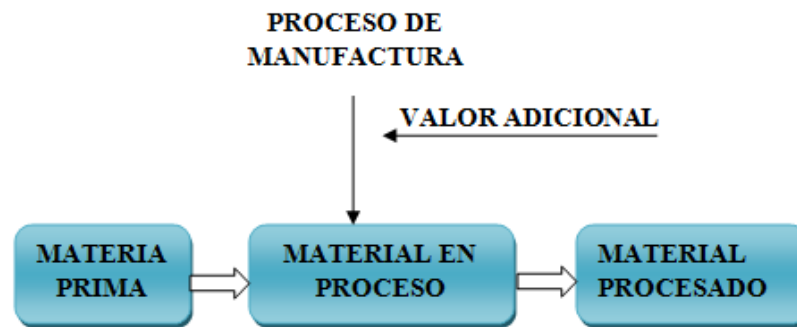


Figura 4. Proceso de manufactura mediante economía

A la manufactura se integran diferentes requisitos que hacen que los trabajos sean mejores como, por ejemplo:

- Diseño CAD – CAM
- Herramientas de acabado y desbaste en materiales de materiales HSS y aleaciones de carburo de tungsteno.
- Materia prima de mejor calidad
- Estrategias de mecanizado

“Las actividades de diseño y manufactura suelen efectuarse de manera consecutiva, la metodología empleada en la construcción que en principio puede parecerse lógica y directa, pero que en la práctica desperdicia muchos recursos.” (Kalpakjian & Schmid, 2008).

En el proceso de manufactura, el mecanizado de la prótesis de rodilla monocéntrica se utilizó diferentes tipos de herramientas de corte, sujeción, nivelación y medición a este proceso se le clasifica en: torneado, taladrado, fresado, escariado, rectificado.

2.3 PROCESO DE FRESADO

“El fresado es un tipo de operación se utiliza una herramienta rotatoria con múltiples filos cortantes que se mueven lentamente sobre el material para generar un plano o una superficie

recta. El movimiento de avance es perpendicular al eje de rotación y la velocidad la proporciona la fresa. El fresado se diferencia del taladrado por la orientación entre el eje de la herramienta y la dirección del avance. En el taladrado la herramienta de corte avanza en dirección paralela a su eje de rotación”. (Urrego Ospina, 2010). Obsérvese en la figura 5, desbaste de material por fresado.

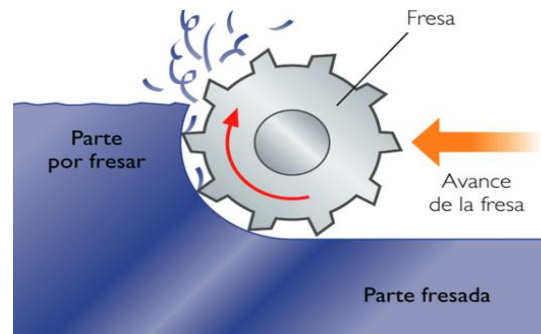


Figura 5. Material fresado
Fuente. (Urrego Ospina, 2010)

2.3.1 Tipo de fresado

2.3.1.1 Fresado periférico o cilíndrico.

El fresado periférico es un fresado que máquina por el perfil del material dando forma al material en bruto. En este tipo de fresado el eje de la herramienta debe de estar paralelo al material y depende si es una fresadora de mesa vertical u horizontal, como se observa en la figura 6, el fresado cilíndrico con una fresadora de mesa vertical. (Urrego Ospina, 2010).

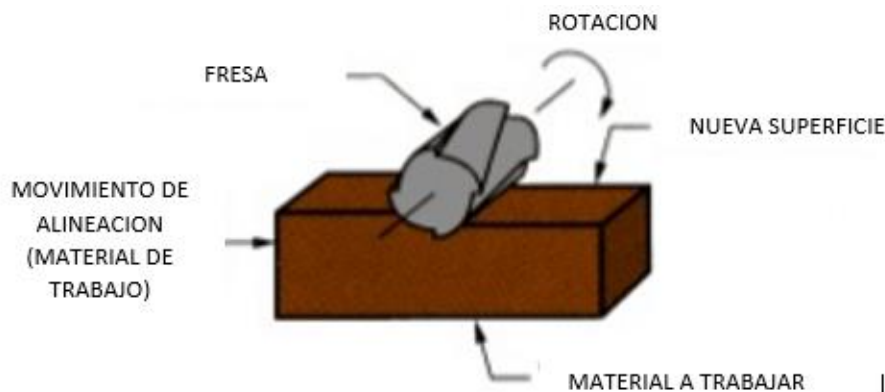


Figura 6. Herramienta paralelo al material
Fuente. (Teoría del maquinado de metales, 2013)

2.3.1.2 Fresado en las caras o frontal.

En un fresado frontal la herramienta de corte está perpendicular al material, este tipo de operación es más utilizado por operadores de máquinas tipo fresadoras de tres ejes, se utiliza para desbaste y acabado superficial, como se muestra en la figura 7, (Urrego Ospina, 2010).

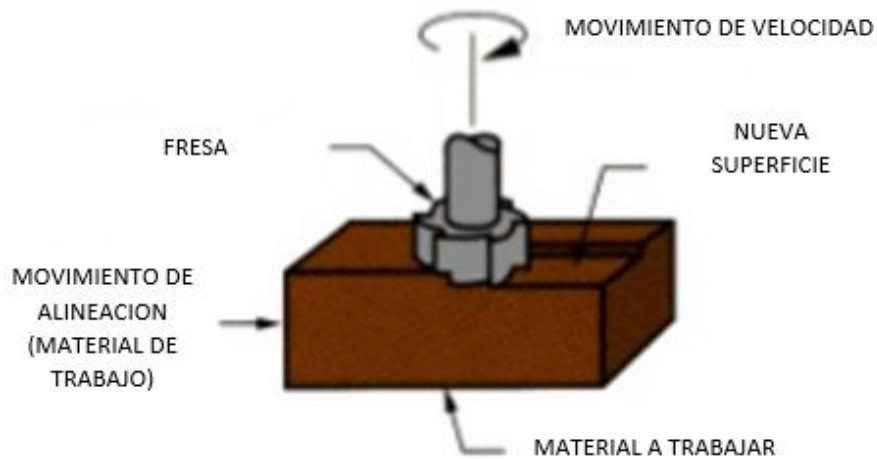


Figura 7. Fresado frontal
Fuente. (Teoría del maquinado de metales, 2013)

2.3.2 Forma de rotación al entrar en corte con el material

La forma de provocar un corte en un material sin dañar la herramienta y lastimar el material. Hay que seguir las indicaciones de los fabricantes como (Vertex, s.f.), y (Sandvik, s.f.).

- Entrada de corte con la herramienta debe de ser uniforme en todo el tiempo de maquinado para evitar vibraciones. Obsérvese en la figura 8.
- Material de la herramienta, depende en gran parte para trabajar en materiales duros, además de poder mejorar los tiempos de maquinado aumentando o disminuyendo las velocidades.
- Usar las recomendaciones de los catálogos de Vertex o Sandvik proporciona información muy detallada de datos importantes de cada una de las herramientas como profundidad de corte, velocidad de corte, materiales que puede mecanizar con la herramienta.
- El calor producido en un mecanizado debilita la herramienta y aumenta el desgaste de la misma o causa cambios de diámetros en las piezas de trabajo. El refrigerante mantiene y conserva la exactitud dimensional, incrementa la durabilidad, previene la deformación térmica. (Máquinas, 2011).
- El ingreso de la herramienta en el momento del corte debe ser programado y calculado así se conserva el filo de la herramienta.

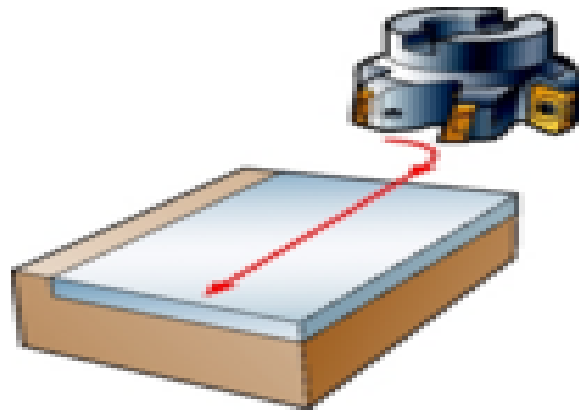


Figura 8. Herramienta de corte con material
Fuente. (Sandvik, n.d.)

2.4. TIPOS DE OPERACIONES

Existen dos tipos de operaciones para realizar un mecanizado:

Desbaste

La función principal es arrancar viruta de un determinado material con profundidades altas. Para esta operación la velocidad de corte y el avance de mesa son muy bajos, esto favorece a la herramienta para conservar el filo (Met & A).

Acabado

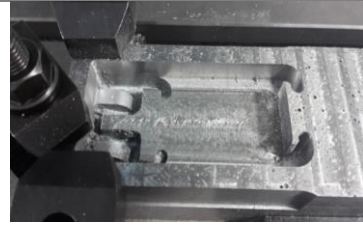
En el acabado la profundidad es baja. Tiene por objetivo lograr unas superficies que cumplan estándares con exigencias de rugosidad y de tolerancias impuestas, la velocidad de corte y el avance son altos. (Met & A).

A continuación, se muestra en la tabla 2, las diferentes operaciones de fresado y sus marcas distintivas de corte al material.

Tabla 2.
Características distintivas de las operaciones de fresado

OPERACIONES DE FRESADO	CARACTERÍSTICA	MARCA DISTINTIVA
Fresado de ranuras	En el fresado de ranuras se realiza trabajos que necesitan profundidad con formas y detalles específicos. Se muestra el Ranurado de la estructura base	

de la prótesis de rodilla lo cual se mecanizo con una fresa de 5mm y una profundidad de 25mm.



Fresado planeado Este tipo de operación se realizan con fresas frontales o cilíndricas, a 90 grados, es una operación básica de todos los tipos de fresados su función es de realizar careados o acabado en la superficie del material dependiendo del trabajo a efectuarse, con este fresado se necesita un tipo de herramienta de material duro para poder realizar cortes a velocidades altas.



Fresado de perfiles El fresado de perfil se emplean fresas de longitudes extensas de mecanizado y profundidades altas, este tipo de herramientas son largas, para realizar un perfil no muy profundo por lo general se utilizan fresas frontales.



Fresado de cavidades El fresado de cavidades su produce cuando se va a realizar desbaste de material, pero de profundidades pequeñas que no afecte la longitud y el filo de la herramienta.



2.5. MATERIALES A MECANIZAR

Los materiales que se utiliza para la fabricación de prótesis de rodilla son aluminio fundido, Grillon, aluminio PRODAX, se escoge estos tres tipos de material por sus propiedades para ser mecanizados, las cuales se muestran en la tabla 3.

Tabla 3.
Propiedades de materiales

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES			
	ALUMINIO FUNDIDO	GRILLON	ALUMINIO 7075
TECNOLÓGICAS			
Maquinabilidad	X	X	X
Confortabilidad			X
Soldabilidad	X		X
Templabilidad	X		X
ESTÉTICAS			
Color		X	X
Textura		X	X
Brillo		X	X
ECONÓMICAS			
Precio	X	X	X
Disponibilidad	X	X	X

Los materiales en la manufactura son muy diversos, existen combinaciones de estos para ganar resistencia, dureza, maquinabilidad, y flexibilidad. Estas características hacen la creación de nuevos materiales como se muestra en la figura 9.

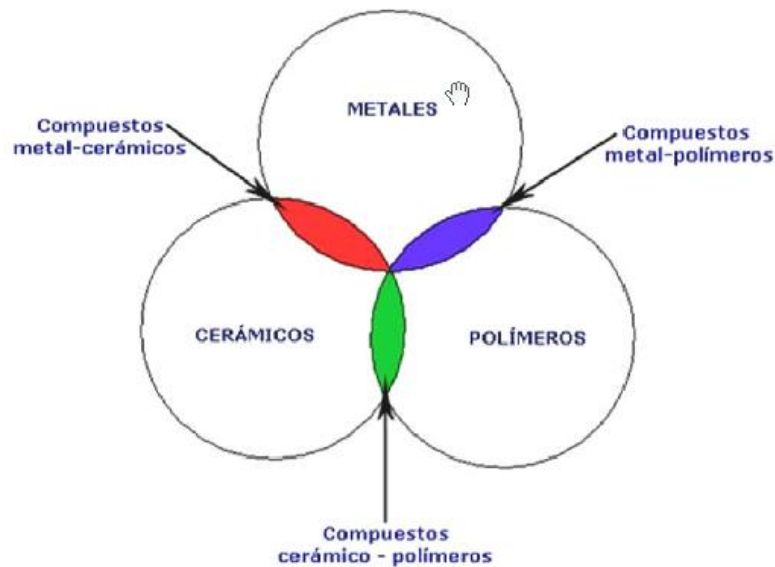


Figura 9. Diagrama de Venn, clasificación de materiales
Fuente. (Met & A).

A continuación, se describen las propiedades mecánicas de materiales a temperatura ambiente. Como son dureza, químicas, reactividad, resistencia a la corrosión, tenacidad, módulo elástico, ductilidad, esfuerzos como torsión, flexión y compresión.

2.6. SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS DE CORTE

Una herramienta se elige según el tipo de material a mecanizar, las más conocidas son HSS son herramientas de aceros rápidos resistentes a altas temperaturas se selecciona por su diámetro, su forma de desbaste, y el tipo de pieza a mecanizar, en los tiempos actuales existen gran variedad de herramientas una base de datos de herramientas es (Sandvik, s.f.).



Figura 10. Tipos de herramientas
Fuente. (mantenim.files.wordpress.com, 2007)

2.6.1. Herramienta de corte para fresado

Una herramienta de corte tiene uno o más filos cortantes. El filo cortante sirve para separar material en forma de viruta. A continuación se muestra en la figura 11, y figura 12, la nomenclatura de las fresas.

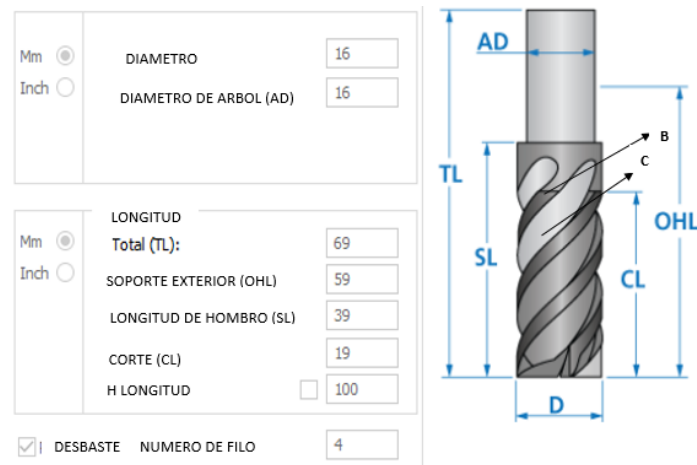


Figura 11. Nomenclatura de una fresa frontal

Donde:

AD. Mango.

SL. Límite de apriete

OHL. Seguridad de la fresa

B. Ángulo de la hélice.

C. Labio.

D. Diámetro exterior.

CL. Longitud de corte.

TL. Longitud total.

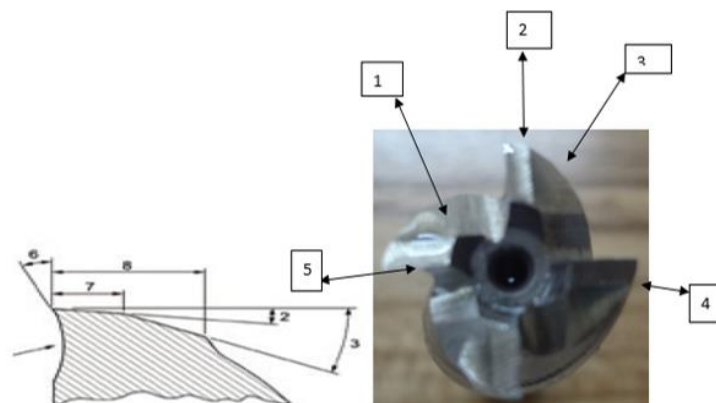


Figura 12. Nomenclatura de la fresa

Donde:

1. Rebaje del fondo de la punta.
2. Rebaje del ángulo primario.
3. Rebaje del ángulo secundario.
4. Punta de filo.
5. Filo de corte.
6. Ángulo de corte.
7. Superficie de la tolerancia primaria.
8. Superficie de la tolerancia secundaria.
9. Cara inferior al corte.

La operación de fresado se desarrolla con distintos tipos de fresas y métodos de mecanizado donde cada tipo de fresado deja a su paso una marca distintiva de corte a continuación se muestra en la figura 13, los distintos tipos de fresados.

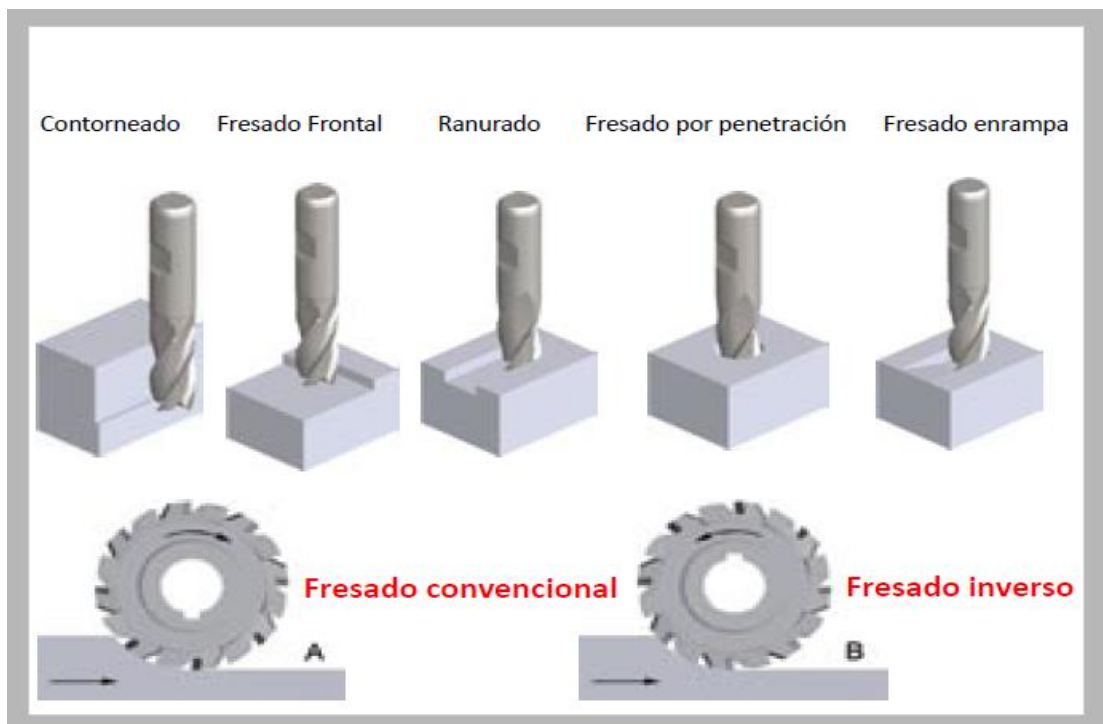


Figura 13. Tipos de fresados
Fuente. (Aguilar Schafer, 2010)

Existen dos superficies con las que se junta la herramienta al momento de propiciar el corte, la superficie de ataque y la superficie de incidencia.

Ángulo de ataque

Este ángulo se produce el corte en el material con la punta de la herramienta además influye en la formación de viruta, como se muestra en la figura 14. (Santange, 2015)

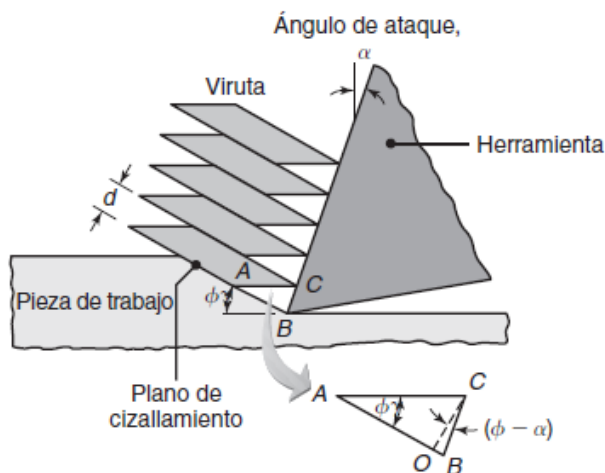


Figura 14. Superficie de ataque
Fuente. (Kalpakjian & Schmid, 2008)

Ángulo de incidencia

Este ángulo evita el rozamiento del filo de la herramienta con la superficie de trabajo sus valores oscilan de 2° a 3° para aceros duros y de 6° a 10° para materiales con menos dureza. (Santange, 2015). Obsérvese en la tabla 4 los diferentes ángulos de incidencia para distintos materiales.

Tabla 4
Ángulos de incidencia de distintos materiales

MATERIAL TRABAJADO	ÁNGULO DE INCIDENCIA PRIMARIO A	ÁNGULO DE INCIDENCIA SECUNDARIO B	ÁNGULO DE SALIDA
Aceros aleados	2 a 3°	6 a 10°	10 a 15°
Aceros de bajo carbono	3 a 5°	8 a 10°	10 a 15°
Hierro fundido	3 a 5°	6 a 10°	10°
Latón	3 a 4°	6 a 10°	10 a 20°
Bronce (Duro)	2 a 4°	6 a 10°	10 a 15°
Aluminio	6 a 10°	10 a 15°	10 a 35°

Nota: Tomada de (Met & A)

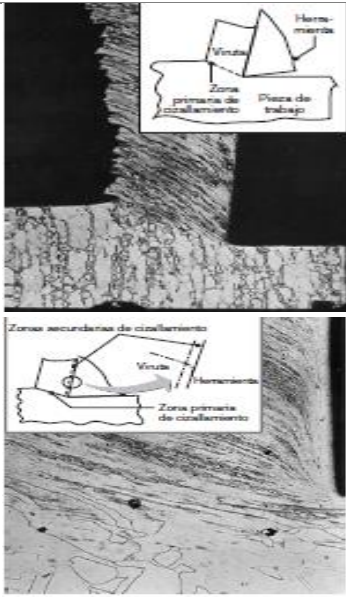
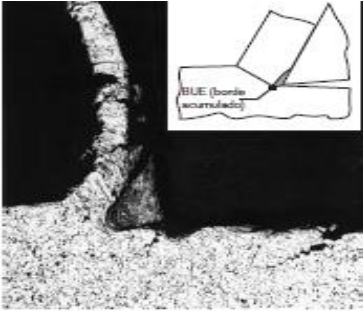
2.6.2. Formación de viruta

La formación de viruta es un parámetro fundamental al momento de mecanizar, la viruta que se desprende indica si el trabajo que se está realizando es bueno y se está aplicando todos

los parámetros que este influyen o si se está mecanizando está mal, haciendo que los recursos tanto de material como de máquina que se han invertido no sean adecuados, además en la viruta se puede observar si es posible aumentar o disminuir los tiempos en cada operación realizada.

A continuación, se muestra en la tabla 5, los tipos de viruta y su respectiva descripción.

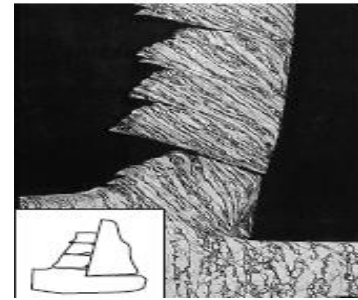
Tabla 5.
Tipos de viruta

TIPO DE VIRUTA	DESCRIPCIÓN	FIGURA
Viruta continúa	<p>La viruta continua se produce cuando se cumplen las siguientes condiciones de corte:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Mientras el material sea dúctil •La velocidad sea alta •Avances y profundidades pequeñas •Borde cortante bien afilado •Viruta larga y continua •Baja fricción herramienta 	
Viruta continúa con acumulación	<p>Este tipo de viruta se da cuando el maquinado cumple las siguientes condiciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> •Materiales dúctiles •Baja a media la velocidad de corte •La fricción entre herramienta y viruta, causa adhesión de porciones de materia prima 	

Viruta discontinua

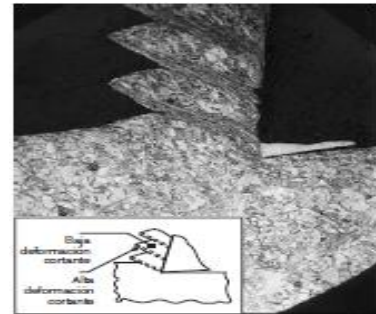
La viruta discontinua es producida por:

- Una alta fricción herramienta - viruta.
- Bajas velocidades de corte, la viruta se forma en segmentos separados.
- Avances y profundidades grandes promueven este tipo de formación.

**Viruta dentada**

La viruta dentada es un tipo de viruta que se produce cuando:

- Las virutas Semi-continuas forma de diente de sierra
- Esto sucede cuando se trabaja con materiales muy difíciles de maquinar como aleaciones de titanio, aceros inoxidable.

**2.6.3. Clasificación de las herramientas según el tipo**

Las herramientas se clasifican por su longitud, diámetro, forma, tipo de corte, forma de utilización, acabado superficial, como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6
Tipos de herramientas

TIPO DE HERRAMIENTA	DESCRIPCIÓN	FIGURA
Fresas cilíndricas o fresas planas	Las fresas cilíndricas son de un mango redondo, el apriete al cono es mediante pinzas especiales, y su forma de trabajar es parecido al de una broca, pero su manera de desprender viruta es diferente, su función no es de hacer agujeros, es de realizar ranuras, avellanados, chaveteros.	

Fresas de punta redonda

Son conocidas como fresas de punta esférica, sirven para mecanizar figuras que sean redondas o filos redondeados también son utilizados para acabados superficiales.

**Fresas cóncavas**

Este tipo de fresas son normalizadas de acuerdo con el módulo diametral. Este tipo de fresas son llamadas fresas de doble ángulo o fresas cóncavas, su corte es en forma de cono va de menos a más y sirve para realizar conos en el material o para hacer agujeros según lo requiera en trabajo.

**Fresas de plato**

Las fresas de plato se utilizan en mecanizados de piezas cúbicas, se utilizan para mecanización de planeado y de agujeros grandes, son muy difíciles de conseguir y su costo es elevado. Este tipo de fresas son de diámetros muy grandes donde se utilizan para careados y acabados superficiales por sus números de dientes.

**Fresas madre**

Este tipo de fresas son desarrolladas para fabricar engranes donde necesitan tallar con exactitud y rapidez todo tipo de engranes son muy costosas y difíciles de conseguir en el mercado nacional solo se adquiere bajo pedido, siendo el inconveniente el tiempo de llegada



2.7. VIDA ÚTIL DE LA HERRAMIENTA

La vida útil de la herramienta depende de tres parámetros fundamentales, velocidad, avances, profundidad de corte y velocidad de corte. Cada parámetro genera un efecto sobre la vida útil de la herramienta. A continuación, se describe cada uno de ellos.

2.7.1 Efectos por profundidad de corte

La profundidad de corte de la herramienta tiene efectos sobre el material cuando el corte es muy largo o el corte en el material es muy profundo. Cuando el corte es demasiado largo en tiempo, la herramienta tiende a vibrar, genera más calor, pierde el control de la viruta; cuando el corte en el material es muy profundo genera efectos como rotura de plaquita, fuerza de corte mayor, consumo de más potencia de la máquina CNC (Sandvik, s.f.). Se muestra en la figura 15 la forma de la vida útil de la herramienta causada por los efectos de profundidad.

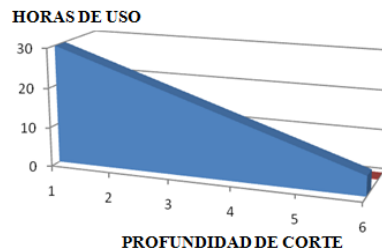


Figura 15. Vida útil de la herramienta causada por los efectos de profundidad

2.7.2 Efecto por velocidad de corte

Los dos efectos de la velocidad de corte que causa que la vida de la herramienta sea corta o larga son velocidad muy baja o muy alta. Cuando la velocidad es muy baja la herramienta pierde filo en el corte al material; cuando la velocidad es muy alta la herramienta tiende a desgastarse muy rápido, tiende a deformarse, los mecanizados son muy deficientes (Sandvik, s.f.). Se muestra en la figura 16, la forma de la vida útil de la herramienta causada por los efectos de velocidad de corte.

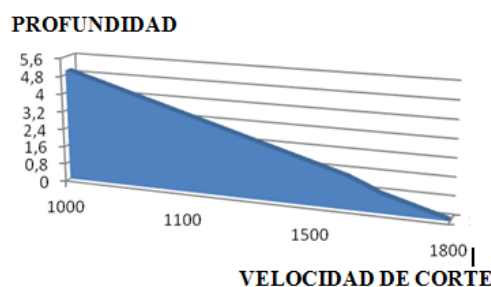


Figura 16. Vida útil de la herramienta causada por la velocidad de corte

2.7.3. Efectos por velocidad de avance

Los efectos que causan cuando la velocidad de avance es muy baja hace que la viruta sea fibrosa, rápido desgaste de la herramienta; y cuando la velocidad de avance es muy rápida da un acabado deficiente, la viruta se funde en la herramienta, el consumo de potencia es mayor. Se muestra en la figura 17, la forma de la vida útil de la herramienta causada por los efectos de profundidad.

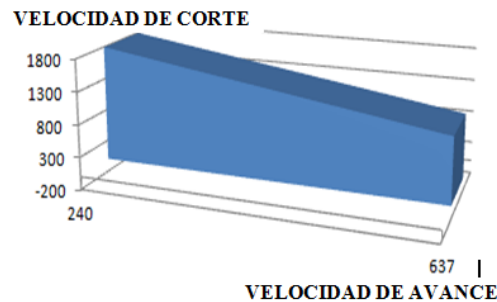


Figura 17. Vida útil de la herramienta causada por la velocidad de avance

2.7.4 Parámetros de conservación del filo de una herramienta

- La forma de trabajo de una herramienta debe ser de acuerdo a las indicaciones que el fabricante recomienda.
- Se utiliza refrigerante al mecanizar materiales duros o cuando las profundidades de corte son muy altas.
- La velocidad de corte de avance y profundidad deben ser con cálculos que respalden el mecanizado.

2.8. MATERIALES PARA LAS HERRAMIENTAS DE CORTE

Al seleccionar un tipo de material para una herramienta de corte debe tener en cuenta el tipo de mecanizado a realizar, debido a esto es posible que la herramienta obtenga una vida útil más larga o se produzca algún fallo.

2.8.1. Características del material de las herramientas:

Tenacidad: El material de una herramienta de corte debe tener muy buena tenacidad para evitar fallas por fracturas.

Dureza en caliente: Una de las propiedades más importante de una herramienta es la dureza por su trabajo a altas velocidades en máquinas CNC. A continuación, se muestra en la figura 18, la dureza de diferentes materiales.

Resistencia al desgaste: Esta característica es la más importante de las herramientas porque en un mecanizado el proceso de desbaste de material es bastante agresivo.

En la siguiente figura 18, observa el comportamiento de la propiedad de dureza frente a los diferentes cambios de temperatura.

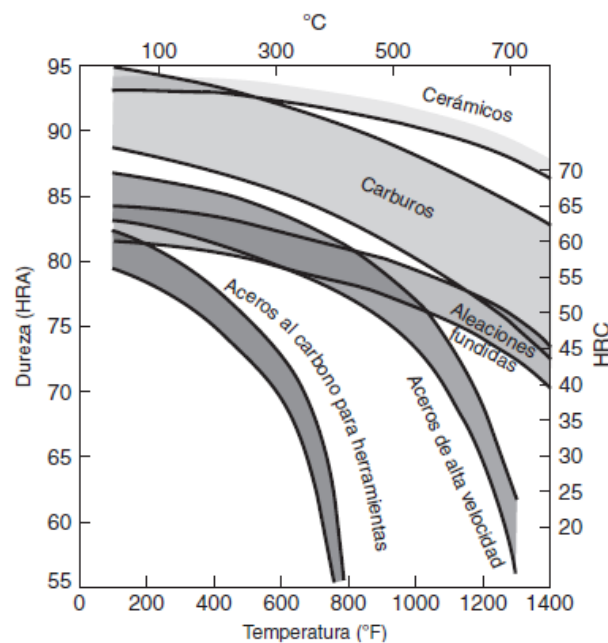


Figura 18. Diagrama de resistencia al desgaste
Fuente. (Sandvik, s.f.)

- Una de las observaciones de la figura 18, es que los carburos tienen una dureza de 45 a 65 HRC pero al entrar en calor disminuyen su temperatura haciendo que este material pierda dureza, a más temperatura menor dureza, (Máquinas, 2011)
- Las herramientas HSS se recomienda para trabajos a altas velocidades por su resistencia a altas temperaturas, estas herramientas son ideales para el uso de máquinas CNC, ver la figura 18 el material puede ser superior o igual a este, pero considerando el costo entre las herramientas HSS y las de carburo de tungsteno es significativo, el material ideal para nuestro trabajo es el HSS con una dureza de 10 a 20 HRC por eso es su costo menor y fácil adquisición en nuestro medio garantizando un buen trabajo de desbaste. Los carburos cementados con una dureza

de 45 y 60 HRC y los cerámicos son materiales de dureza muy alta que pasa los 70 HRC lo cual hace que no afecte la temperatura.

- Las herramientas de materiales muy complejos como aleaciones de titanio, carburos cementados existen en nuestro país, pero tiene costos muy elevado, su mayor ventaja es que tiene una vida útil es muy larga.

2.8.2 Tipos de materiales y aleaciones de las herramientas

2.8.2.1 Acero al carbono y de baja aleación

Este tipo de aceros se usan en la industria, la ventaja de este acero es que al ser tratados por un tratamiento puede adquirir una dureza relativamente alta por su alto contenido de carbono, pero por su aleación tienen una dureza en caliente muy frágil, lo cual hace inútil a los cortes en altas velocidades (Kalpakjian & Schmid, 2008)

2.8.2.2 Aceros de alta velocidad

Este tipo de aceros más conocidos por su nombre HSS (High Speed Steel) son aceros que poseen la característica de mantener la dureza en altas temperaturas lo que permite el uso de estas herramientas en mecanizados a velocidades muy altas. Estas herramientas son más comerciales que las de tratamientos de carbono, tungsteno o cobalto (Máquinas, 2011).

Tipo de tungsteno (Grado T): El tipo de aleación mezclado en este tipo es aleación (12-20%) además existen elementos adicionales como el cromo (CR) y el vanadio (V). (Máquinas, 2011)

Tipo molibdeno (Grado M): Ganar resistencia y dureza la mezcla de tungsteno y molibdeno es de 6% de (W) y de 5% (Mo).

2.8.2.3 Aleación de cobalto

Este tipo de tratamiento se da en recubrimientos a herramientas la cantidad de cobalto es muy alta de 40 a 50%, 25 a 35% de cromo, y de 15 a 20% de tungsteno además algunos materiales para disminuir el desgaste (Máquinas, 2011).

2.8.2.4 Carburos cementados

Son compuestos de materiales metálicos y cerámicos. La combinación para producir esta mezcla se da del Nitruro de titanio (TiC, TiN) y Carbonitruro de Titanio (TiCN) utilizando níquel o molibdeno como aglutinante de mezcla (Máquinas, 2011).

2.9 PARÁMETROS DE CORTE

2.9.1 Velocidad de corte

La velocidad de corte es necesario para seleccionar los valores reales de profundidad de corte, y velocidad de husillo. Se calculan estos valores a partir de la velocidad de corte recomendadas por el fabricante para conocer la velocidad real a la que la fresa debe girar para realizar un corte en el material; como recomendación se utiliza la fuente bibliográfica de (A.L.CASILLAS).

Las fresas que más se utilizan para el mecanizado de la prótesis de rodilla son fresas frontales con ángulos de 90° y de fresas de punta esférica de diferentes diámetros.

$$V_c = \frac{\pi * D * N}{1000}$$

Ecuación 1. Velocidad de corte

Fuente: (Sandvik, s.f.)

Donde:

D = diámetro de la fresa en mm

N = velocidad de husillo RPM

Tabla 7

Velocidad de corte de diferentes materiales

Tipo de sierra Material	Bimetálica y p/láminas finas		Diamante		Punta de carburo		Punta de carburo p/láminas finas		Multipropósito	
	Menor	Mayor	Menor	Mayor	Menor	Mayor	Menor	Mayor	Menor	Mayor
Diámetro										
Acero	580	55	-	-	-	-	700	150	1300 - 1700	210 - 300
Acero inoxidable	300	25	-	-	-	-	400	77		
Aluminio	900	85	-	-	1650	120	-	-		
Latón	790	75	-	-	-	-	-	-		
Hierro fundido	400	35	-	-	420	40	-	-		
Fórmica	-	-	-	-	200	20	-	-		
Madera/plástico	700	190	-	-	3200	320	-	-		
Mampostería	-	-	350	150	-	-	-	-		
Cerámica/azulejos	-	-	400	150	500	50	-	-		
Fibra de vidrio	-	-	250	125	250	25	-	-		
Granito/piedra	-	-	50	25	-	-	-	-		

Nota: Tomada de (Garcia, Juan, Luis, & Pete, 2009)

2.9.2. Velocidad de avance

El avance se refiere al desplazamiento producido por la mesa en sentido longitudinal y transversal. El avance por diente es el desplazamiento de mesa cada diente de la fresa.

$$Vf = fz * N * Zc$$

Ecuación 2. Velocidad de avance

Fuente: (Sandvik, n.d.)

2.9.3. Avance por diente

El cálculo del avance por diente se necesita para calcular datos de corte, y avance de mesa, y el espesor máximo de viruta. A continuación, se muestra en la tabla 8 el avance por diente de diferentes materiales

Tabla 8.
Avance por diente de diferentes materiales de herramientas

Recomendaciones generales para operaciones de fresado					
Material	Herramienta de corte	Condiciones iniciales de propósito general		Variedad de condiciones	
		Avance mm/diente (pulgadas /diente)	Velocidad m/min (pies/min)	Avance mm/diente (pulgadas /diente)	Velocidad m/min (pies/min)
Aceros de bajo carbono y de maquinado libre	Carburo sin recubrimiento, carburo recubierto, cermets	0.13–0.20 (0.005–0.008)	120–180 (400–600)	0.085–0.38 (0.003–0.015)	90–425 (300–1400)
Aceros aleados					
Blandos	Cermets sin recubrimiento, recubiertos	0.10–0.18 (0.004–0.007)	90–170 (300–550)	0.08–0.30 (0.003–0.012)	60–370 (200–1200)
Duros	Cermets, PcBN	0.10–0.15 (0.004–0.006)	180–210 (600–700)	0.08–0.25 (0.003–0.010)	75–460 (250–1500)
Hierro fundido, gris					
Blando	Cermets sin recubrimiento, recubiertos, SiN	0.10–0.20 (0.004–0.008)	120–760 (400–2500)	0.08–0.38 (0.003–0.015)	90–1370 (300–4500)
Duro	Cermets, SiN, PcBN	0.10–0.20 (0.004–0.008)	120–210 (400–700)	0.08–0.38 (0.003–0.015)	90–460 (300–1500)
Acero inoxidable, Austenítico	Cermets sin recubrimiento, recubiertos	0.13–0.18 (0.005–0.007)	120–370 (400–1200)	0.08–0.38 (0.003–0.015)	90–500 (300–1800)
Aleaciones de alta temperatura	Cermets sin recubrimiento, recubiertos, SiN, PcBN	0.10–0.18 (0.004–0.007)	30–370 (100–1200)	0.08–0.38 (0.003–0.015)	30–550 (90–1800)
Aleaciones de titanio	Cermets sin recubrimiento, recubiertos	0.13–0.15 (0.005–0.006)	50–60 (175–200)	0.08–0.38 (0.003–0.015)	40–140 (125–450)
Aleaciones de aluminio					
Maquinado libre	PCD sin recubrimiento, recubiertos	0.13–0.23 (0.005–0.009)	610–900 (2000–3000)	0.08–0.46 (0.003–0.018)	300–3000 (1000–10,000)
Alto silicio	PCD	0.13 (0.005)	610 (2000)	0.08–0.38 (0.003–0.015)	370–910 (1200–3000)
Aleaciones de cobre	PCD sin recubrimiento, recubiertos	0.13–0.23 (0.005–0.009)	300–760 (1000–2500)	0.08–0.46 (0.003–0.018)	90–1070 (300–3500)
Plásticos	PCD sin recubrimiento, recubiertos	0.13–0.23 (0.005–0.009)	270–460 (900–1500)	0.08–0.46 (0.003–0.018)	90–1370 (300–4500)

Nota: Tomada de (Kalpakjian & Schmid, 2008).

$$fz = \frac{Vf}{n * Zc}$$

Ecuación 4. Avance por minuto
Fuente: (Sandvik, n.d.)

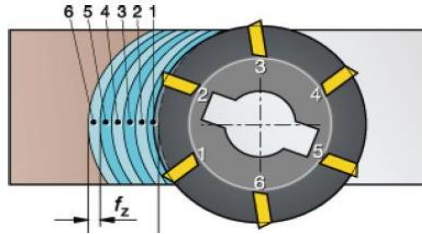







Figura 19. Avance por diente
Fuente. (Sandvik, n.d.)

“Por lo general, el avance por diente va de alrededor de 0.1 mm a 0.5 mm y las profundidades de corte van de 1 mm a 8 mm.” (Kalpakjian & Schmid, 2008).

2.9.4. Profundidad de corte

Es la longitud que la herramienta tiene que recorrer desprendiendo material hasta una medida programada tomar en cuenta que los datos proporcionados del fabricante. Se muestra en la figura 20. La profundidad y el ancho de un corte con distintos tipos de fresas.

TIPO DE FRESAS						
Material a Fresar	Avance en milímetros por diente de la Fresa					
Hierro fundido	15 kg/mm ³	0,06	0,30	0,20	0,10	0,20
	18 kg/mm ³	0,06	0,30	0,20	0,10	0,20
	22 kg/mm ³	0,05	0,25	0,15	0,10	0,15
	26 kg/mm ³	0,05	0,25	0,15	0,10	0,15


NORMALIZACION DE LAS PROFUNDIDADES DE FRESADO			
	Profundidades de fresado «a» y ancho de corte		
	Fresado en terminación y con pasada única	Fresado en desbaste	Fresado en Afinado
1. Fresas Cilíndricas.	Todo el ancho de la fresa, a = 3 mm.	Todo el ancho de la fresa, a = 5-8 mm.	Todo el ancho de la fresa, a = 1 mm.
2. Fresas Frontales.	Ancho = al diámetro de la fresa, a = 3 mm.	La mitad del diámetro de la fresa, a = 5 mm.	Igual al diámetro de la fresa, a = 1 mm.
3. Fresas Frontales de mango.	Igual al diámetro de la fresa, a = 2 mm.	La mitad del diámetro de la fresa, a = 4 mm.	Igual al diámetro de la fresa, a = 0,5 mm.
4. Fresas de disco.	a = Ancho de la fresa como máximo	a = a la mitad del ancho de la fresa	a = 5 % del ancho de la fresa
5. Fresas de forma.	a = Todo el perfil en pequeñas formas	a = 1. Pasada 45 % altura, 2. 45 %	a = 10 % de la altura de su forma

Figura 20. Profundidad de corte de diferentes tipos de fresas.

Fuente. (A.L.CASILLAS)

$$ap = \frac{Q * 1000}{D * Vf}$$

Ecuación 3. Profundidad de corte

Fuente: (Sandvik, s.f.)

Donde:

ap = profundidad de corte

Q = Volumen máximo en cm³ / min

D = diámetro de fresa

Vf = avance por minuto

2.9.5. Tiempo de mecanizado

Este tiempo se refiere al inicio del mecanizado de una pieza, que va desde que la fresa gira antes de comenzar a desprender material hasta que el maquinado se termine.

Todos los parámetros antes mencionados se calculan dependiendo de forma se sujetar la pieza, dimensiones del material, tipo de material a mecanizar.

2.10. ACCESORIOS DE FIJACIÓN

Son herramientas de sujeción o de apriete aquellas herramientas que sirven para fijar material en bruto sobre la mesa de trabajo.

Existen en el mercado nacional diferentes tipos de herramientas de sujeción algunos de distintos tamaños, diferentes formas de sujetar, para realizar un mecanizado se utilizan las bridas o prensas de sujeción, son las dos maneras de sujetar una pieza o las más conocidas, la manera y la forma que el operario utilice depende en gran medida de la experiencia que tenga, además no en todos los casos se debe fabricar elementos de sujeción de acuerdo al tipo de trabajo q se vaya a realizar o de acuerdo a la pieza a fabricar.

A continuación, cada uno de los accesorios con sus funciones:

- **Bridas:** Son piezas de acero acotadas con una ranura central para introducir un perno de fijación. Obsérvese en la figura 21 el juego de bridas con pernos, calces y ajustadores “T”.



Figura 21. Bridas de sujeción

- **Prensa mecánica de precisión:** Es la forma de sujetar a la materia prima haciendo presión en dos puntos su forma de fijación es por medio de pernos a la mesa de trabajo. Obsérvese en la figura 22.



Figura 22. Prensa mecánica de precisión

2.11. SOFTWARE CAD – CAM

La utilización de software CAD - CAM ha hecho que en la actualidad los procesos de manufactura mejoren la producción del 45% al 70% de efectividad, tomando en cuenta el tiempo que se ocupa en la fabricación de piezas y la calidad del trabajo. A continuación, se muestra en la figura 23 el software CAM para el centro mecanizado.

Figura 23. Software CAM

Software CAM (Manufactura Asistida por Computador) es una herramienta computacional para el manejo de máquinas tipo CNC con control numérico. Es un programa de diseño 3D y manufactura, donde se interactúan con superficies y sólidos. También proporcionan una forma de simulación de didáctica donde se puede detectar colisiones, errores de programación y mala utilización de las operaciones.

Beneficios de utilizar CAM

- CAM es un tipo de manufactura versátil al ser capaz de controlar de 2 a 5 ejes dependiendo de la máquina da a pensar que se puede crear cualquier tipo pieza mecánica desde lo más sencillo incluso hasta lo más complejo.
- El software CAM permite que el operario analice, verifique, corrija y optimice los programas creados y mejore la productividad de forma rápida.

Desventajas de utilizar Software CAM

- Una desventaja de utilizar el software CAM está en el costo del programa que es muy elevado y solo sirve para un número limitado de computadoras dependiendo del proveedor.
- La interfaz entre programa de diseño y software CAM debe ser compatible.

2.12. CÓDIGO G

El Código "G" es un tipo de lenguaje de programación de alto nivel diseñado exclusivamente para máquinas CNC, son códigos que proporcionan trayectorias mediante coordenadas numéricas en los planos XYZ los equipos CNC se basan en lenguaje de programación ISO. A continuación, se muestra en la tabla 9 las funciones de los comandos del código G.

Tabla 9
Comandos y códigos "G" con sus funciones

CÓDIGO "G"	FUNCIONAMIENTO
G00	Posicionamiento Rápido
G01*	Interpolación Linear
G02	Interpolación circular en el sentido de las agujas del reloj
G03	Interpolación circular en el sentido opuesto de las agujas del reloj
G331	Ciclo de roscado con macho
G332	Retorno del macho
G04	Tiempo de permanencia (Dwell)
G111	Programación en coordenadas polares
G17*	Selecciona el plano de trabajo "XY"
G18	Selecciona el plano de trabajo "XZ"
G19	Selecciona el plano de trabajo "YZ"

G40*	Cancela la compensación de radio de herramienta
G41	Activa la compensación de radio de herramienta (a la izquierda del perfil)
G42	Activa la compensación de radio de herramienta (a la derecha del perfil)
G500	Desactiva el sistema de coordenadas de trabajo.
G53	/ SUPA Sistema de coordenadas de máquina
G54	1° Sistema de coordenada de trabajo
G55	2° Sistema de coordenada de trabajo
G56	3° Sistema de coordenada de trabajo
G57	4° Sistema de coordenada de trabajo
G58	5° Sistema de coordenada de trabajo
G59	6° Sistema de coordenada de trabajo
G507	7° Sistema de coordenada de trabajo
G5xx “xx°”	Sistema de coordenada de trabajo
G599 99°	Sistema de coordenada de trabajo
G09	Activa parada exacta del bloque actual
G60*	Activa parada exacta, dejando los cantos
G64	Activa el contorno con “look-ahead”, chaflanado los cantos
G641	Activa el contorno con “look-ahead”, con redondeado
G642	Activa el contorno con “look-ahead”, con redondeado en spline
G70	Entrada de datos en pulgadas
G71*	Entrada de datos en milímetros
G90*	Sistema de coordenadas absolutas
G91	Sistema de coordenadas incrementales
G94*	Avanzo en milímetro/pulgada por minuto
G95	Avanzo en milímetro/pulgada por rotación
CFC*	Activa el controle de avance por la tangencia de la herramienta con la pieza en los cantos.
CFTCP	Activa el control del avance por el centro de la herramienta
CFIN	Activa el controle de avance por la tangencia de la superficie
BRISK	Modo normal de aceleración de los ejes
SOFT	Modo de aceleración suave de los ejes

FFWOF	Activa modo de controle de avances
FFWON	Desactiva modo controle de avances
COMPON	Sistema compresor de bloques 1
COMPCAD	Sistema compresor de bloques 2
COMPCURV	Sistema compresor de bloques 3

Nota: Tomada de (Siemens, 2015)

Cada código G realiza su función específica, hay algunos códigos G como el G00 o el G01 son de característica modal, que significa las trayectorias programadas se ejecutaran hasta que otro código diferente que cambie el ciclo del código; de igual manera existen otro código "G" de característica no modal que se ejecutan solo en el bloque que están programados.

La planificación del código G no solo consiste en simular las trayectorias en el software CAM y generar una trayectoria, consiste en analizar la pieza a mecanizar, y buscar el tipo de herramientas que pueden realizar ese tipo de mecanizado, tomando en cuenta el tipo de figura y las dimensiones que tiene, y se analiza la estrategia de mecanizado donde se verifica que todas las herramientas tanto de corte como de sujeción cumplan su función correctamente.

Mediante la verificación de los parámetros de inicialización para el mecanizado, se procede a simular en el software CAM que los diámetros de las herramientas seleccionados sean los correctos, y que las herramientas de sujeción estén tomadas en cuenta al momento de colocar el material en bruto; como las piezas a mecanizar tienen mucha profundidad y no se cuenta con el herramental necesario se realiza el trabajo en distintas fases de trabajo.

Los códigos G que se utilizan en el mecanizado de la prótesis de rodilla se muestran en la tabla 10.

Tabla 10

Códigos G utilizados en el mecanizado

CÓDIGOS “G”	DESCRIPCIÓN
G90	Sistema de coordenadas absolutas
G94	El avance en milímetros por minuto
G40	Desactivación de la compensación de la herramienta
G42	Activación de la compensación de la herramienta hacia la derecha
G17	Selección del plano XY
G71	Entrada de datos en milímetros
G53	Sistema de coordenada de máquina
G00	Avance rápido
G01	Avance programado
G02	Interpolación en sentido horario
G03	Interpolación en sentido anti horario

Nota: Tomada de (Siemens, 2015)

Las velocidades según el catalogo (Vertex, n.d.), que se utilizan son para aluminios están entre 50 y 100 m/min según el fabricante, cada velocidad varía dependiendo de los diámetros y número de filos de la herramienta.

Existen otros tipos de códigos denominados “M” realizan funciones similares a las operaciones "G" pero cumplen funciones programadas dentro de la máquina y se utiliza muchas veces para ejecutar programas como repeticiones, finales de mecanizados, activación y desactivación de refrigerante. Los códigos “M” son códigos capaces de ejecutar programas ya grabados internamente y así no realizar más líneas de códigos.

A continuación, en la tabla 11, muestra una lista de los códigos “M” propios del controlador SINUMERIK 828D.

Tabla 11
Códigos "M"

CÓDIGOS "M"	FUNCIONES
M00	Parada del programa
M01	Parada opcional del programa
M02	Fin de programa
M03	Sentido de rotación a las agujas de reloj
M04	Sentido de rotación opuesto a las agujas de reloj
M05	Parada del husillo
M06	Libera cambio de herramienta
M07	Prende refrigerante de corte por el centro de la herramienta
M08	Prende refrigerante de corte
M09	Apaga refrigeración (M07 y M08)
M17	Fin de subprograma
M30	Fin de programa
M36	Abre puerta automática (opc)
M37	Cierra puerta automática (opc)
M65	Prende limpieza de las protecciones (opc)
M66	Desconecta limpieza de las protecciones (opc)

Nota: Tomada de(Siemens, 2015)

Los códigos M más utilizados son: M5 para de husillo, M6 Liberación de cambio de herramienta, M30 fin de programa, Sentido de rotación a las agujas de reloj.

2.13. OPERACIÓN MÁQUINA CNC

La operación de la máquina CNC depende de la destreza del operador, después de analizar el diseño CAD, realizar el diseño CAM, hay que colocar los parámetros de inicialización de máquina, como seteo de herramientas, colocar el cero pieza, ingreso y revisión de código G utilizando propio simulador del equipo CNC.

El seteo de herramientas se realiza inicialmente para que el mecanizado sea automático al momento de cambiar la herramienta, conjuntamente se realiza la colocación del cero pieza que es el punto donde la máquina CNC reconoce como punto de inicio para cualquier operación, la revisión de errores en el código G se realiza verificando en el propio simulador de la máquina CNC, los errores más comunes son: mal cambio de herramienta, vulneración de punto de seguridad de la máquina.

2.13.1. Colocación del cero pieza en la máquina CNC

Existen tres métodos:

- Colocar un papel y hacer recorrer la herramienta hasta que esta raspe el papel.
- La manera más práctica y la más fácil es hacer recorrer la herramienta hasta topar el material y desprender una pequeña viruta.
- La forma correcta es la utilización de un sensor palpador de arista. (Mallorqui & Carrasco, 2012).

2.14. TOLERANCIAS

Las tolerancias son la forma de controlar que un mecanizado en una máquina CNC esta correcto o se encuentra dentro de tablas de tolerancias normalizadas generales (DIN 16901 / 1973, EN22768-2 / 1993). “El grado de aproximación a la perfección depende de las exigencias funcionales de la pieza y también del costo límite de fabricación. Las piezas que más se ajustan a la forma perfecta son muy costosas.” (Max, 2007)

Las tolerancias se dividen en dos grupos

2.14.1. Geométricas

“Las tolerancias geométricas se utilizan para piezas que cumple estándares de calidad que dan fiabilidad al producto.” (Max, 2007). Se define según:

La forma: rectitud, planificad, formas complejas, redondez, perfil superficie.

Orientación: paralelismo, perpendicularidad, inclinación

Ubicación: concentricidad, posición.

Oscilación: radial, axial, total.

2.14.2. Dimensionales

Las tolerancias dimensionales son aquellas que permite valorar la calidad de piezas, mediante las cuales se estableció un límite superior y otro inferior de tolerancias. Este tipo de tolerancias permite clasificar las piezas en dos grupos: Buenas y malas. Las piezas que se encuentran en la clasificación Buena significa que están dentro de las tablas de tolerancia

permitida, mientras que, en el grupo de malas, se divide en dos grupos: malas por exceso de material o malas por defecto de material. (Max, 2007)

2.14.2.1. Grado de tolerancia

Existen 18 grados de tolerancias los cual se ha designado según las normas ISO de tolerancias que va desde IT 01, IT, IT 16, representando las tolerancias desde la más fina hasta la más basta. A continuación, la siguiente clasificación de grados de tolerancias.

- IT01 A IT4 para ejes y IT01 A IT5 para agujero; este rango de tolerancias está destinado para piezas mecánicas de precisión como calibres, mecanismos de relojería.
- IT5 A IT12 para ejes y IT6 A IT12 para agujeros; este rango de tolerancias está destinado a piezas de mecánica general.
- IT12 a IT16 para ejes y agujeros están destinados para piezas o elementos aislados que no requieren de una exactitud dimensional precisa.

A continuación, se muestra en la figura 24, como están clasificados las tolerancias de acuerdo al diámetro y el grado de calidad.



Figura 24. Tolerancias dimensionales
Fuente. (Higinio Rubio, 2011)

En las tolerancias dimensionales se clasifican en dos grandes grupos como son los agujeros y ejes. La forma de identificar qué tipo de tolerancias hay que utilizar se usa letras mayúsculas como A, B, C, Z, para nombrar a los agujeros y para los ejes que utiliza letras minúsculas como a, b, c, ...z.

2.14.2.1.1. Agujeros

“Las zonas de tolerancia situadas por encima de la línea cero se indican con las letras A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H. La distancia de estas zonas de tolerancia a la línea cero va disminuyendo desde la posición A hasta la H, las zonas de tolerancia situadas por debajo de la línea cero se indican con las letras JS, K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC. La distancia de estas zonas de tolerancia a la línea cero va aumentando desde la posición J hasta la ZC.”
(mantenim.files.wordpress.com, 2007)

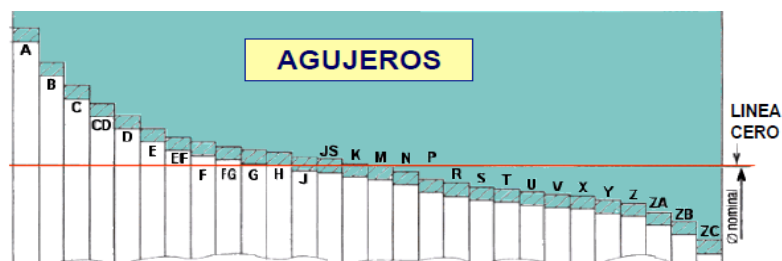


Figura 25. Posición de desviación para agujeros
Fuente: (Higinio Rubio, 2011)

Para calcular las tolerancias y las diferencia de medidas máxima y mínima de los agujeros se utilizan las siguientes fórmulas como referencia se muestra en la figura 26, el lugar donde se encuentra cada punto de tolerancia.

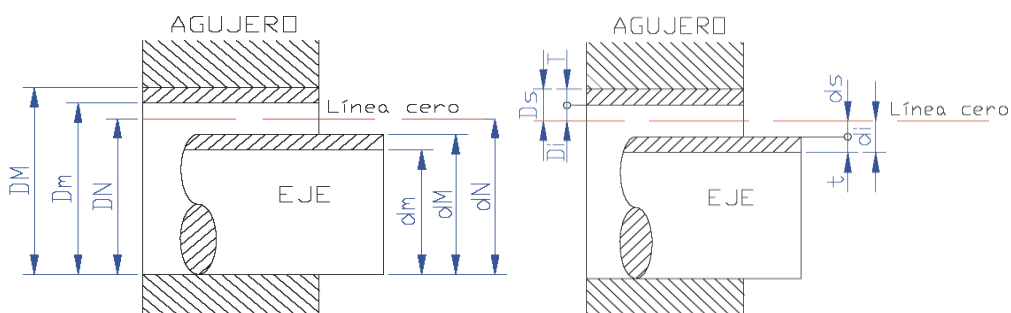


Figura 26. Diferencia de medidas máxima y mínima.
Fuente. (Higinio Rubio, 2011)

$$Ds = Di + T$$

Ecuación 4.

Fuente: (Higinio Rubio, 2011)

$$DM = Dm + T$$

Ecuación 5.

Fuente: (Higinio Rubio, 2011)

$$T = DM - Dm = Ds - Di$$

Ecuación 6.

Fuente: (Higinio Rubio, 2011)

$$DM = DN + Ds$$

Ecuación 7.

Fuente: (Higinio Rubio, 2011)

$$Dm = DN + Di$$

Ecuación 8

Fuente: (Higinio Rubio, 2011)

Donde:

DN. Dimensión nominal: valor teórico que tiene una dimensión

DE. Dimensión efectiva: valor real de una dimensión.

DM. Dimensiones limites máxima: valor extremo que puede tomar la dimensión efectiva

Dm. Dimensiones limites mínima: valor extremo que puede tomar la dimensión efectiva

Ds. Diferencia superior diferencia entre dimensión máxima y dimensión nominal

Di. Diferencia inferior diferencia entre dimensión mínima y dimensión nominal

T. Tolerancia

2.14.2.1.2. Ejes

“Las zonas de tolerancia situadas por encima de la línea cero se indican con las letras a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h. La distancia de estas zonas de tolerancia a la línea cero va disminuyendo desde la posición a hasta la h, las zonas de tolerancia situadas por debajo de la línea cero se

indican con las letras k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc. La distancia de estas zonas de tolerancia a la línea cero va aumentando desde la posición j hasta la zc.” (mantenim.files.wordpress.com, 2007).

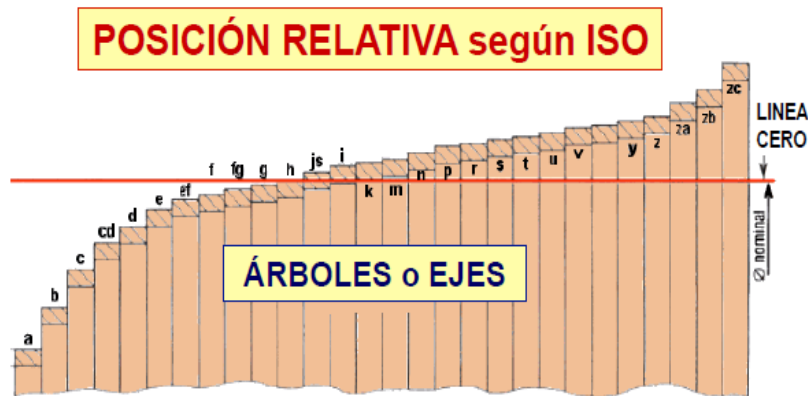


Figura 27. Posición de desviación para agujeros
Fuente. (Higinio Rubio, 2011)

Para calcular las tolerancias y las diferencias de medidas máxima y mínima de los ejes se utilizan las siguientes fórmulas como referencia se muestra en la figura 28 el lugar donde se encuentra cada punto de tolerancia

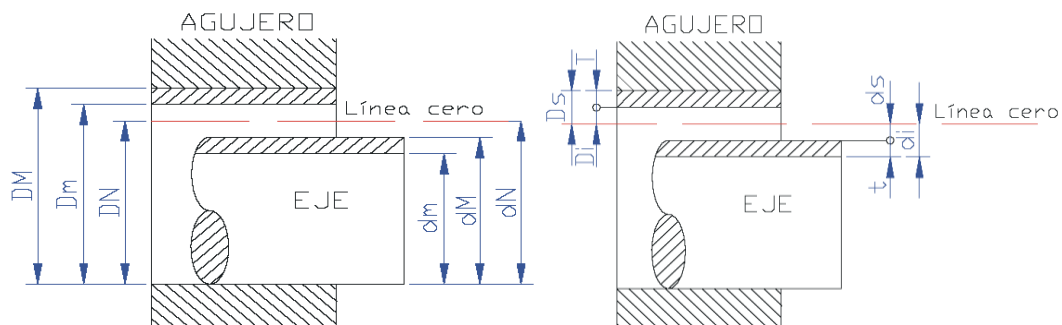


Figura 28. Diferencia de medidas máxima y mínima.
Fuente: (Higinio Rubio, 2011)

$$ds = di - t$$

Ecuación 10.

Fuente: (Higinio Rubio, 2011)

$$dM = dm + t$$

Ecuación 11.

Fuente: (Higinio Rubio, 2011)

$$t = dM - dm = ds - di$$

Ecuación 12.

Fuente: (Higinio Rubio, 2011)

$$dM = dN + ds$$

Ecuación 13.

Fuente: (Higinio Rubio, 2011)

$$dm = dN + di$$

Ecuación 14.

Fuente: (Higinio Rubio, 2011)

Donde:

dN. Dimensión nominal: valor teórico que tiene una dimensión

dE. Dimensión efectiva: valor real de una dimensión.

dM. Dimensiones limites máxima: valor extremo que puede tomar la dimensión efectiva

dm. Dimensiones limites mínima: valor extremo que puede tomar la dimensión efectiva

ds. Diferencia superior diferencia entre dimensión máxima y dimensión nominal

di. Diferencia inferior. diferencia entre dimensión mínima y dimensión nominal

t. Tolerancia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Para cumplir cada uno de los objetivos planteados se utiliza las metodologías inductiva y deductiva, porque las fases de trabajo a realizar son hipótesis de investigación que se irán desarrollando conforme se avance el mecanizado de la prótesis de rodilla.

La prótesis de rodilla consiste en tres partes: parte móvil, que simula el movimiento de flexión extensión de la rodilla, estructura base es una pieza que simula al fémur y soporta las cargas de la persona, y el acople que une la parte móvil con el muñón de la pierna.

La planificación del proceso de fabricación para las tres partes de la prótesis de rodilla será usando el proceso de manufactura por arranque de viruta porque se cuenta con el software y la maquinaria necesaria para su fabricación y como comprobación de que el mecanizado este correcto se utiliza herramientas de medición para la validación dimensional de las piezas mecanizadas.

En la Figura 29, se muestra un diagrama de los pasos a seguir del mecanizado de la prótesis de rodilla que se utilizara en los tres materiales.

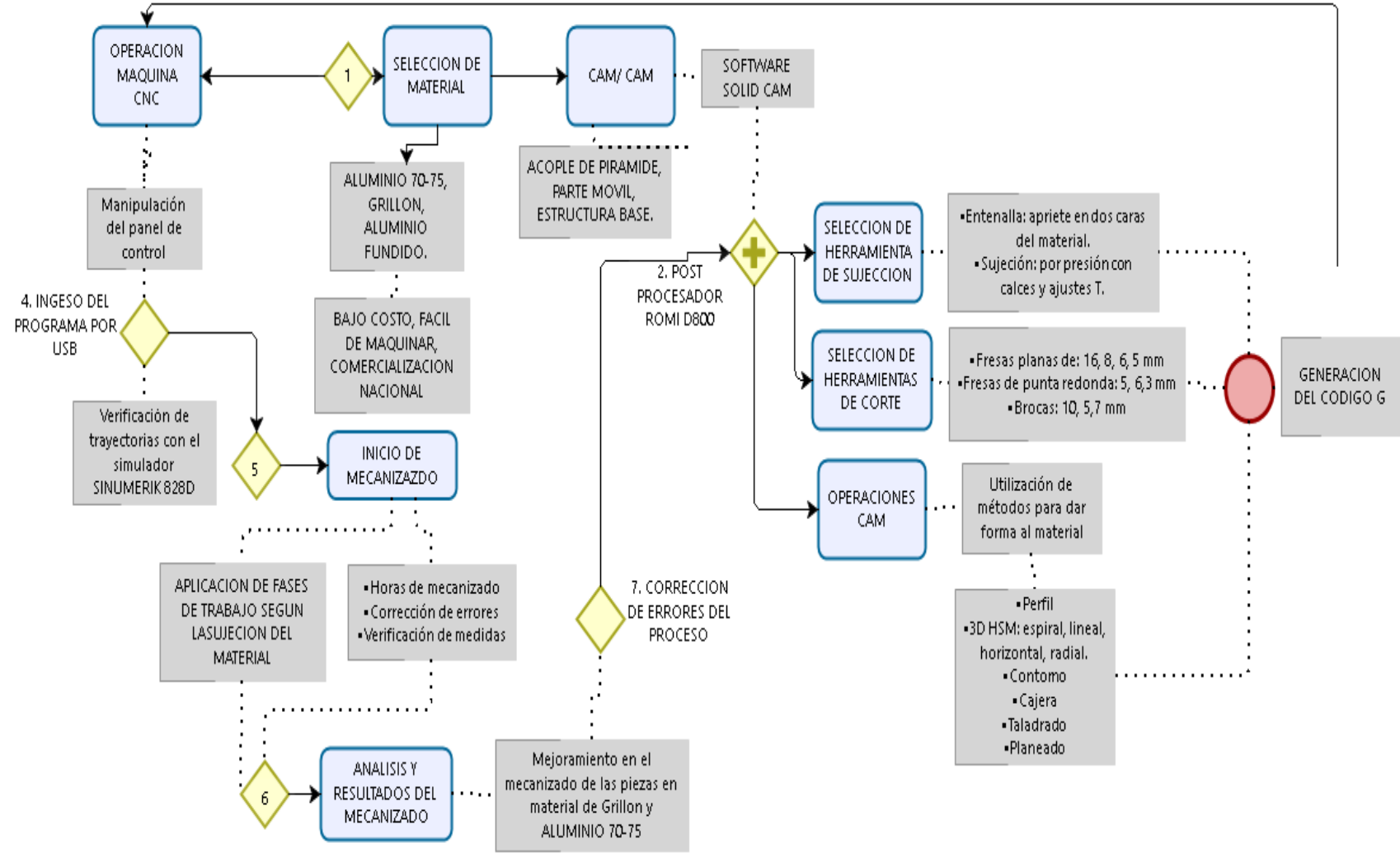


Figura 29. Mecanizado de la prótesis de rodilla.

3.1 CNC ROMI D800

La CNC (Control Numérico Computarizado) ROMI D800 es una máquina tipo fresadora, observe en la Figura 30, brinda la facilidad de mecanizar piezas muy difíciles, con eficiencia y calidad garantizada. Este tipo de máquina al ser controlada por un controlador numérico SINUMERIK 828D que tiene una capacidad de llegar hasta una tolerancia de 0,005mm en las piezas mecanizadas. (Siemens, 2015).



Figura 30. Máquina CNC ROMI D800.

La CNC ROMI D800 es una máquina tipo fresadora, en el cual se pueden realizar diferentes tipos de operaciones como:

- Fresado
- Planeado
- Fresado combinado
 - Corte, Ranurado, Cavidades, Roscas.

Una máquina CNC realiza trabajos con mucha exactitud y brinda mucha fiabilidad en cada pieza mecanizada; la facilidad de operar este tipo de máquinas hace que los trabajos de mucha complejidad sean sencillos sobre todos si la maquina tiene 4 o 5 ejes de movilidad; la utilización de máquinas CNC es muy costoso se debe mejorar los parámetros de mecanizado en cada pieza, como puesta en marcha de máquina, controlar velocidades de corte como de avance, evitar paradas innecesarias consume potencia eléctrica y tiempo del operador, y eso resulta más gastos que influyen en las piezas mecanizadas.

3.1.1 Características de la ROMI D800

Potencia instalada

Se muestra en la Figura 31, el diagrama de potencia cuando la máquina se encuentra funcionando según el número de revoluciones.

- Motor principal CA $\frac{23,6 \text{ cv}}{17,3 \text{ KW}}$
- Potencia total instalada 30KVA

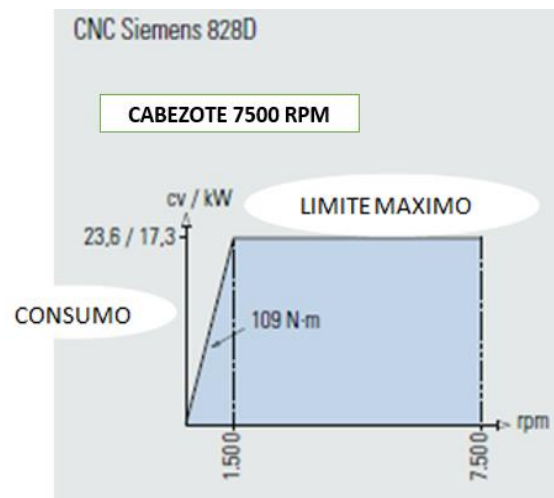


Figura 31. Diagrama de potencia.

Fuente. (Siemens, 2015).

3.1.2 Accesorios para el centro de mecanizado ROMI D800

TIPO BT- 40 ER32

El cono BT 40 es uno de los accesorios del herramental de la máquina CNC ROMI D800 este sirve para sujetar la herramienta por medio del apriete a una boquilla ER32 o ER40, eso depende del tipo de accesorios. Obsérvese la Figura 32 el tipo de cono BT 40.



Figura 32. Cono BT – 40 ER32

3.2 CONTROLADOR SIEMENS SINUMERIK 828D

Como se observa en la Figura 33, el controlador Sinumerik 828D es el corazón del centro de mecanizado ROMI D800, por medio de este tablero electrónico realiza el control de toda la máquina y revisar el funcionamiento de la misma, este tipo de controlador tiene una interfaz didáctica que permite que el operador visualice de mejor manera el trabajo que está realizando, incluye una pantalla la cual permite que el operario verifique los errores anticipadamente antes de mecanizar. (Siemens, 2015).

En la Tabla 12 se muestra todas las características del controlador como son las funciones de programación, función de avance, función de operación, y funciones auxiliares.

Tabla 12

Características del Controlador Sinumerik

CARACTERÍSTICAS DE CONTROLADOR SINUMERIK			
FUNCIÓN DE PROGRAMACIÓN	FUNCIÓN DE AVANCES	FUNCIÓN DE OPERACIÓN	FUNCIONES AUXILIARES
Código G alto nivel	Avance en mm / min o pulgadas / min	Modo de movimiento JOG	Parada de emergencia
Configuración de alta velocidad para aplicaciones de moldes y troqueles	Avance y control del posicionamiento preciso en esquinas	Modo de MDA	Funciones de alarma
Ejecución de subprogramas	Modo de parada precisa	Modo Automático	Funciones de diagnóstico
Condición y programas para mecanizado		Modo de parada Programa	
Programas de Creación y edición		Modo de operaciones de prueba	
Fresado de cavidades circulares, cavidades rectangulares, hombros rectangular o cilíndrica, Perfil cara fresado		Retracción y reposicionamiento con herramienta en JOG	
		Modo de reinicio de la ejecución programa	

Nota: Tomada de (Siemens, 2015)

El controlador Sinumerik 828D se divide en tres partes:

En el manual (Siemens, 2015), en la sección de operación describe las partes de las que consta el controlador Sinumerik 828D muy detalladamente. A continuación, se muestra en la Figura 33, el controlador SINUMERIK 828D es el tablero que controla todas las acciones de la ROMI D800.



Figura 33. Panel de control SINUMERIK 828D

Panel de exhibición

Es la pantalla donde se visualiza los comandos que se realiza en el panel de programación y operación, en la pantalla cuenta con su propio simulador donde se puede verificar si existe un error en el mecanizado. Como se observa en la Figura 33.

Panel de programación

El panel de programación es el interfaz que tiene el operario para ingresar códigos G en la máquina, tiene un teclado alfa numérico con teclas de edición, cursor, cuenta con comandos

como offset, Program manager, Alarm, Machine, cada uno de ellos tiene una utilidad específica, se encuentra más detalladamente en el manual de ROMI D800, (Siemens, 2015, pág. 2). Como se observa en la Figura 33.

Panel de operación

Es la parte en donde el operario maneja el centro de mecanizado mediante esta interfaz de botones, cada uno de ellos tiene funciones específicas que hacen que la máquina CNC pueda moverse. Como se observa en la Figura 33.

Ventajas del mecanizado CNC

- Precisión por el uso de sistemas computarizados
- Los operadores no están expuestos a herramientas de corte, aumentando la seguridad
- Capacidad de mecanizar piezas complejas a altas velocidades y realizar el mismo proceso en cientos de piezas sin perder el nivel de perfección.
- Mejor acabado superficial.
- Competitividad al momento de vender un producto.

Desventajas

- El alto costo de la maquinaria.
- La inversión en herramientas es muy significativa, cada una de ellas tiene un ciclo de uso dependiendo de trabajo que se quiera obtener.
- Alto costo de mantenimiento en la maquinaria, accesorios y herramientas.

A continuación, se describe el mecanizado de las tres piezas que conforman la prótesis de rodilla monocéntrica.

3.3 PARTE MÓVIL

El mecanizado de la parte móvil se realiza en 5 etapas de trabajo, los cuales se determina por la utilización de los accesorios de fijación a la mesa, además se utiliza diferentes tipos de herramientas eso depende del lugar, y tipo de operación que se utilice, además se maneja la simulación CAM como medio de orientación para no cometer errores al momento de mecanizar.

Se realiza un análisis de todos los pasos a seguir esto consiste en determinar las siguientes condiciones iniciales para la mecanización, estas condiciones se utilizan para el mecanizado de la prótesis de rodilla en los tres distintos materiales propuestos.

- **Diseño CAD**
- **Análisis CAM**
- **Selección de herramientas**
- **Cálculos de los parámetros de mecanización**
- **Simulación CAM**
- **Hoja de procesos**

Se propuso en el alcance desarrollar en tres distintos materiales en primera instancia mecanizar y verificar que la geometría de las piezas estén correctas sin tener en cuenta las dimensiones, como segunda instancia realizar el mecanizado de las mismas piezas en otro material pero revisar las medidas y buscar la forma en cómo mejorar los parámetros del mecanizado y la tercera instancia es que con la recolección de los dos mecanizados no cometer errores y mecanizar en un material de acuerdo a las especificaciones de prótesis.

3.3.1. Diseño CAD

El CAD de la parte móvil es obtenido de un modelo previo su geometría se observa en la Figura 34 indica cómo debe quedar el material en bruto después de mecanizar.

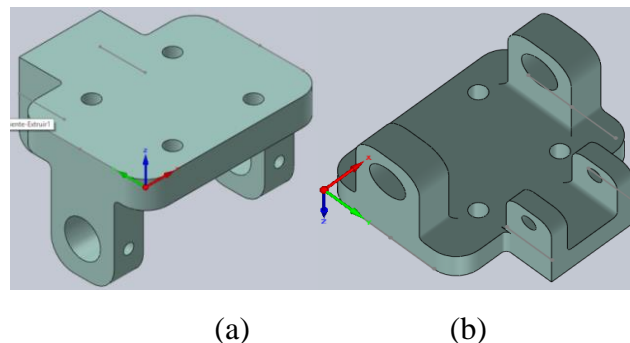


Figura 34. Diseño de la parte móvil (a) Vista superior, (b) Vista inferior.

3.3.2. Análisis CAM

El análisis CAM consiste en buscar la forma de cómo llevar el diseño de la parte móvil a un proceso de mecanización por CNC, y realizar el menor número de operaciones con el menor consumo de recursos posible, el análisis consiste en observar la forma de la pieza y buscar las herramientas que se va necesitar, y la forma en cómo sujetar la pieza a la mesa para el mecanizado, dependiendo de la forma de sujeción se termina los diferentes ceros pieza como se muestra en la Figura 35.

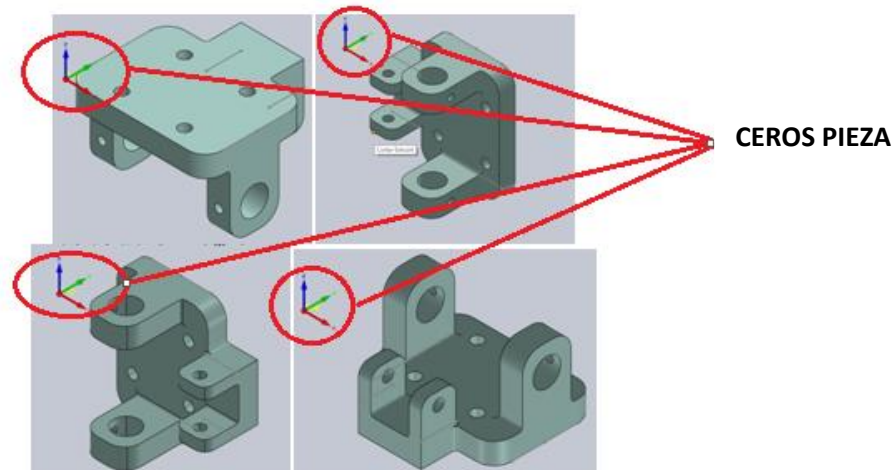


Figura 35. Verificación de ceros pieza de la parte móvil.

3.3.3. Selección de herramientas

La selección de herramientas para el mecanizado de la parte móvil, se obtiene del análisis del diseño CAD previamente obtenido, se elige el material a mecanizar y se escoge un tipo de herramienta, como es en este caso se utiliza las fresas en aceros rápidos HSS (High Speed Steel) según el catálogo de (Vertex), recomienda mecanizar con este tipo de herramientas por la resistencia que tiene al mecanizar a altas temperaturas con altas velocidades.

Las herramientas que se utilizan para el mecanizado de la parte móvil son:

Tabla 13

Fresas para la parte móvil

Tipo	Diámetro (mm)	Numero de filos	Tipo de operaciones
Fresa frontal	16	4	Planeado, cajera, contorno
Fresa frontal	8	4	Cajera interna
Fresa frontal	5	4	Cajera interna
Fresa de punta redonda	5	4	Perfil, HSM lineal
Fresa de punta redonda	6,3	2	HSM espiral, HSM lineal, perfil

3.3.4. Cálculos de parámetros de mecanización para la parte móvil

La velocidad de corte es proporcionada por el fabricante de herramientas que se utilizó en los mecanizados de las diferentes partes de la prótesis de rodilla, en nuestro caso (Vertex, s.f.), es recomendable que para el fresado por desbaste utilizar un porcentaje de herramienta del 80% según (Mallorqui & Carrasco, 2012); y el avance por diente, es tomado en cuenta las

recomendaciones de (Kalpakjian & Schmid, 2008), y la profundidad de corte longitudinal por (A.L.CASILLAS).

Cálculos para fresa de 16mm

Tabla 14

Parámetros de herramientas de corte inicial

Porcentaje de herramienta:	80%
Velocidad de corte V_c:	100 m/min
Avance por diente f_z:	0,1 mm
Profundidad de corte longitudinal a_p:	2 mm
Profundidad de corte radial a_e:	12 mm
Diámetro D_{16}:	16mm
Numero de dientes Z_c:	4

VELOCIDAD DEL HUSILLO

$$N = \frac{V_c * 1000}{\pi * D_{16}} * 80\%$$

$$N = 1591Rpm$$

VELOCIDAD DE AVANCE

$$V_f = f_z * N * Z_c$$

$$V_f = 636,4 \frac{mm}{min}$$

ARRANQUE DE VIRUTA

$$Q = \frac{a_p * a_e * V_f}{1000}$$

$$Q = 12,73 \frac{cm^3}{min}$$

Cálculos para fresa de 8mm

Al igual que los datos de la fresa de 16mm se utilizan para los cálculos de la fresa de 8mm.

Tabla 15
Parámetros de herramientas de corte inicial

Porcentaje de seguridad:	80%
Velocidad de corte V_c:	50 m/min
Avance por diente f_z:	0,1 mm
Profundidad de corte longitudinal a_p:	2 mm
Profundidad de corte radial a_e:	6 mm
Potencia k_c:	104 N/mm ²
Diámetro D_8:	8mm
Numero de dientes Z_c:	4

VELOCIDAD DEL HUSILLO

$$N = \frac{V_c * 1000}{\pi * D_8} * 80\%$$

$$N = 1591Rpm$$

VELOCIDAD DE AVANCE

$$V_f = f_z * N * Z_c$$

$$V_f = 636,4 \frac{mm}{min}$$

ARRANQUE DE VIRUTA

$$Q = \frac{a_p * a_e * V_f}{1000}$$

$$Q = 7,64 \frac{cm^3}{min}$$

Cálculos para fresa de 6mm

Tabla 16
Parámetros de herramientas de corte inicial

Porcentaje de seguridad:	80%
Velocidad de corte V_c:	50 m/min
Avance por diente f_z:	0,1 mm
Profundidad de corte longitudinal a_p:	1 mm
Profundidad de corte radial a_e:	5 mm
Potencia k_c:	104 N/mm ²
Diámetro D_6:	6 mm
Numero de dientes Z_c:	4

VELOCIDAD DEL HUSILLO

$$N = \frac{V_c * 1000}{\pi * D_6} * 80\%$$

$$N = 2121Rpm$$

VELOCIDAD DE AVANCE

$$V_f = f_z * N * Z_c$$

$$V_f = 848,4 \frac{mm}{min}$$

ARRANQUE DE VIRUTA

$$Q = \frac{a_p * a_e * V_f}{1000}$$

$$Q = 4,24 \frac{cm^3}{min}$$

Cálculos para fresa de 6.3mm de punta redonda

Tabla 17

Parámetros de herramientas de corte inicial

Diámetro D _{6,3} :	6,3mm
Profundidad de corte longitudinal a _p :	1mm
Espesor de máximo de viruta hex = f _z :	0,1mm
Profundidad de corte radial a _e :	3,15mm
Velocidad de corte V _c :	50 m/min

VELOCIDAD DEL HUSILLO

$$N = \frac{V_c * 1000}{\pi * D_{6,3}} * 80\%$$

$$N = 2020Rpm$$

VELOCIDAD DE AVANCE

$$V_f = f_z * N * Z_c$$

$$V_f = 808 \frac{mm}{min}$$

ARRANQUE DE VIRUTA

$$Q = \frac{ap * ae * Vf}{1000}$$

$$Q = 2,54 \frac{cm^3}{min}$$

DIAMETRO DE CORTE MAXIMO A PROFUNDIDAD ESPECÍFICA

$$Dc = \sqrt{D6,3^2 - (D6,3 - 2 * ap)^2}$$

$$Dc = 5,87mm$$

AVANCE POR DIENTE DE FRESADO

$$fz = \frac{D6,3 * hex}{Dc}$$

$$fz = 0,107mm$$

AVANCE POR DIENTE, FRESADO LATERAL

$$fz1 = \frac{D6,3 * hex}{\sqrt{D6,3^2 - (D6,3 - 2 * ae)^2}}$$

$$fz1 = 0,1mm$$

3.3.5. Simulación CAM

Las operaciones CAM son métodos del propio software los cuales se utilizan para la simulación del mecanizado de la parte móvil, donde se define el material, la forma, el cero pieza y se detalla las diferentes operaciones a utilizarse.

Definición de la materia prima a mecanizarse se muestra en la Figura 36.

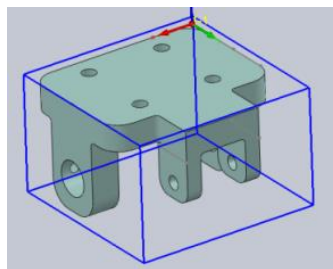


Figura 36. Simulación de la materia en prima

Definición de la forma de pieza mecánica, se muestra en la Figura 37

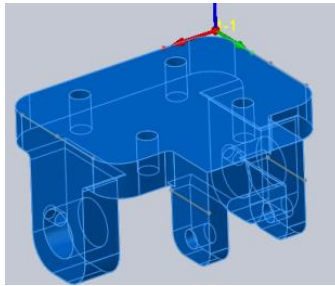


Figura 37. Pieza a mecanizar

En la Figura 38, se muestra los métodos que se utilizan para la simulación del mecanizado. Los más utilizados son: PLANEADO, 3D FRESADO, CONTORNO, HSM LINEAL, PERFIL, CONTORNO, CAJERA y TALADRADO.

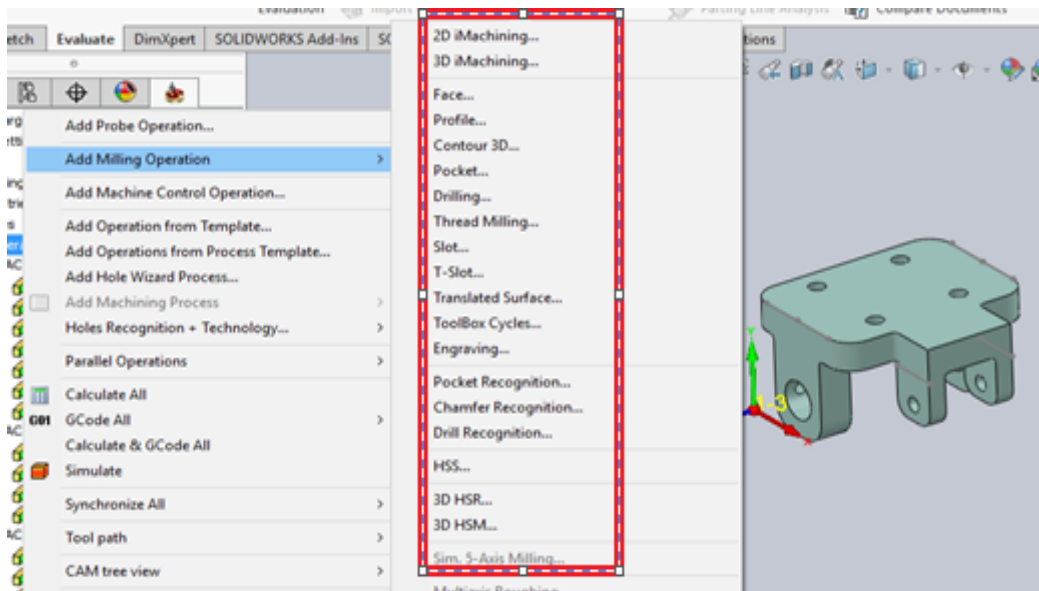
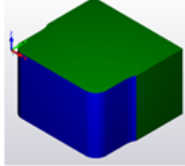
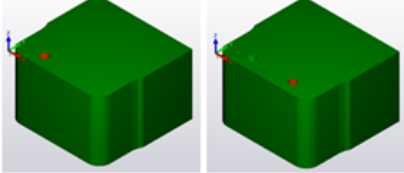
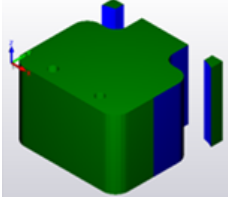
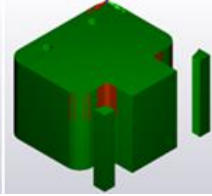
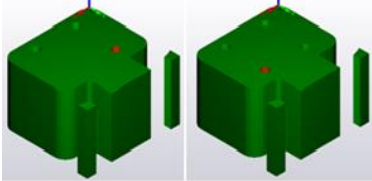
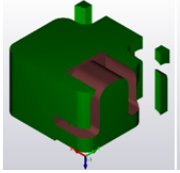
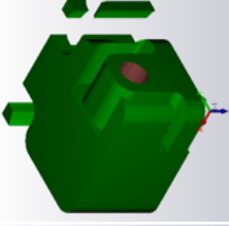
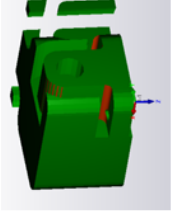
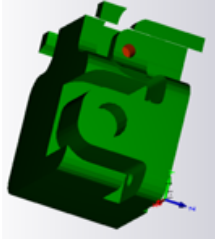
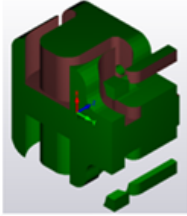
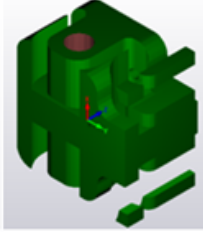
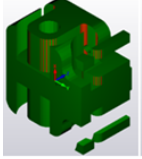
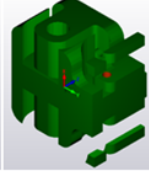
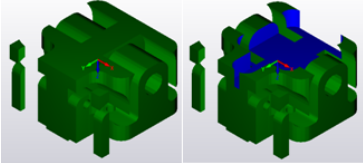


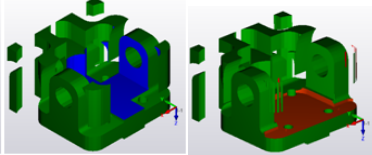
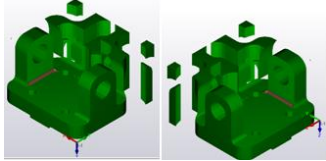
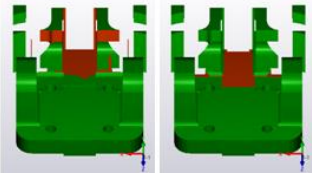
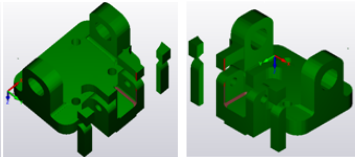
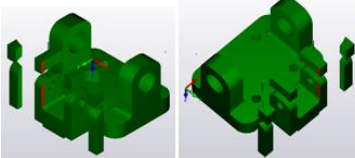
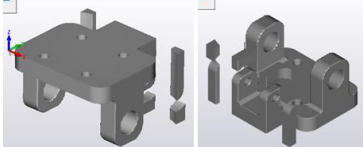
Figura 38. Operaciones CAM.

A continuación, se describe el proceso CAM paso a paso que posteriormente se utilizara para mecanizar la parte móvil, que se divide en 5 fases de trabajo por la forma de sujetar la materia prima a la mesa.

	<p>Toma de cero pieza para el mecanizado de la parte móvil.</p>
--	---

	<p>Para el mecanizado de esta parte se utiliza la operación de contorno hasta una profundidad de 49mm con pasadas de 1mm.</p>
	<p>Se utiliza broca de 5.5mm para realizar dos perforaciones como la medida en de 6,6 se utiliza una fresa de 5 mm y se realiza una cajera para ampliar los agujeros.</p>
	<p>En la fase 2 de trabajo se utiliza fresa de 16 mm y para desbastar el material dando el perfil de la parte móvil</p>
	<p>Como se muestra en la imagen se realiza un perfilado y dar forma a las esquinas con una fresa de 6mm.</p>
	<p>De igual manera que en la fase 1 se utiliza una broca de 5,5mm para las perforaciones de la parte superior y con una fresa de 5mm realizar una cajera para agrandar el agujero.</p>
	<p>Se mueve el cero pieza como se muestra en la figura, la operación que se utiliza es contorneado externo en desbaste hasta una profundidad de 30 mm y con una fresa de 16mm.</p>
	<p>La perforación se realiza mediante la utilización de una broca de 10mm hasta una profundidad de 13mm y posteriormente se utiliza una fresa de 8 mm con la operación de cajera para agrandar el agujero hasta 16mm</p>

	<p>Con una fresa de 6mm se realiza un perfilado, para dar forma en los redondeos en la parte izquierda de la parte móvil.</p>
	<p>Con una broca de 5.5mm se realiza una perforación en la parte indicada en la figura y se utiliza una fresa de 5 mm para agrandar el agujero y llegar a la medida nominal.</p>
	<p>Nuevamente se realiza el cambio de cero pieza donde se realiza la operación de perfil en la cara derecha de la parte móvil con una fresa de 16mm</p>
	<p>La perforación se realiza mediante la utilización de una broca de 10mm hasta la profundidad de 13mm y posteriormente se utiliza una fresa de 8 mm con la operación de cajera para agrandar el agujero hasta 16mm</p>
	<p>Con una fresa de 6mm se realiza un perfilado, para dar forma en los redondeos de la parte móvil.</p>
	<p>Con una broca de 5.5mm se realiza una perforación en la parte indicada en la figura y se utiliza una fresa de 5 mm para llegar a la medida del agujero</p>
	<p>Se realiza un cambio de cero pieza; y con una fresa de 16mm se realiza con un contorneado interno para poder eliminar material innecesario</p>

	<p>Como se observa en la figura se utiliza una fresa de 16mm con la operación de cajera interna y eliminar material hasta la profundidad de 35mm.</p>
	<p>En las figuras se muestra el mecanizado de los redondeos de cada lado se utiliza la operación de perfil con una fresa de punta redonda de 6,3mm</p>
	<p>Por el espacio angosto de la parte móvil se utiliza una fresa de 6mm para desbastar el material restante</p>
	<p>De igual manera se utiliza una fresa de punto redonda de 6,3mm para realizar los redondeas como se muestra en la imagen.</p>
	<p>Se utiliza la operación de contorneado para la remoción de material con una fresa de 6mm</p>
	<p>Vista isométrica de la parte móvil mecanizada por el simulador SOLID CAM.</p>

Después de la simulación CAM de la parte móvil, se obtiene el código G generado por el software al cual hay que revisar lleva un determinado tiempo, se corrige algunos errores que pueden existir, están pueden ser por mal cambio de herramientas o cero pieza equivocado, después de eso se realiza una retro alimentación para mejorar los tiempos de mecanizados y realizar la respectiva corrección de posibles errores en las estrategias de mecanizado.

Durante el mecanizado se presentó un problema muy importante la forma en cómo se coloca el material en bruto no es el adecuado por que se utiliza una entenalla de precisión que no está bien calibrada, lo que se hizo es compensar ese desnivel ajustando las medidas de lado desigual y verificando con un nivel de burbuja.

3.3.6. Hoja de proceso del mecanizado de la parte móvil

La hoja de procesos es la forma de identificar el trabajo que está realizando el operador donde consta los parámetros de todo el mecanizado como son los tiempos de mecanizado, herramientas utilizadas, diseño CAD, operaciones CAM; se detalla de mejor forma en los Anexos B hoja de procesos del mecanizado de la parte móvil en los tres distintos materiales.

3.4 ACOUPLE DE PIRÁMIDE

El acople pirámide es la parte más importante de la prótesis de rodilla su función es de unir la parte móvil con el muñón de pierna por medio del acople de su parte superior y sujeto por pernos, este acople tiene que tener un ángulo de 15 grados que es el espacio para realizar el movimiento de flexión y extensión de la rodilla a continuación se observa el diseño CAD del acople de pirámide en la Figura 39.

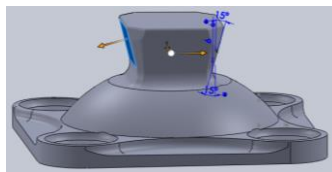


Figura 39. Acople de pirámide

El acople pirámide comprende de 5 fases de trabajo a continuación se describe la forma de fabricar por mecanizado CNC.

- **Diseño CAD**
- **Análisis CAM**
- **Selección de herramientas**
- **Cálculos de los parámetros de mecanización**
- **Simulación CAM**
- **Hoja de procesos**

3.4.1. Diseño CAD

El acople de pirámide es diseñado haciendo el uso de ingeniería inversa con escáner 3D, se observa en la Figura 40.



Figura 40. Vista isométrica del acople pirámide

3.4.2. Análisis CAM

Comprende en buscarla forma de cómo llevar al mecanizado la pieza, el primer paso es colocar los distintos ceros pieza que se necesite, como se observa en la Figura 41.

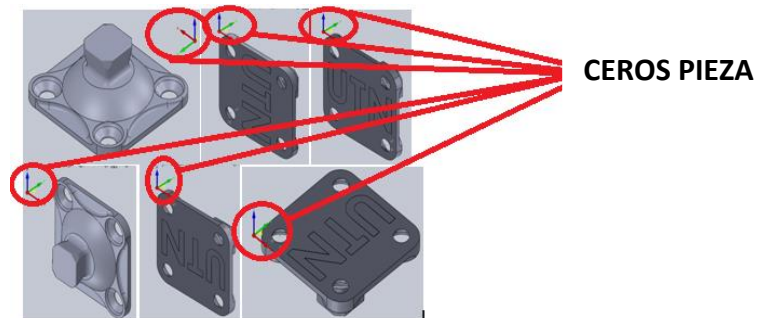


Figura 41. Ceros piezas del acople de pirámide

3.4.3. Selección de herramientas

La selección de herramientas para el mecanizado del acople de pirámide, se obtiene del análisis del diseño CAD, se elige el material a mecanizar y se escoge un tipo de herramienta, como es en este caso se utiliza las fresas en aceros rápidos HSS (High Speed Steel) según el catálogo de (Vertex), recomienda mecanizar con este tipo de herramientas por la resistencia que tiene al mecanizar a altas temperaturas con altas velocidades.

Las herramientas que se utilizan para el mecanizado del acople de pirámide son:

Tabla 18
Fresas para el acople de pirámide

Tipo	Diámetro (mm)	Numero de filos	Tipo de operaciones
Fresa frontal	8	4	Contorno externo
Fresa frontal	5	4	Cajera interna
Fresa de punta redonda	5	4	Perfil, HSM lineal

3.4.4. Cálculos de los parámetros de mecanización para el acople de pirámide

La velocidad de corte es proporcionada por el fabricante de herramientas que se utilizó en los mecanizados de las diferentes partes de la prótesis de rodilla, en nuestro caso (Vertex, s.f.), es recomendable que para el fresado por desbaste utilizar un porcentaje de herramienta del 80% según (Mallorqui & Carrasco, 2012); y el avance por diente, es tomado en cuenta las recomendaciones de (Kalpakjian & Schmid, 2008), y la profundidad de corte longitudinal por (A.L.CASILLAS).

Cálculos para fresa de 16mm

Tabla 19

Parámetros de herramientas de corte inicial

Factor de seguridad:	80%
Velocidad de corte V_c:	100 m/min
Avance por diente f_z:	0,1 mm
Profundidad de corte longitudinal a_p:	2 mm
Profundidad de corte radial a_e:	12 mm
Potencia k_c:	104 N/mm ²
Diámetro D_{16}:	16mm
Numero de dientes Z_c:	4

VELOCIDAD DEL HUSILLO

$$N = \frac{V_c * 1000}{\pi * D_{16}} * 80\%$$

$$N = 1591Rpm$$

VELOCIDAD DE AVANCE

$$V_f = f_z * N * Z_c$$

$$V_f = 636,4 \frac{mm}{min}$$

ARRANQUE DE VIRUTA

$$Q = \frac{a_p * a_e * V_f}{1000}$$

$$Q = 15,27 \frac{cm^3}{min}$$

Cálculos para fresa de 6mm

Tabla 20.

Parámetros de herramientas de corte inicial

Factor de seguridad:	80%
Velocidad de corte Vc:	50 m/min
Avance por diente fz:	0,1 mm
Profundidad de corte longitudinal ap:	1 mm
Profundidad de corte radial ae:	5 mm
Potencia kc:	104 N/mm ²
Diámetro D6:	6mm
Numero de dientes Zc:	4

VELOCIDAD DEL HUSILLO

$$N = \frac{Vc * 1000}{\pi * D6} * 80\%$$

$$N = 2121Rpm$$

VELOCIDAD DE AVANCE

$$Vf = fz * N * Zc$$

$$Vf = 848,4 \frac{mm}{min}$$

ARRANQUE DE VIRUTA

$$Q = \frac{ap * ae * Vf}{1000}$$

$$Q = 4,24 \frac{cm^3}{min}$$

Cálculos para fresa de 5 mm de punta redonda

Tabla 21

Parámetros de herramientas de corte inicial

Diámetro D5:	5mm
Profundidad de corte longitudinal ap:	1mm
Espesor de máximo de viruta hex:	0,1mm
Profundidad de corte radial ae:	2,5mm
Velocidad de corte Vc:	50 m/min

VELOCIDAD DEL HUSILLO

$$N = \frac{Vc * 1000}{\pi * D5} * 80\%$$

$$N = 2510Rpm$$

VELOCIDAD DE AVANCE

$$Vf = fz * N * Zc$$

$$Vf = 1004 \frac{mm}{min}$$

ARRANQUE DE VIRUTA

$$Q = \frac{ap * ae * Vf}{1000}$$

$$Q = 2,51 \frac{cm^3}{min}$$

DIAMETRO DE CORTE MAXIMO A PROFUNDIDAD ESPECÍFICA

$$Dc = \sqrt{D5^2 - (D5 - 2 * ap)^2}$$

$$Dc = 4mm$$

AVANCE POR DIENTE DE FRESADO

$$fz = \frac{D5 * hex}{Dc}$$

$$fz = 0,125 mm$$

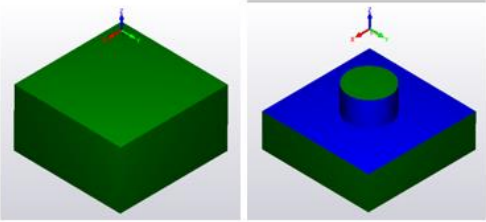
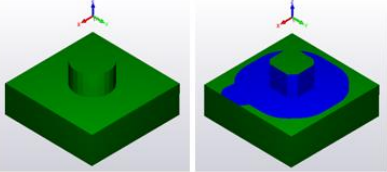
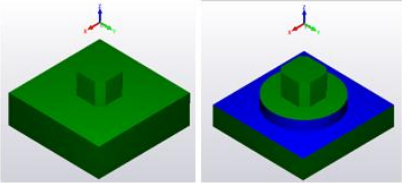
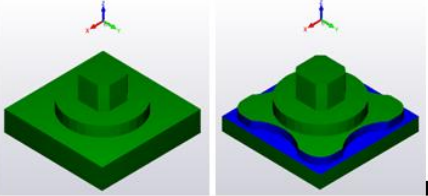
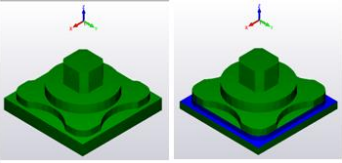
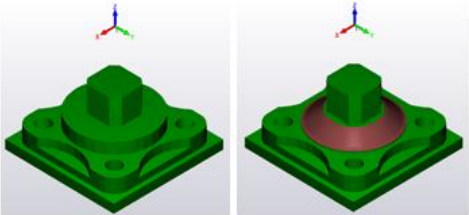
AVANCE POR DIENTE, FRESADO LATERAL

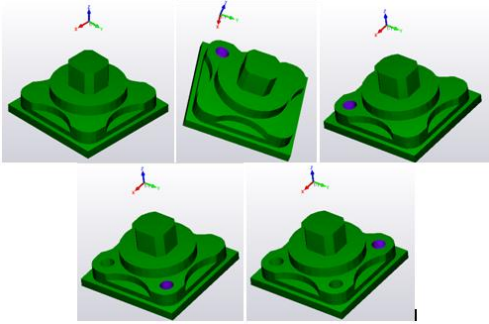
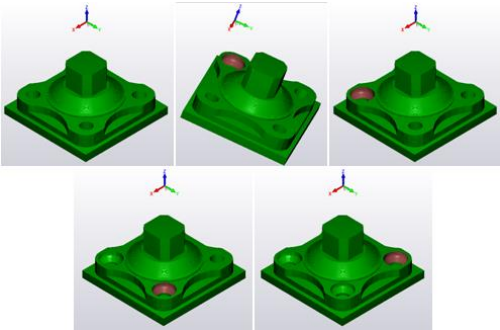
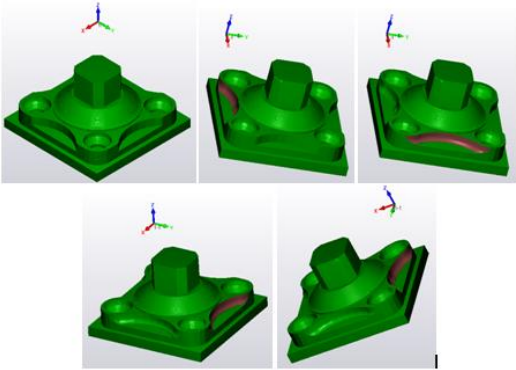
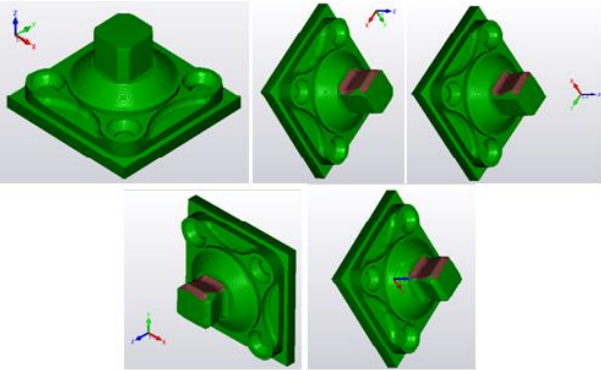
$$fz1 = \frac{D5 * hex}{\sqrt{D5^2 - (D5 - 2 * ae)^2}}$$

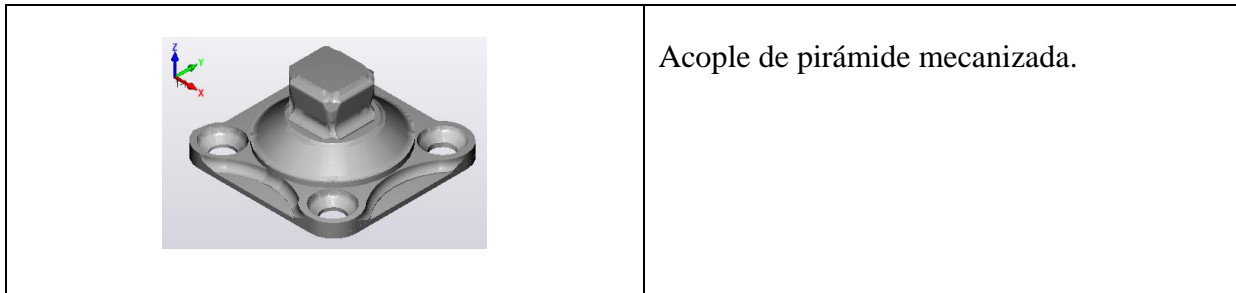
$$fz1 = 0,1mm$$

3.4.5. Simulación CAM

A continuación, se describe paso por paso el mecanizado del acople de pirámide.

	<p>Toma cero pieza, a verificación de la colocación de las herramientas de sujeción, posteriormente se realiza un contorno externo en desbaste de 1mm al material en bruto</p>
	<p>Con la operación de perfil se realiza un perfilado para dar la forma que se muestra en la figura.</p>
	<p>En esta figura se muestra el mecanizado con la operación cajera</p>
	<p>Para esta operación se utiliza la operación de perfil y se mecaniza como se muestra en la figura.</p>
	<p>En este mecanizado se utiliza la operación de contorno.</p>
	<p>Para el mecanizado de este tipo de figuras se utiliza la operación HSM, donde el mecanizado es analizado por el software CAM generando los códigos necesarios para esta figura.</p>

	<p>En esta figura se muestra 4 agujeros donde se utiliza una broca de 5.5mm y se realiza los agujeros con la operación de taladrado, y posteriormente se utiliza una fresa de 5mm para agrandar los agujeros hasta 6,6mm</p>
	<p>Como se muestra en la figura los agujeros tienen unas figuras redondeadas, se utiliza la operación de HSM para poder mecanizar este tipo de figuras.</p>
	<p>Los perfilados que se muestran en la figura se mecanizan utilizando una fresa de punta redonda y realizar un perfil en las esquinas donde se produce concentración de esfuerzos.</p>
	<p>En esta figura se muestra el mecanizado de los redondeados de la cabeza en forma de pirámide donde se utiliza la operación de HSM en el cambio de los diferentes ceros pieza.</p>



Se utiliza 5 fase de trabajo para la fabricación del acople de pirámide se visualiza de mejor manera con el desarrollo de la simulación CAM, y se realiza la verificación del código G generado por el software que no contenga errores, esta verificación lleva un determinado tiempo porque su revisión se realiza minuciosamente línea por línea, y se obtiene una retro alimentación para mejorar los tiempos de mecanizados y realizar la respectiva corrección de posibles errores en las estrategias de mecanizado.

Durante el mecanizado del acople de pirámide se presentó el mismo problema de la parte móvil la forma en cómo se coloca la pieza sobre todo cuando se va a mecanizar los chaflanes de la cabeza, se utiliza una entenalla de precisión, pero no está bien calibrada, lo que se hizo es compensar ese desnivel, compensando el lado donde esta desigual y verificando con un nivel.

3.4.6. Hoja de proceso del mecanizado del acople de pirámide

La hoja de procesos es la forma de identificar el trabajo que está realizando el operador donde consta los parámetros de mecanizado como los tiempos de mecanizado, herramientas utilizadas, diseño CAD, operaciones CAM; se detalla de mejor forma en los Anexos B en la hoja de procesos del mecanizado del acople de pirámide en los tres distintos materiales.

3.5 ESTRUCTURA BASE

La estructura base es la pieza que soporta el peso de todo el cuerpo humano, simula a un fémur y mediante un pasador transmite el movimiento generado por la parte móvil.

La mecanización de la estructura base es en 5 fases de trabajo donde se describe la forma de mecanizar en tres distintos materiales.

- **Diseño CAD**
- **Análisis CAM**
- **Selección de herramientas**

- **Cálculos de los parámetros de mecanización**
- **Simulación CAM**
- **Hoja de procesos**

3.5.1 Diseño CAD

El diseño de la estructura base tiene una forma compleja de mecanizar, el cual hay que analizar la manera en cómo llevar esta pieza a la fabricación. Obsérvese en la Figura 42.

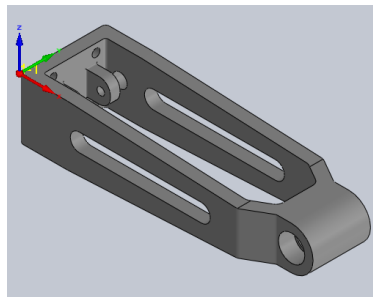


Figura 42. Vista isométrica de la estructura base.

3.5.2 Análisis CAM

Mediante el diseño establecido el análisis por CAM requiere de visualizar la manera de cómo un tocho de material se puede llevar a la fabricación de esta pieza. Se comienza con el tipo de herramientas a utilizar, además se observa que con un solo cero pieza no se va a poder mecanizar toda la pieza, hay que moverle a 5 distintos ceros pieza.

3.5.3 Selección herramientas.

La selección de herramientas para el mecanizado de la estructura base, se obtiene del análisis del diseño CAD, se elige el material a mecanizar y se escoge un tipo de herramienta, como es en este caso se utiliza las fresas en aceros rápidos HSS (High Speed Steel) según el catálogo de (Vertex) recomienda utilizar este tipo de herramientas porque tiene más dureza que el aluminio, resistentes a altas temperaturas y según el proveedor en el país su costo es económico con respecto a herramientas con aleaciones más compuestas.

Las herramientas que se utilizan para el mecanizado de la parte móvil son:

Tabla 22*Fresas para el mecanizado de la estructura base*

Tipo	Diámetro (mm)	Numero de filos	Tipo de operaciones
Fresa frontal	16	4	Planeado, Cajera interna, contorno, perfil
Fresa frontal	8	4	Contorno interno y externo
Fresa frontal	6	4	Cajera interna
Fresa frontal	5	4	Cajera interna
Fresa de punta redonda	5	4	Perfil, HSM lineal

3.5.4. Cálculos de los parámetros de mecanización para la estructura base

La velocidad de corte es proporcionada por el fabricante de herramientas que se utilizó en los mecanizados de las diferentes partes de la prótesis de rodilla, en nuestro caso (Vertex, s.f.), es recomendable que para el fresado por desbaste utilizar un porcentaje de herramienta del 80% según (Mallorqui & Carrasco, 2012); y el avance por diente, es tomado en cuenta las recomendaciones de (Kalpakjian & Schmid, 2008), y la profundidad de corte longitudinal por (A.L.CASILLAS).

Cálculos para fresa de 16mm

Tabla 23

Parámetros de herramientas de corte inicial

Factor de seguridad:	80%
Velocidad de corte V_c:	100 m/min
Avance por diente f_z:	0,1 mm
Profundidad de corte longitudinal a_p:	2 mm
Profundidad de corte radial a_e:	12 mm
Potencia k_c:	104 N/mm ²
Diámetro D_{16}:	16mm
Numero de dientes Z_c:	4

VELOCIDAD DEL HUSILLO

$$N = \frac{V_c * 1000}{\pi * D_{16}} * 80\%$$

$$N = 1591Rpm$$

VELOCIDAD DE AVANCE

$$Vf = fz * N * Zc$$

$$Vf = 636,4 \frac{mm}{min}$$

ARRANQUE DE VIRUTA

$$Q = \frac{ap * ae * Vf}{1000}$$

$$Q = 15,27 \frac{cm^3}{min}$$

Cálculos para fresa de 8mm

Tabla 24

Parámetros de herramientas de corte inicial

Factor de seguridad:	80%
Velocidad de corte Vc:	50 m/min
Avance por diente fz:	0,1 mm
Profundidad de corte longitudinal ap:	2 mm
Profundidad de corte radial ae:	6 mm
Potencia kc:	104 N/mm ²
Diámetro D8:	8mm
Numero de dientes Zc:	4

VELOCIDAD DEL HUSILLO

$$N = \frac{Vc * 1000}{\pi * D8} * 80\%$$

$$N = 1591Rpm$$

VELOCIDAD DE AVANCE

$$Vf = fz * N * Zc$$

$$Vf = 636,4 \frac{mm}{min}$$

ARRANQUE DE VIRUTA

$$Q = \frac{ap * ae * Vf}{1000}$$

$$Q = 7,63 \frac{cm^3}{min}$$

Cálculos para fresa de 6mm

Tabla 25

Parámetros de herramientas de corte inicial

Factor de seguridad:	80%
Velocidad de corte Vc:	50 m/min
Avance por diente fz:	0,1 mm
Profundidad de corte longitudinal ap:	1 mm
Profundidad de corte radial ae:	5 mm
Potencia kc:	104 N/mm ²
Diámetro D₆:	6mm
Numero de dientes Zc:	4

VELOCIDAD DEL HUSILLO

$$N = \frac{V_c * 1000}{\pi * D_6} * 80\%$$

$$N = 2121 \text{Rpm}$$

VELOCIDAD DE AVANCE

$$V_f = f_z * N * Z_c$$

$$V_f = 848,4 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

ARRANQUE DE VIRUTA

$$Q = \frac{a_p * a_e * V_f}{1000}$$

$$Q = 4,24 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

Cálculos para fresa de 5 mm de punta redonda

Tabla 26

Parámetros de herramientas de corte inicial

Diámetro D₅:	5mm
Profundidad de corte longitudinal ap:	1 mm
Espesor de máximo de viruta hex:	1 mm
Profundidad de corte radial ae:	2,5 mm
Velocidad de corte Vc:	50 m/min

VELOCIDAD DEL HUSILLO

$$N = \frac{Vc * 1000}{\pi * D5} * 80\%$$

$$N = 2510Rpm$$

VELOCIDAD DE AVANCE

$$Vf = fz * N * Zc$$

$$Vf = 1004 \frac{mm}{min}$$

ARRANQUE DE VIRUTA

$$Q = \frac{ap * ae * Vf}{1000}$$

$$Q = 2,51 \frac{cm^3}{min}$$

DIAMETRO DE CORTE MÁXIMO A PROFUNDIDAD ESPECÍFICA

$$Dc = \sqrt{D5^2 - (D5 - 2 * ap)^2}$$

$$Dc = 4mm$$

AVANCE POR DIENTE DE FRESADO

$$fz = \frac{D5 * hex}{Dc}$$

$$fz = 0,125mm$$

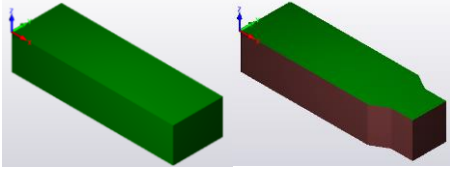
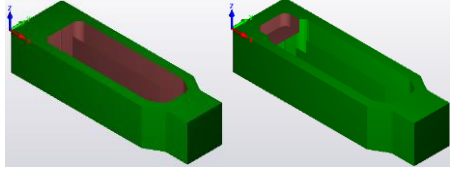
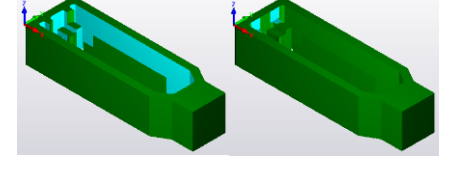
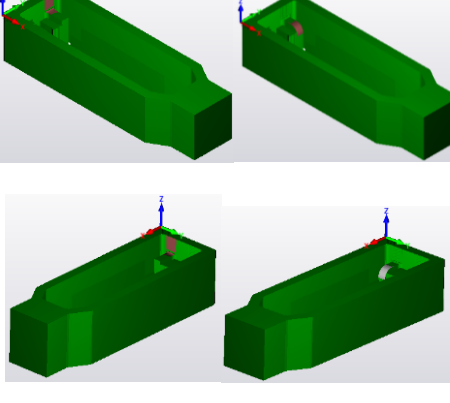
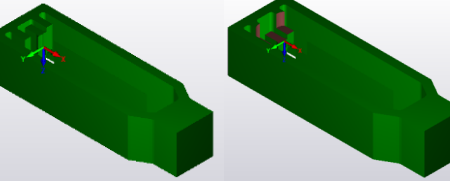
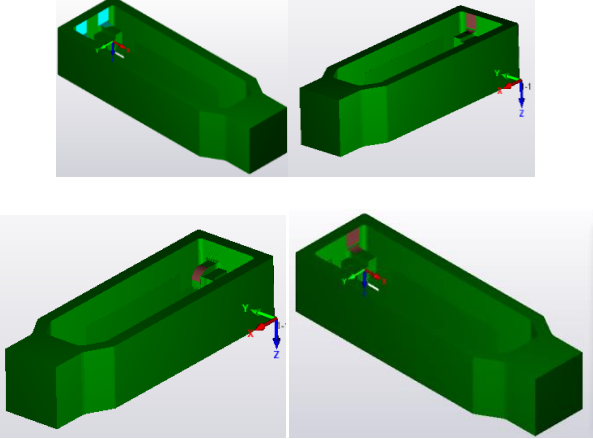
AVANCE POR DIENTE, FRESADO LATERAL

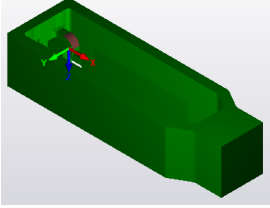
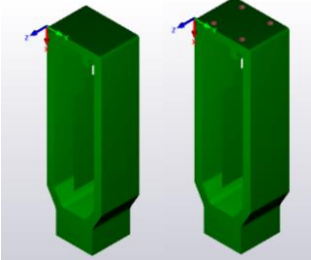
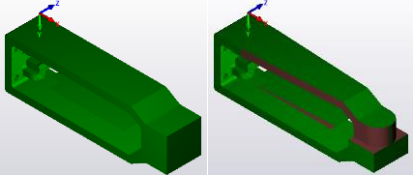
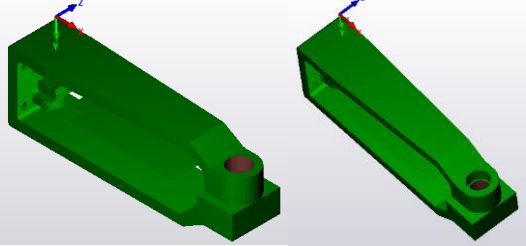
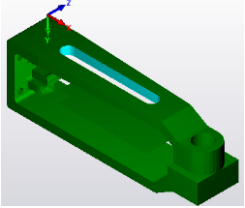
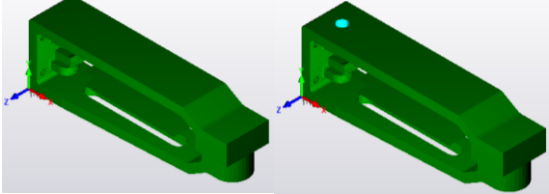
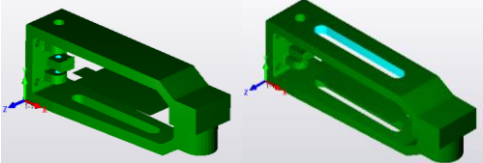
$$fz1 = \frac{D5 * hex}{\sqrt{D5^2 - (D5 - 2 * ae)^2}}$$

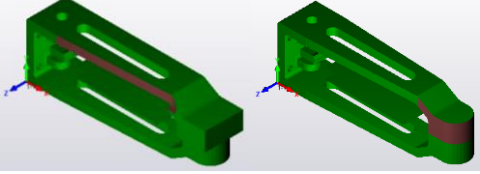
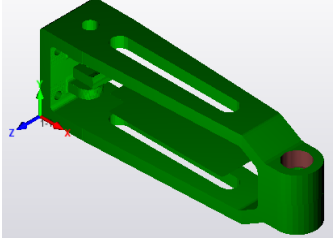
$$fz1 = 0,1mm$$

3.5.5. Simulación CAM

A continuación, se describe paso a paso el proceso CAM de la estructura base de la prótesis de rodilla, se divide en 5 fases de trabajo por la forma de sujeción del material.

	<p>El material en bruto es mecanizado con una fresa de 16mm con la operación de perfil por la parte externa del material.</p>
	<p>La operación de cajera se utiliza para el desbaste excedente del material.</p>
	<p>Con la operación de perfil se utiliza para un desbaste de material en la parte interna con una fresa de 6mm.</p>
	<p>Con una fresa de 5 mm se mecaniza los redondeos que se muestra en la figura.</p>
	<p>Como se muestra en la figura se realiza el mecanizado de la parte interna de la estructura base eliminando material excesivo.</p>
	<p>Con una fresa de 5 mm se mecaniza los redondeos que se muestra en la figura.</p>

	
	<p>Como se muestra en la figura se realiza un cambio de cero pieza para así poder realizar el taladrado y cajera que se muestra.</p>
	<p>Nuevamente se cambia el cero pieza y se realiza la operación de perfil externo</p>
	<p>Con la operación de taladrado se realiza las perforaciones hasta la profundidad de 60 mm, y con la operación de cajera se realiza en agrandamiento de la perforación.</p>
	<p>Con la operación de cajera se realiza un desbaste de material interno como se muestra en la figura.</p>
	<p>Como se muestra en la figura se realiza un cambio de cero pieza y se realiza una perforación con la operación de taladrado y cajera para agrandar el agujero.</p>
	<p>Se utiliza una fresa de 8mm para realizar el mecanizado de la figura con la operación de cajera.</p>

	<p>Con la operación de contorno se utiliza para mecanizar la otra parte del perfil de la estructura base</p>
	<p>Para la siguiente operación se utiliza la operación de taladrado y realizar una perforación y con la operación de cajera agrandar el agujero que se muestra en la figura</p>

Después de la simulación CAM al que las demás piezas se realizó la verificación del código G generado por el software, este análisis lleva un determinado tiempo hasta corregir posibles errores, después de arreglar los errores se obtiene una retro alimentación para mejorar los tiempos de mecanizados y realizar la respectiva corrección de posibles errores en las estrategias de mecanizado.

Durante el mecanizado de la estructura base se presentó el mismo problema de la parte móvil y el acople la forma en cómo se coloca la pieza para el mecanizado, se utiliza una entenalla de precisión, pero no está bien calibrada, lo que se hizo es compensar ese desnivel, compensando el lado donde esta desigual y verificando con un nivel además se utiliza bridas de sujeción las cuales sirven para apretar la pieza contra la mesa para poder trabajar en uno de sus lados, y de igual manera controlando con un nivel y no causar desniveles por apriete.

3.5.6. Hoja de proceso del mecanizado de la estructura base

La hoja de procesos es la forma de identificar el trabajo que está realizando el operador donde consta los parámetros de mecanizado como los tiempos de mecanizado, herramientas utilizadas, diseño CAD, operaciones CAM; se detalla de mejor forma en los Anexos B hoja de procesos del mecanizado de la estructura base en los tres distintos materiales.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se propuso mecanizar la prótesis en diferentes materiales, la utilización del aluminio fundido es para comprobar que las fases de trabajo son correctas, en este mecanizado es posible verificar los errores en programación G, seteo de herramientas, tipo de ajuste de la pieza.

La dificultad de mecanizar la prótesis de rodilla está en el cambio de los diferentes ceros pieza, la razón es que hay que mover la pieza en diferentes posiciones lo cual hace que el mecanizado tenga errores de apreciación como se espera eso depende en gran parte del tipo de herramienta de corte y ajuste de la máquina CNC.

4.1. Análisis de resultados de la prótesis de rodilla en aluminio fundido

Tolerancias dimensionales y geométricas

El análisis del mecanizado de la prótesis de rodilla se verifica y controla mediante la utilización de las tolerancias ya sean dimensionales o geométricas eso depende que se quiera analizar. A continuación, se analiza mediante diagramas cada tipo de tolerancia geométrica.

4.1.1. Rectitud

Para realizar la comprobación de la rectitud en las piezas de la prótesis de rodilla, se utiliza un calibrador y se toma medidas en diferentes puntos, y se toma datos de todas las medidas y se compara con las medidas del diseño establecido. Como se observa en la figura 43.

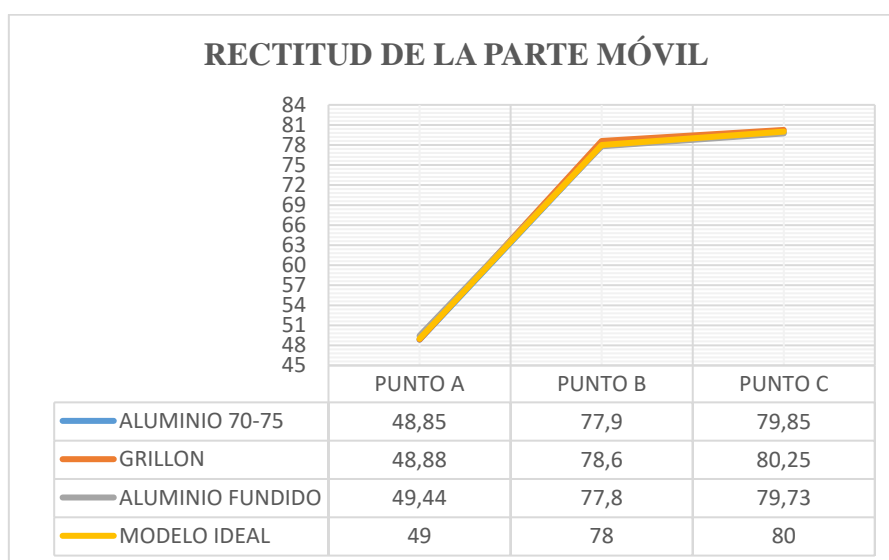


Figura 43. Rectitud de la parte móvil

Como se observa en la figura 44, los puntos medidos tienen una similitud c pequeñas diferencias entre sí, se va mejorando desde el mecanizado en aluminio fundido y el Grillon que sobre pasan las medidas establecidas, mientras que el aluminio Al7075 conserva las medidas sin pasarse dejando una pequeña medida para acabado.

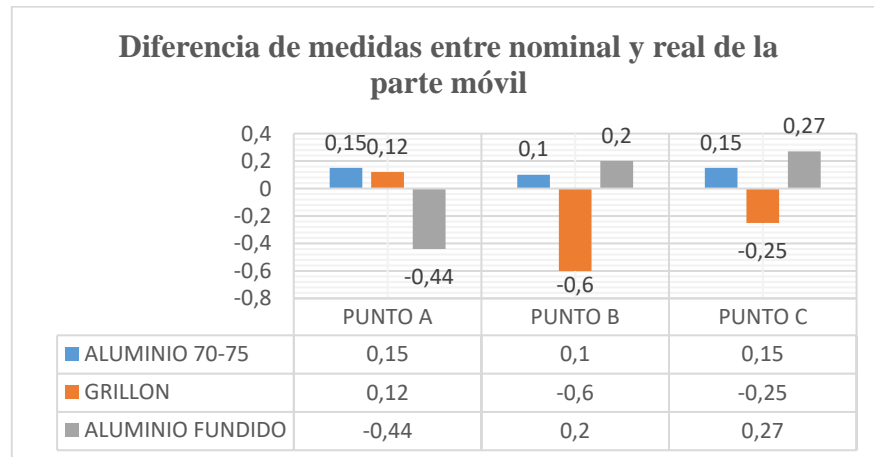


Figura 44. Diferencia de mediadas en la rectitud de la parte móvil

Se determina que en el punto B del material Grillon tiene 0,6 de mm de desfase a la medida nominal, se debe a la forma en cómo se sujetó el material a la mesa utilizando bridas de sujeción y se mecanizo por partes haciendo que en cada parte que se apretaba se tiende a generar un pequeño desfase, que se comprueba con un nivel de burbuja, para que este tipo de errores no sucedan es necesario contar con una entenalla de precisión bien calibrada.

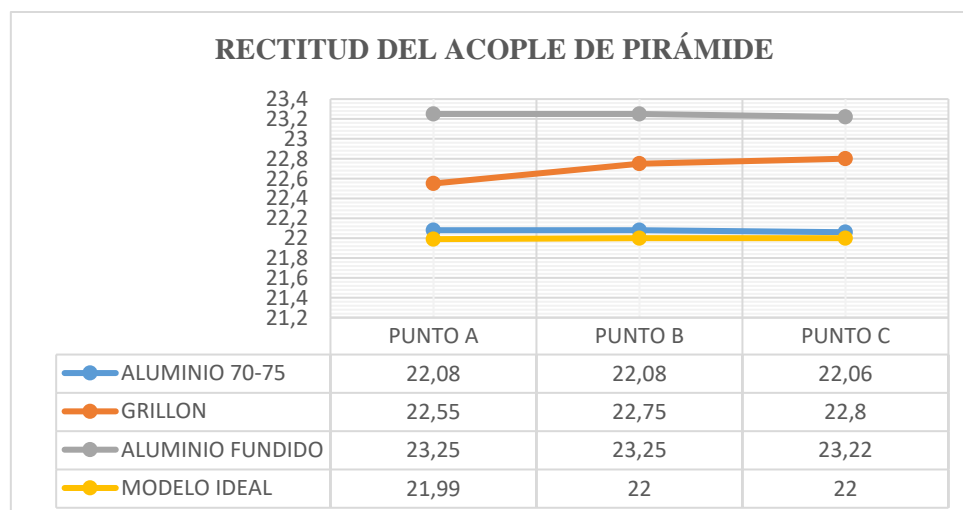


Figura 45. Rectitud del acople de pirámide.

Como se observa en la figura 46, el material de aluminio fundido tiene mayor desnivel en los tres puntos, se mejora en el grillon reduciendo la diferencia de desfase, y en el aluminio Al 7075 debido a las experiencias de las otras piezas se observa que las medidas tomadas de esta pieza están más cerca de las mediadas nominales.

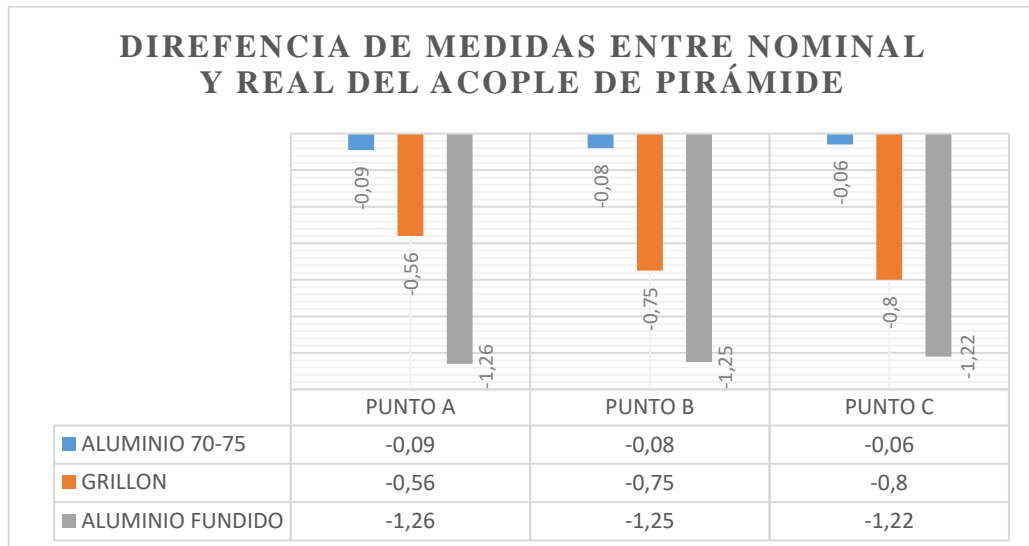


Figura 46. Diferencia de mediadas en la rectitud del acople de pirámide

La diferencia de mediadas entre nominal y real tiene los puntos más altos en el aluminio fundido, es esta falla se debe a la inexperiencia del operador al apresurarse a desmontar la pieza de la entenalla, se mejora en el grillon considerablemente, pero al no tener una entenalla bien calibrada se da este tipo de errores, pero en el aluminio Al7075 el desnivel es muy pequeño porque se compenso en las partes de más problema.

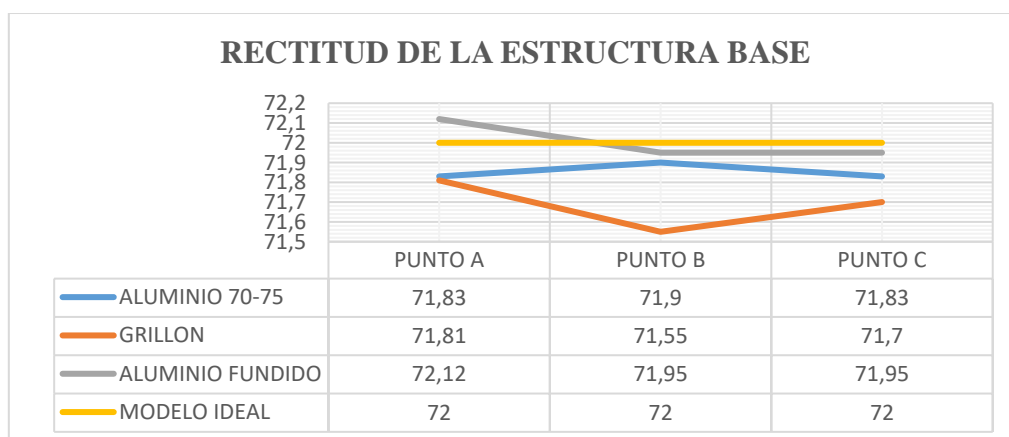


Figura 47. Rectitud de la estructura base.

Como se observa en la figura 48 el material de grillon y aluminio Al7075 están por debajo de las medidas nominales, no se puede dar operación de acabado, esto puede deber a factores como herramienta de corte en mal estado, no se respeta las medidas estándares de apriete de la herramienta, o el apriete de pieza muy débil hace que se mueva el material.

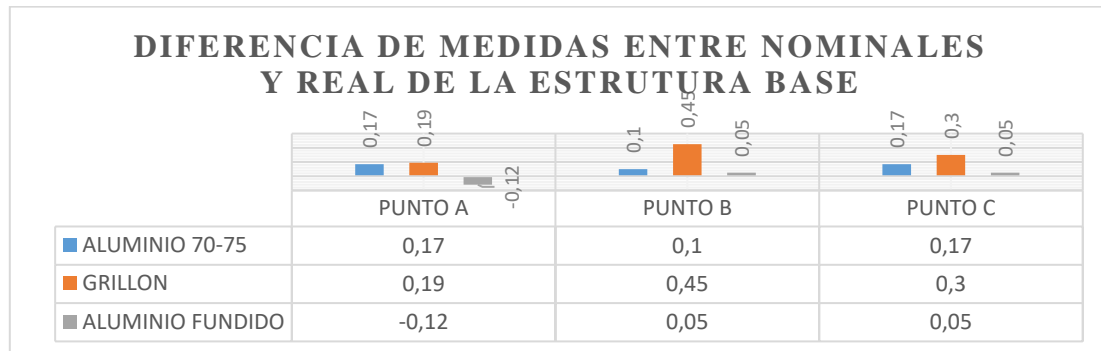


Figura 48. Error en la rectitud de la estructura base.

Como se muestra en la figura 48, el material de Grillon tiene una diferencia de medida en el punto B es de 0,45 de mm, es el punto más notable de estas piezas, este desfase de medidas se debe a que no se respetó las medidas normales para el apriete de la herramienta en el cono el cual produce fallas al momento de realizar el mecanizado, el mismo problema se produjo en la pieza de aluminio Al7075 se respetó las medidas normales de apriete de herramienta, pero la sujeción del material a la mesa no era suficientemente fuerte y la pieza se movió, este error puede eliminarse utilizando una entenalla de precisión hidráulica que hace que apriete sea lo justo para que no se mueva la pieza y no se lastime la tolerancia.

4.1.2. Planicidad

Para hacer la prueba de planicidad en las piezas se realiza con papel carbón colocado en una superficie plana, y se pasa la cara de la pieza que se quiere analizar por el papel carbón hasta que esta cara se pinte, después se verifica que toda la cara este pintada y si no es así se toma medidas de la parte que no se pintó clasificando como error de mecanizado. Se dan valores de EXCELENTE o 100 % si no tiene errores, si tiene errores muy leves es BUENO y los valores van de 99% a 90%, y si el error esta entre los valores de 89% a 80% se determina como MALO.

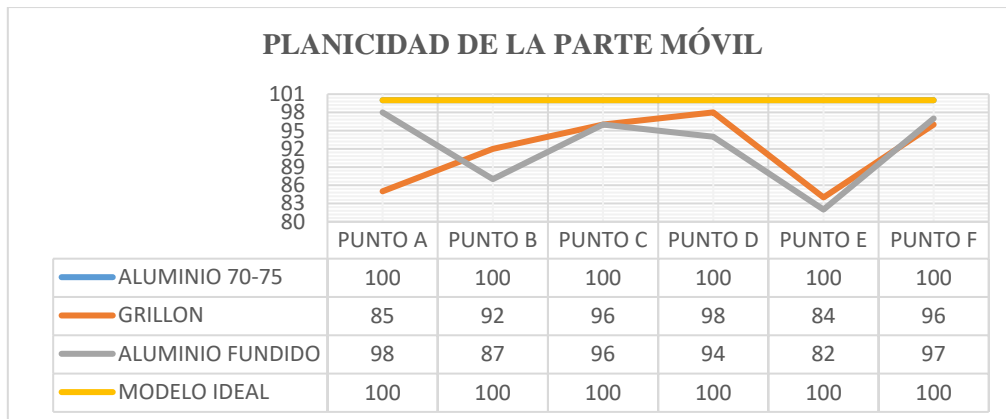


Figura 49. Planicidad de la parte móvil.

Para la planicidad en la figura 49, se demuestra que el aluminio fundido tiene un desnivel más pronunciado que los demás, lo mismo pasa con el grillon que no hay mucha mejora y que en el aluminio Al 7075 el mecanizado se hizo con todos los parámetros controlados.

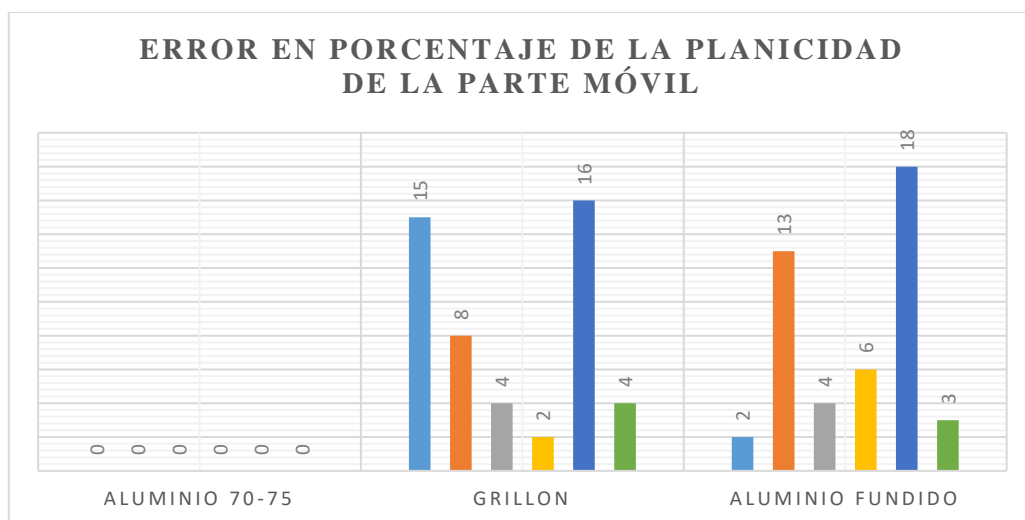


Figura 50. Error de la planicidad de la parte móvil.

Como se observa en la figura 50, el porcentaje de error más notable está en la pieza el aluminio fundido, de igual manera en la pieza de grillon, pero se mejora un 5% esto se debe a que la sujeción por bridas es mucho mejor que la entenalla, pero no se respetó a la velocidad de corte y avance, mientras que en el aluminio Al7075 se conservó los parámetros de corte y avance como los de sujeción con bridas por eso no tiene errores notables.

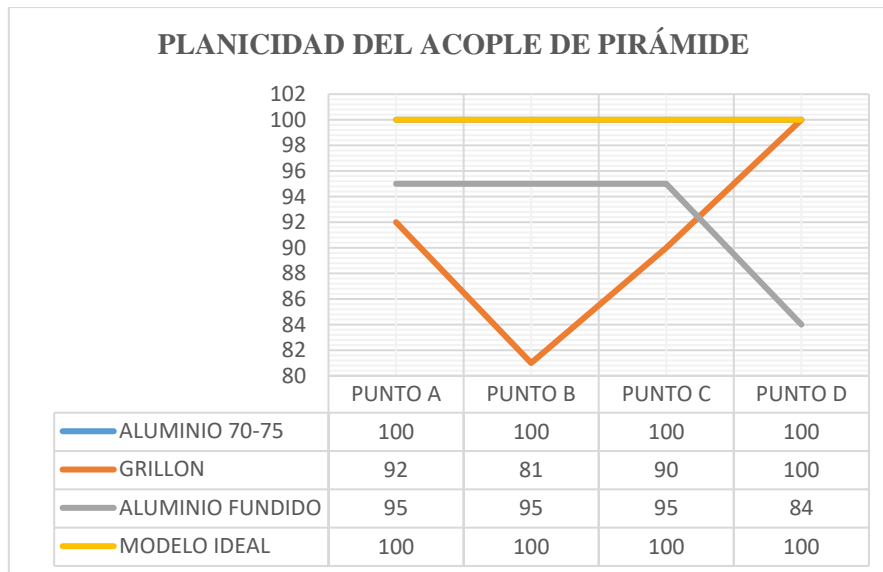


Figura 51. Planicidad del acople de pirámide.

En el punto B el material de grillon presenta una deformidad muy alta es el punto más crítico, y el aluminio fundido presenta un desnivel en el punto C, mientras que el aluminio Al7075 no tiene errores.

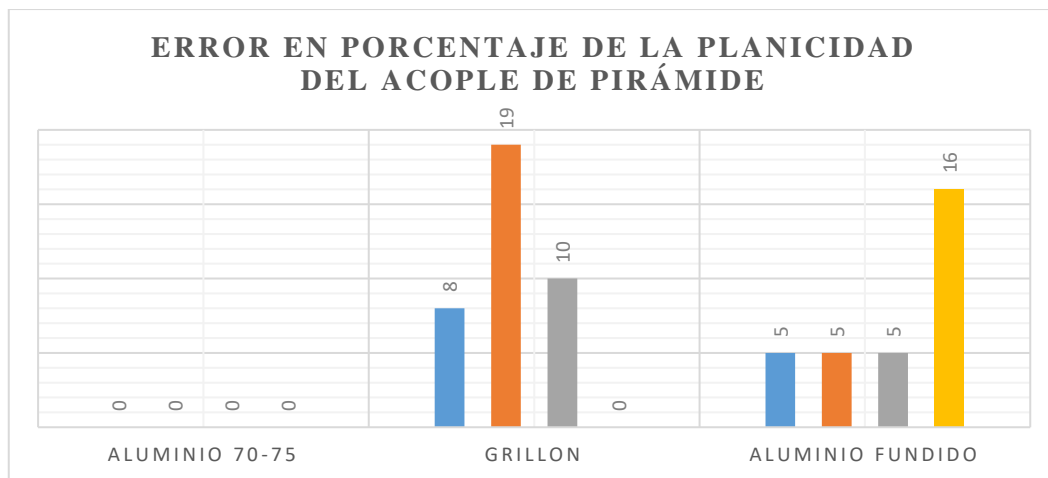


Figura 52. Error de la planicidad del acople de pirámide.

Como se muestra en la figura 52, el error más elevado está en el material de grillon, este desnivel se produce por el mal apriete de la pieza y las propiedades material que es muy blando; en el aluminio fundido el desnivel es bajo porque el material es más duro y resistente al corte de las herramientas.

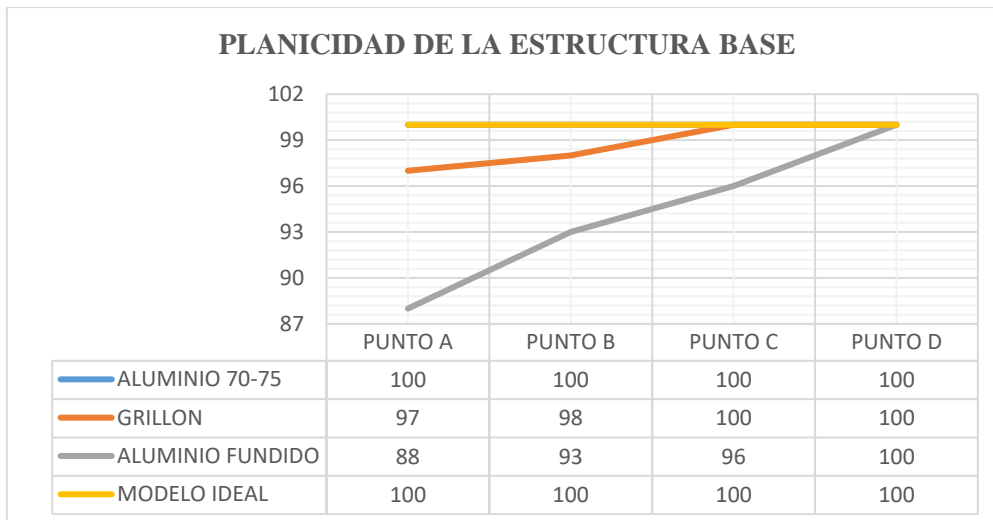


Figura 53. Planicidad de la estructura base.

La pieza mecanizada en aluminio fundido tiene más desnivel que los demás materiales sobretodo en el punto A, la pieza en material de grillon tiene un error pequeño y se acerca a las medidas del modelo ideal, el aluminio Al7075 no presenta irregularidades en planicidad.

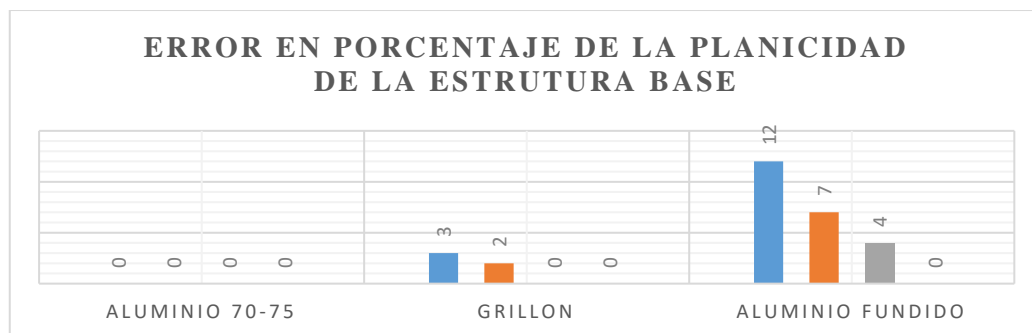


Figura 54. Error de la planicidad de la estructura base.

El aluminio fundido tiene un error del 12% como punto crítico, se debe a la sujeción con entenalla para el mecanizado, de igual manera con el material grillon, pero se utilizó bridas de apriete con la mesa y se redujo la velocidad de avance para que en el momento de desprendimiento de material no se produzca vibraciones, y el material en aluminio Al7075 con la corrección de los anteriores mecanizados se mejoró notablemente.

4.1.3. Redondez

Para verificar la redondez de un agujero, se realiza con un calibrador y se toma medidas tanto en el eje X y el eje Y, si las medidas coinciden es que el agujero esta redondo. Esta prueba se realiza a las tres piezas de la prótesis de rodilla en los tres distintos materiales.

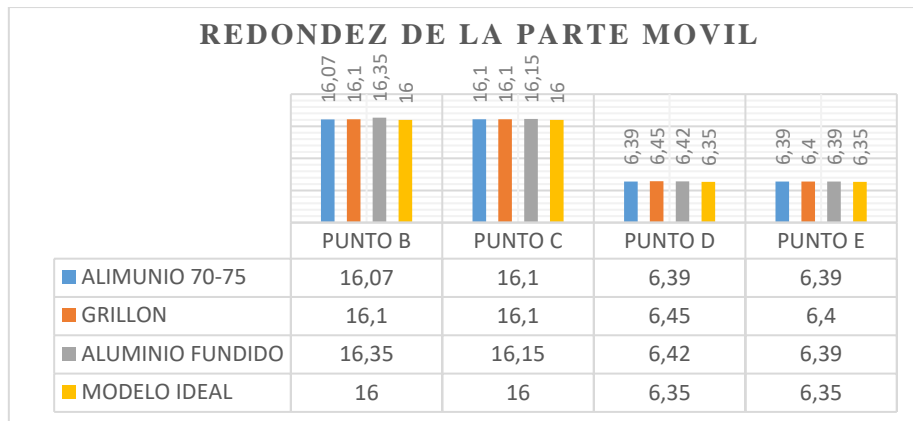


Figura 55. Redondez de la parte móvil.

Para la prueba de redondez de la parte móvil se realiza midiendo tanto el agujero grande de 16 mm y el agujero pequeño de 6,35 mm, como se observa en la figura 56, el aluminio fundido 0,35 de mm más que la medida nominal es el punto crítico más alto, mientras que las piezas en material grillon conserva su medida, pero se encuentra fuera de las medidas exactas; el aluminio Al7075 se acerca a la medida ideal en los dos agujeros.

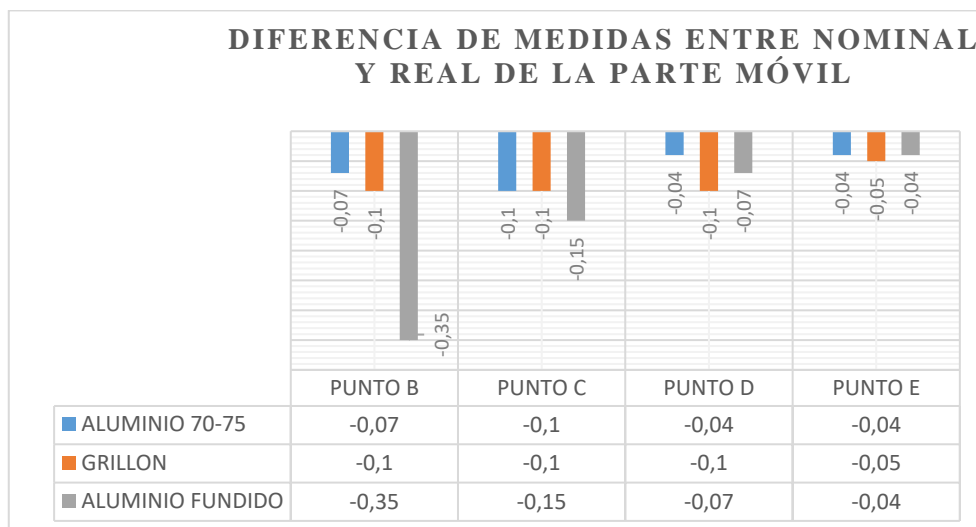


Figura 56. Diferencia de medida de la redondez de la parte móvil.

La medida más alta está en el punto B del aluminio fundido, esto se debe a que las medidas nominales no coincidían con las medidas de las piezas de unión se revisó y se confirmó esta desviación, para corregir este error se debe revisar los planos y las piezas que van a formar parte del mecanismo antes de mecanizar.

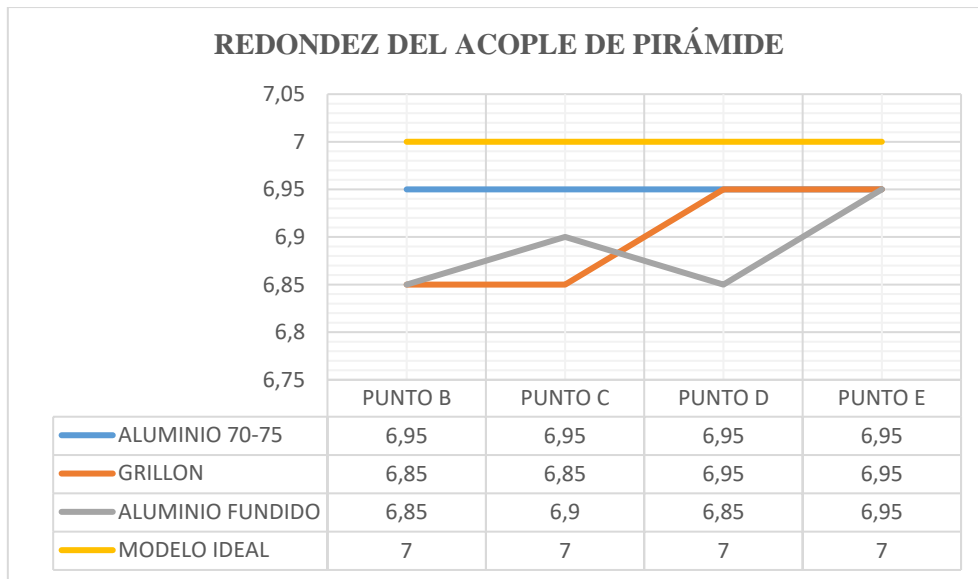


Figura 57. Redondez del acople de pirámide.

Como se observa en la figura 58, que la redondez de las piezas en los materiales aluminio fundido y grillon tiene irregularidades en todos los puntos escogidos como medidas, mientras que en el aluminio Al7075 tiene medidas constantes en todos sus agujeros.

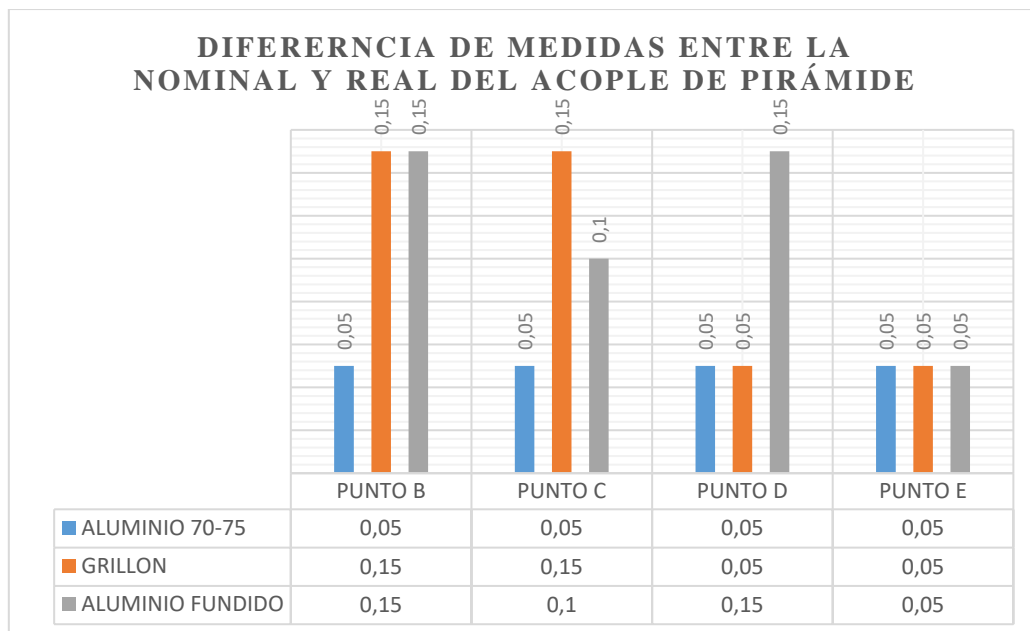


Figura 58. Diferencia de medida de la redondez del acople de pirámide

En los puntos B, C y D presenta desniveles de 0,15mm con respecto a la medida nominal, en el mecanizado estos desniveles es posible solucionar utilizando una operación de mecanizado diferente o utilizar una fresa que tenga el diámetro requerido.

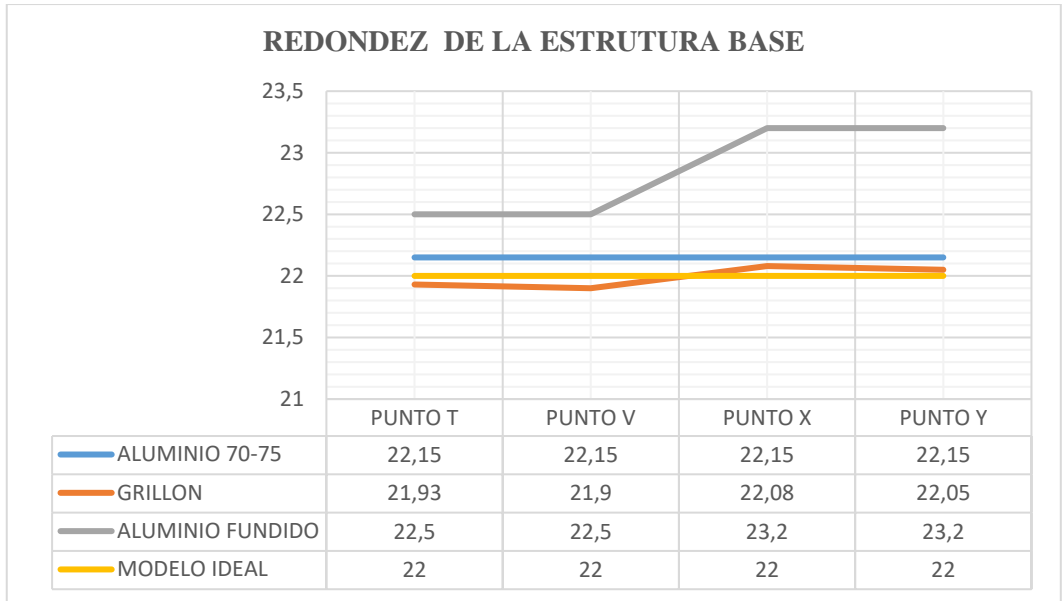


Figura 59. Redondez de la estructura base.

Los puntos más críticos son X y Y del mecanizado en aluminio fundido, mientras que los demás materiales tiene desnivel, pero no muy pronunciados.

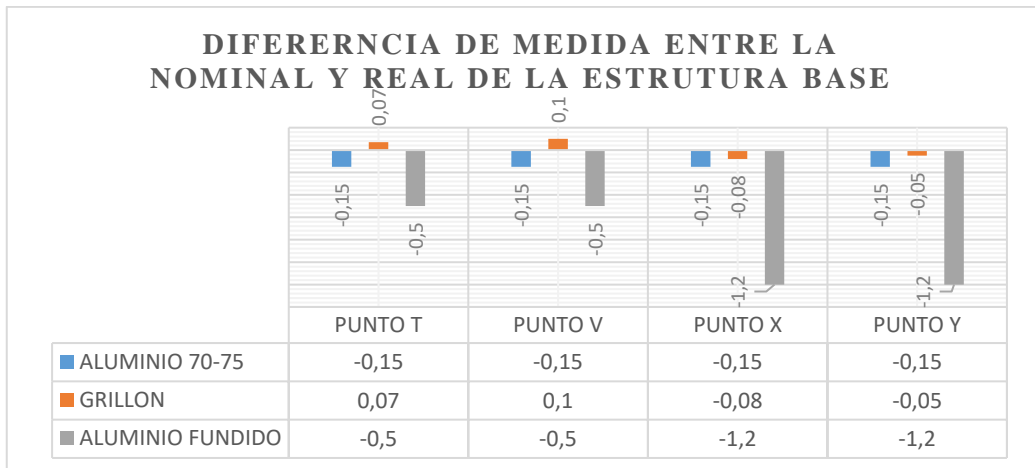


Figura 60. Diferencia de medida de la redondez de la estructura base

Como las medidas en los puntos X y Y son de 1,2 mm se analiza estos puntos y se determina que al revisar los planos para el mecanizado con dichas medidas no coinciden con las partes de las que está compuesto ese mecanismo, se recomienda revisar los planos y las medidas de todos sus componentes.

4.1.4. Cilindricidad

La cilindricidad al igual que la redondez toma medidas de los agujeros en X y Y, la diferencia está en que para la comprobación de cilindricidad es medir al fondo del agujero con un calibrador.

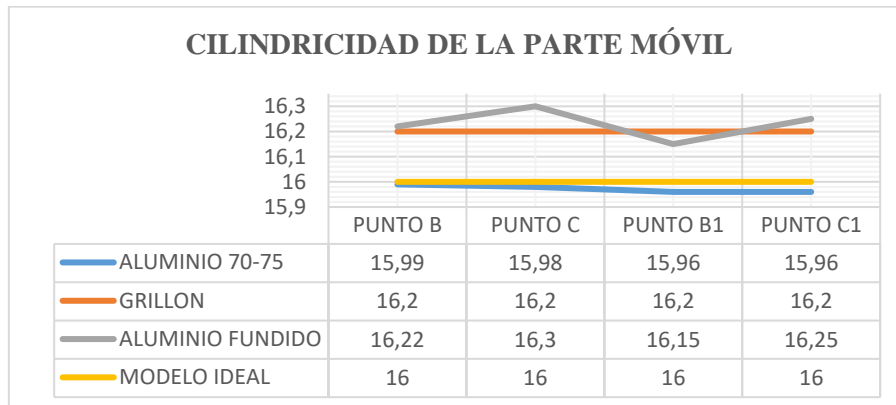


Figura 61. Cilindricidad de la parte móvil.

La cilindricidad en la parte móvil es tomada en uno de los agujeros por donde va a pasar un eje o pasador, se toma las medidas y se determina que la pieza mecanizada aluminio fundido no tiene medidas iguales en ninguno de sus ejes, y que la pieza de grillon conserva el diámetro tanto de X y Y pero tienen un desnivel alejado de las medidas nominales, mientras que la pieza de aluminio Al7075 tiene desniveles, pero se puede realizar un mecanizado acabado y llegar a las medidas ideales.

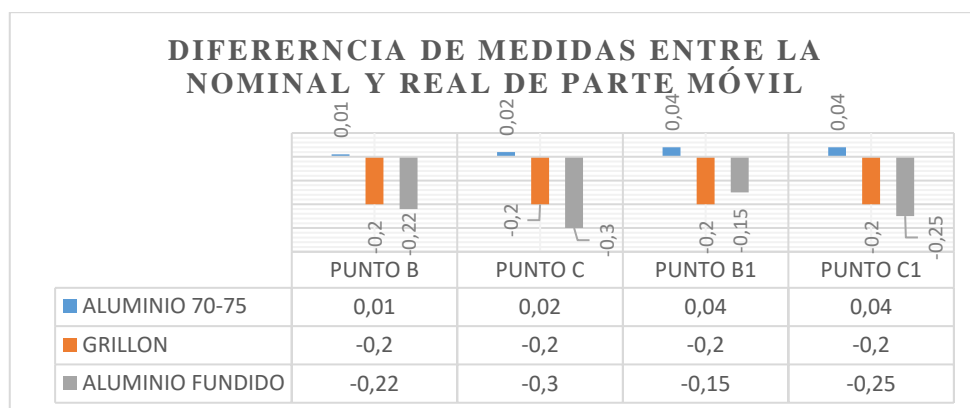


Figura 62. Diferencia de medidas de la cilindricidad de la parte móvil

Como se muestra en la figura 62, los puntos más críticos están en el aluminio fundido y grillon, esta desviación de medida es producida por utilizar herramientas desgastadas, las cuales por más que se compense con la máquina nunca va a llegar a las medidas ideales, la

solución está en saber que las herramientas tienen un ciclo de vida hay que cambiar dependiendo de tiempo de uso.

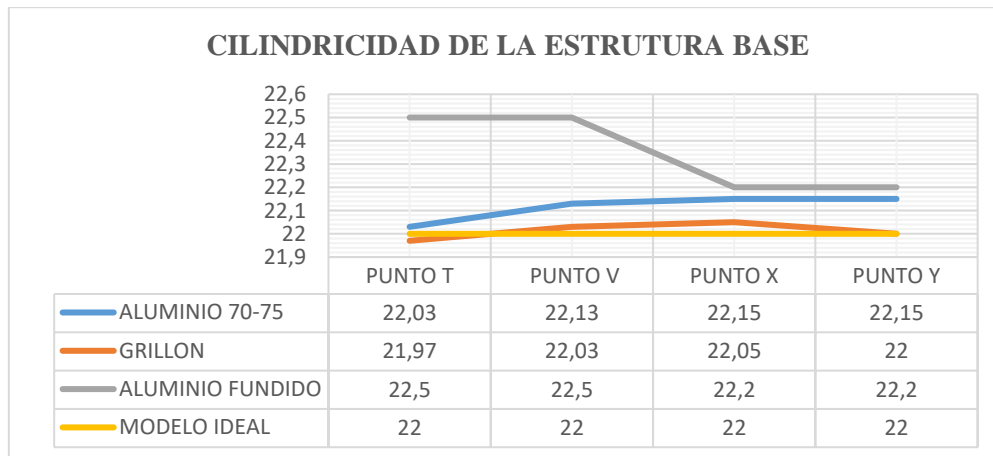


Figura 63. Cilindricidad de la estructura base.

Al igual que la redondez de la estructura base la cilindridad es medida de igual manera, cambia cuando se toma la medida al fondo del agujero, como se muestra en la figura 64, el desnivel está más pronunciado en el aluminio fundido, mientras que en el aluminio AL7075 tiene más desnivel que la pieza mecanizada en grillon, esto puede deberse a factores como herramientas desgastadas o mala elección de operación de CAM, o vibración del material.

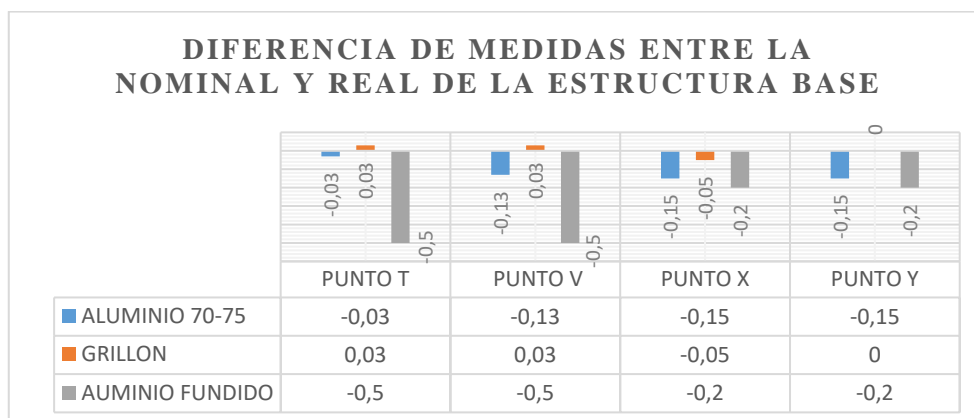


Figura 64. Diferencia de medidas de la cilindridad de la estructura base

Las medidas tomadas en el agujero de la estructura base de aluminio fundido está más alejada de las medidas nominales, los puntos más críticos están en T y V y la medida es de 0,5mm, este error se dio por vibración del material de igual manera paso con las piezas en aluminio Al7075 grillon, para solucionar este problema se necesita una entenalla de sujeción, pero angular y así poder compensar ángulo de la pieza.

4.1.6. Perpendicularidad

Para la comprobación del paralelismo en cada una de las piezas de la prótesis de rodilla se utiliza una escuadra a 90° y se junta con la cara que se quiere analizar, si aparece una luz en medio del desfase quiere decir que no es completamente perpendicular, pero si se junta la cara con la escuadra y no aparece nada esto quiere decir que es perpendicular, como solo se puede apreciar estos datos se dan valores como EXCELENTE sino tiene una luz en medio del material y la escuadra se califica con el 100% , y si tiene una luz pero muy pequeña se da el valor de MALO con un valor de 99% y 90%, y se determina como MALO si los valores están menos del 89% hasta el 80%.

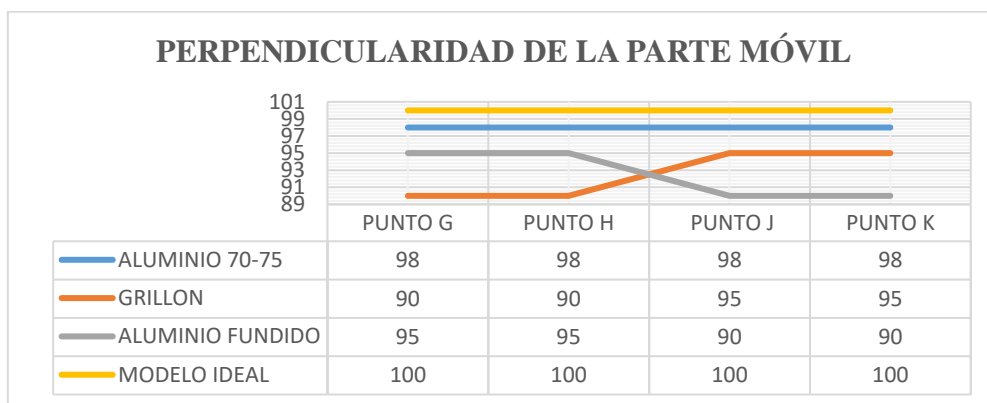


Figura 65. Perpendicularidad de la parte móvil.

El paralelismo de la parte móvil tiene datos favorables se mejora en cada pieza mecanizada, comenzando desde el aluminio fundido que se muestra en la figura 66, se dio una calificación de malo porque posee un desnivel bastante visible, se mejora los parámetros de mecanizado y en el material de grillon se nota que se mantiene el error, y el aluminio Al7075 se aprecia que tiene un desnivel con un 2% de error es una pieza BUENA se da esta calificación porque no se tiene las herramientas adecuadas para realizar este tipo de comprobación

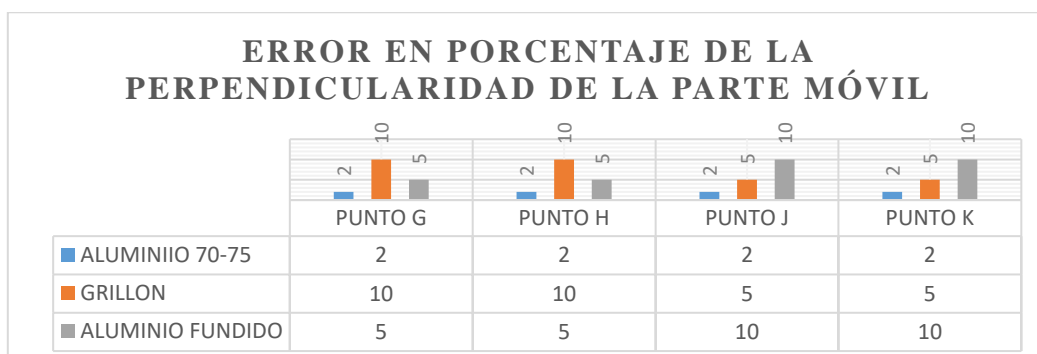


Figura 66. Error de perpendicularidad de la parte móvil

En la figura 67, se observa que los puntos críticos están el aluminio fundido que tiene un 10% de error, se debe a que no se cuenta con un entenalla de sujeción calibrada, lo mismo sucede con las piezas de grillon, no se tiene le herramienta de sujeción correcta, para el aluminio A17075 es posible que no tenga errores, pero como la comprobación es experimental no se puede apreciar un 0% de error.

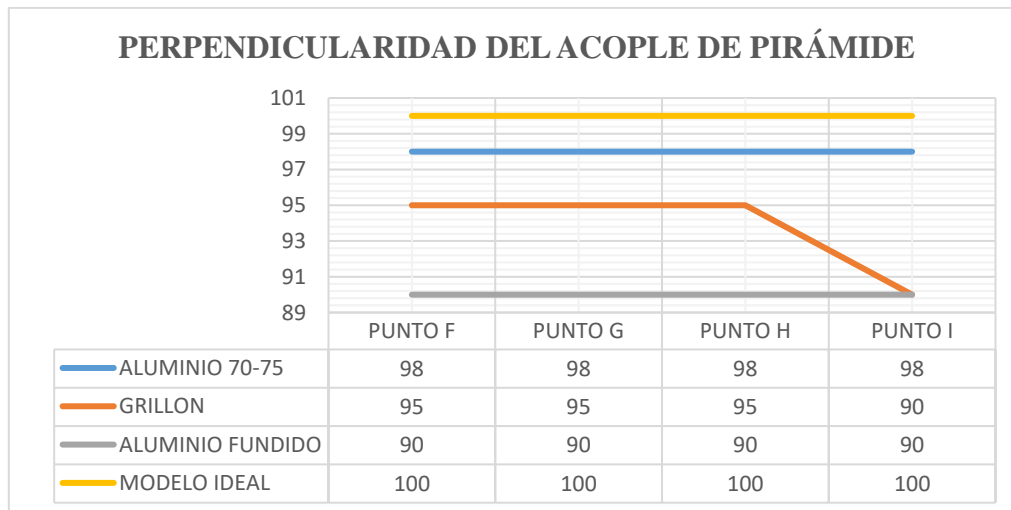


Figura 67. Perpendicularidad del acople de pirámide.

El mecanizado de las piezas del acople de pirámide en distintos materiales, se realiza utilizando una entenalla descalibrada, la cual produce un error en cada pieza mecanizada, por eso es el desnivel del 10% de la pieza en aluminio fundido, realizando la compensación para el acople en grillon donde se mejoró un 5%, se toma en cuenta todos los factores y experiencias de los anteriores mecanizados y se logró mecanizar la misma pieza en aluminio A17075 en 2% de error.

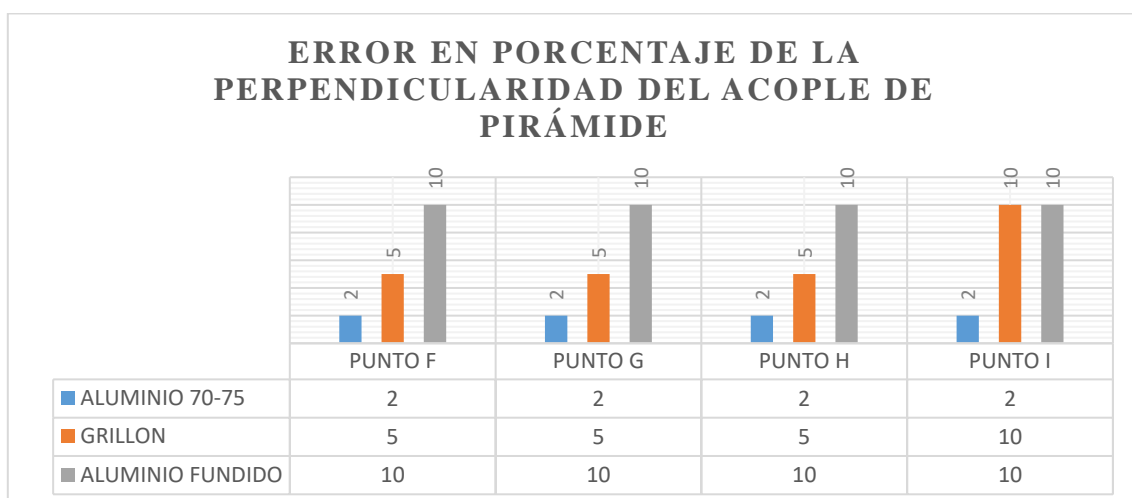


Figura 68. Error de perpendicularidad del acople de pirámide

La pieza en aluminio fundido tiene un error del 10% este desnivel se produce por utilizar en un mecanizado una entenalla no calibrada, se compensa el desnivel y se mejora en un 5% en el mecanizado de la pieza en grillon, mientras que para el aluminio A17075 se realiza la compensación de desnivel y se verifica muy detalladamente con un nivel de burbuja mejorando en un 3%.

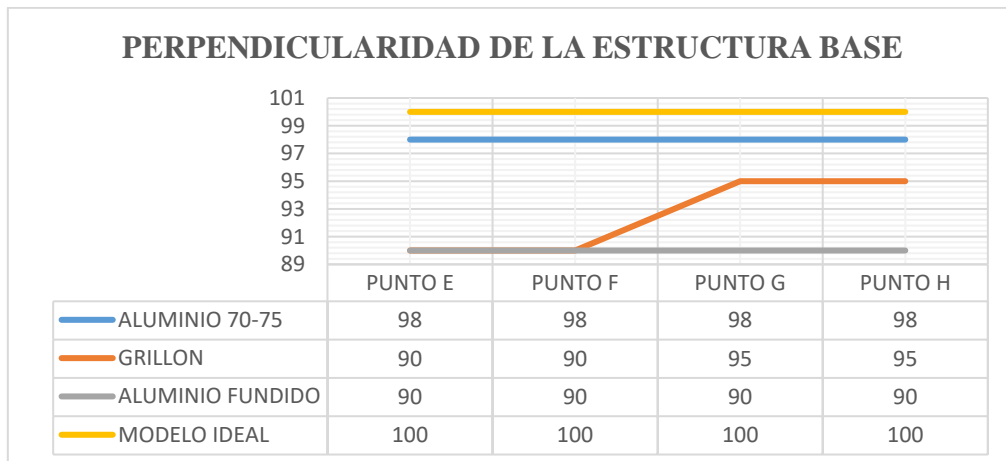


Figura 69. Perpendicularidad de la estructura base

En la estructura base el mecanizado se realiza utilizando la misma entenalla descalibrada produce los mismos errores de desnivel, haciendo que el mecanizado en los materiales grillon tenga un error del 7% y aluminio fundido tengan un error del 10%, se compensa el desnivel de la entenalla y se logra mejorar hasta un 2% de error.

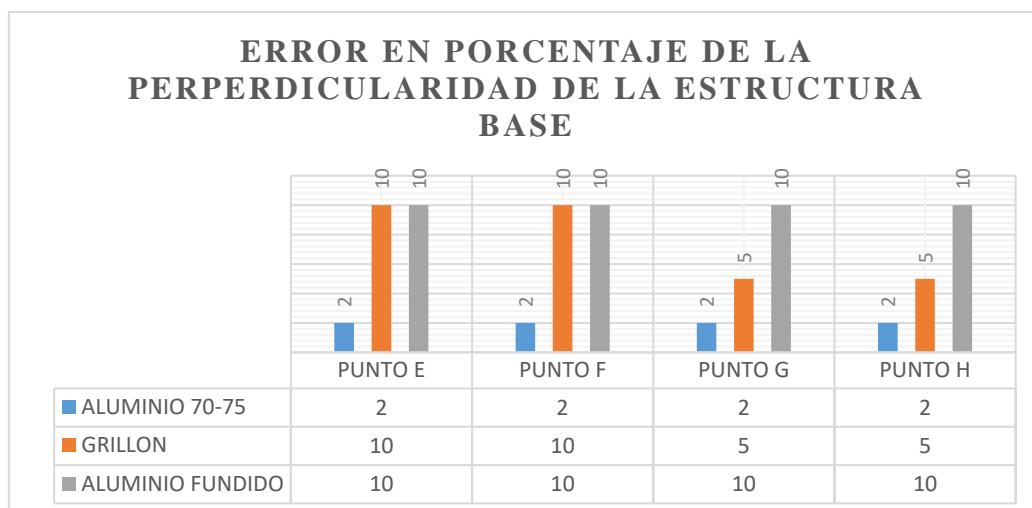


Figura 70. Error de perpendicularidad de la estructura base

Como se observa en la figura 70, los puntos críticos están en las piezas de materiales grillon y aluminio fundido con un error del 10% producido por una entenalla des calibrada, realizando

la compensación de desnivel se logra disminuir un 3% de error, lo más correcto sería utilizar herramientas de sujeción bien calibradas.

4.1.7. Simetría

Para obtener la simetría de las piezas de la parte móvil se utiliza un calibrador y se toma medidas desde la mitad de pieza hasta el borde de cada punto señalado.

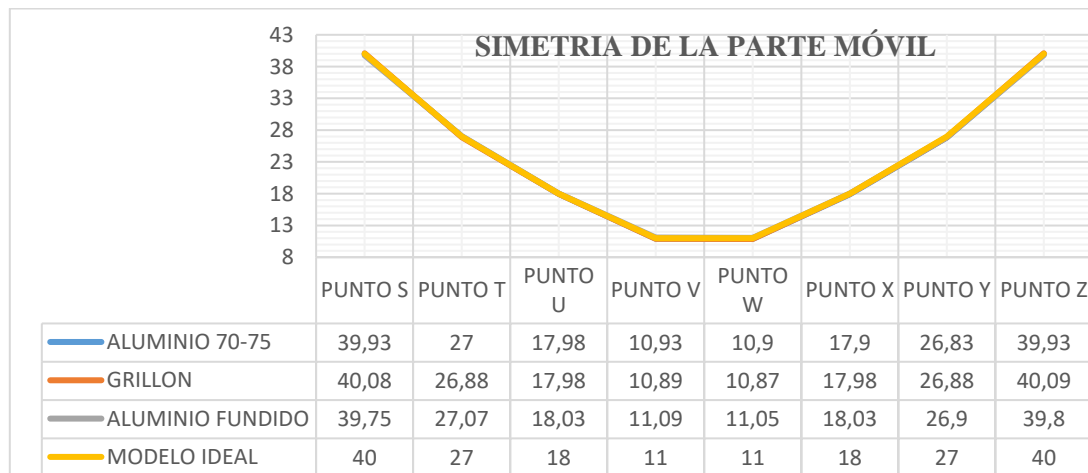


Figura 71. Simetría para la parte móvil.

La simetría en la parte móvil se obtiene midiendo desde la mitad hasta la parte exterior, como se muestra en el Anexo C la toma de mediciones respectivas para hacer esta comprobación.

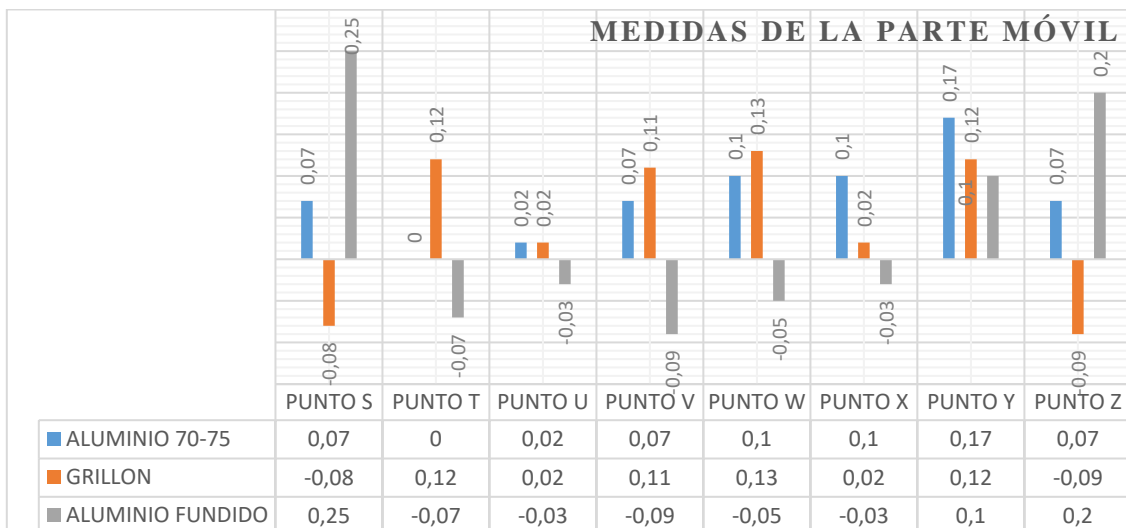


Figura 72. Diferencia de medidas de la parte móvil

Se comprueba que el material más desigual es el de aluminio fundido en el punto S se tiene un desnivel de 0,25mm como punto crítico, en simetría se juntan todos los errores producidos

por unión de diferentes errores, el primero es la entenalla des calibrada, la inexperiencia del operador, y herramientas desgastadas y mala estrategia de mecanizado, se elimina estos errores para las piezas en grillon y se observa que el punto crítico está en punto V de 0,12mm de desnivel, se determina que el error está en las herramientas desgastadas y la entenalla des calibrada, de igual manera hay errores en la pieza de aluminio A17075 donde el punto más significativo está en el punto Y con un valor de 0,17mm producido por el mismo error de la parte móvil.

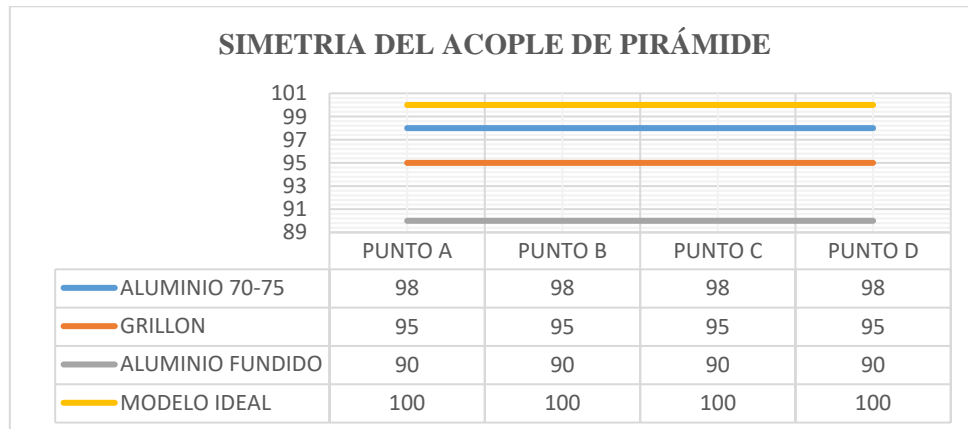


Figura 73. Simetría para el acople de pirámide.

El error en la simetría del acople de pirámide es alto para el aluminio fundido con una diferencia de 8% con respecto al aluminio A17075

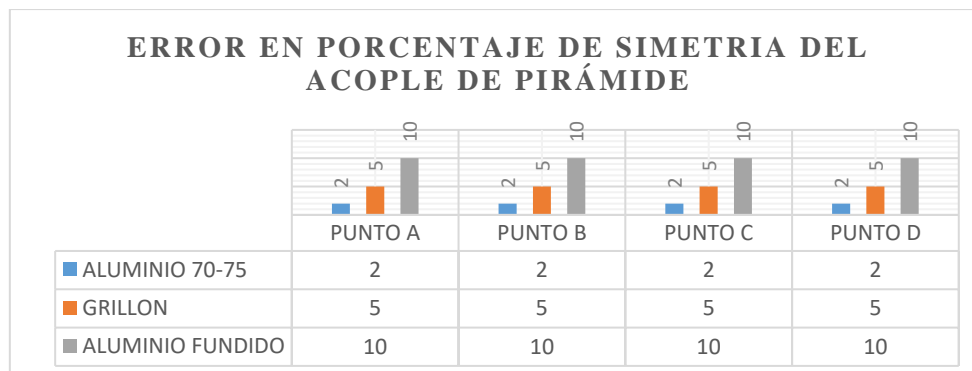


Figura 74. Error en la simetría del acople de pirámide

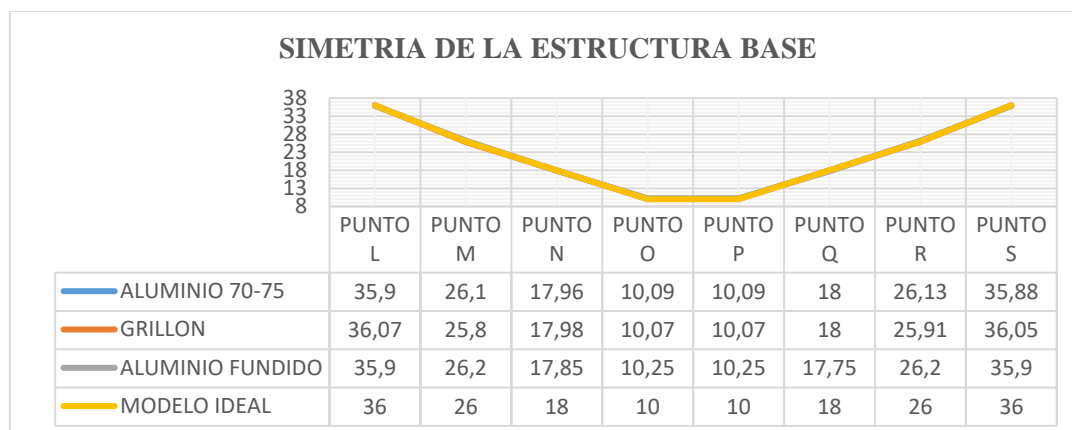


Figura 75. Simetría para la estructura base.

Como se observa en la figura 76, las simetrías en las tres piezas no muestran un desnivel más notorio, los puntos medidos van desde la mitad hasta la parte exterior de la estructura base.

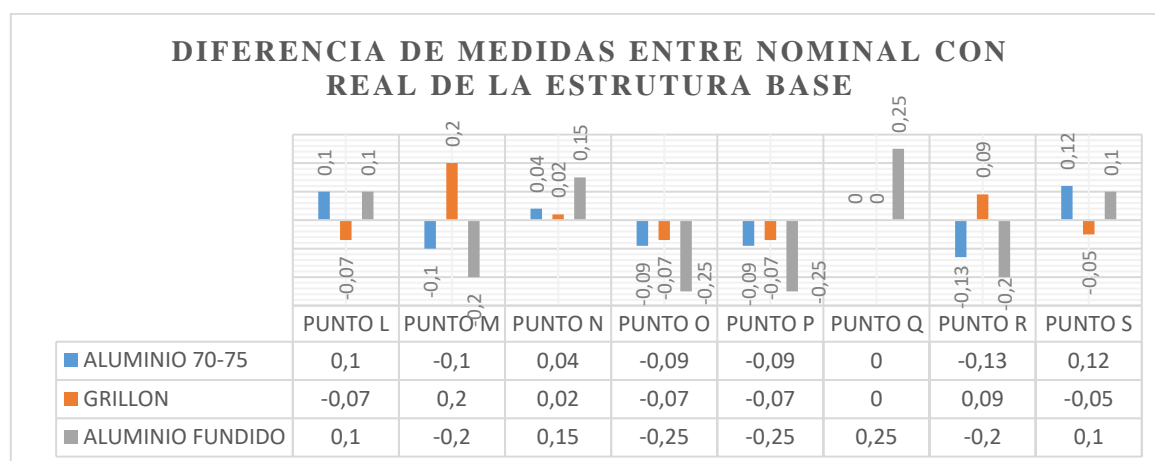


Figura 76. Diferencia de medidas de la parte móvil

El punto más crítico está en el aluminio fundido se muestra en la figura 77, tiene una sobre medida de 0,25mm, se tiene este desnivel por utilizar herramientas desgastadas, o utilizar operaciones CAM sin compensación de herramienta, para corregir este desnivel es revisar las herramientas de corte que estén buenas y que en el código G hacer que compense a la herramienta si esta desgastada.

El análisis sobre el mecanizado de la prótesis de rodilla monocéntrica es revisado según las normas que se encuentra mejor descritas en el apartado de Tolerancias Dimensionales y Geométricas, explica que las tolerancias se dividen en dos grupos como piezas buenas y malas, las piezas buenas son aquellas que tienen un porcentaje de error pero son usables mientras que las piezas malas no encajan en ningún grupo de tolerancia.

La prótesis mecanizada en aluminio fundido tiene una tolerancias dimensional que no encaja dentro de las dimensiones que se sugiere a pesar de que su forma es similar a el modelo de prótesis de Xavier Lima tiene errores tanto en dimensiones como en la geometría.

El duralon es un polímero con una dureza más alta que la silicona y menos duro que el duralon, es fácil de mecanizar no se lastiman las herramientas y es muy útil a la hora de realizar un trabajo y comprobar medidas, el inconveniente esta en el apriete de la pieza, se deforma cuando la sujeción es bastante alta y no recupera su forma original por el esfuerzo producido.

El aluminio Al7075 es un material que se utiliza para prótesis de todo tipo, es ligero, no es corrosivo, fácil de mecanizar, y es posible comprar en nuestro país a buen precio, el inconveniente está en la sujeción del material, al mecanizar solo con las bridas de sujeción tuvo vibraciones en lugares que por el diseño de la prótesis no fue posible corregir, lo que se hizo es bajar la velocidad de avance de mesa para bajar la vibración del material y con respecto al modelo de Xavier Lima se hizo una modificación de redondeo en las esquinas de las piezas y como resultado se obtuvo que estéticamente es mejor que el modelo anterior.

4.2. ANÁLISIS DE COSTOS DE LAS PRÓTESIS DE RODILLA MONOCÉNTRICA

El costo del mecanizado de la prótesis de rodilla es analizado por orden de producción tomando en cuenta los siguientes elementos de producción:

Elementos de producción

- Materia prima
- Mano de obra
 - Rol de pagos
- Costos indirectos de fabricación
 - Depreciación de maquinas
 - Depreciación de herramientas
 - Energía eléctrica

4.2.1. Aluminio fundido

El aluminio fundido es un material de experimentación para la comprobación de las fases de trabajo, el sistema de costo por el cual se va analizar el costo total de la prótesis es por orden de producción, tomado en cuenta los siguientes parámetros, se encuentra mejor detallado en la sección de ANEXOS D.

El costo de producción de la prótesis de rodilla monocéntrica en aluminio fundido es de 1002,62 dólares, tomando en cuenta los elementos de producción.

Tabla 27

Hoja de costos de la prótesis de rodilla por mecanizado CNC en Grillon.

HOJA DE COSTOS			
PRÓTESIS DE RODILLA POR MECANIZADO CNC			
(ALUMINIO FUNDIDO)			
CLIENTE:	UTN	ORDEN DE PRODUCCIÓN: 1	
CANTIDAD:		1	
FECHA DE PEDIDO:		01-08-2016	
FECHA DE ENTREGA:		15/08/2016	
	ACOPLE	PARTE MÓVIL	ESTRUCTURA BASE
MATERIA PRIMA	5,00	12,00	20,00
MANO DE OBRA	94,68	142,01	236,69
CIF	110,47	156,68	225,10
COSTO TOTAL	210,14	310,69	481,79
COSTO TOTAL DE LA PROTESIS			1002,62
PRECIO DE VENTA DE LA PROTESIS EN EL MERCADO			2500,00
UTILIDAD			1497,38

4.2.2. Grillon

El costo de producción de la prótesis de rodilla en material de grillon es de 1017,62 dólares, el costo se eleva en 15 dólares es porque la materia prima tiene un costo más alto que el aluminio fundido. A continuación, se muestra en la Tabla 28 más detalladamente los valores de los costos totales y en el ANEXO D se muestra todas las tablas de los elementos de producción utilizados para un resultado final.

Tabla 28.

Hoja de costos de la prótesis de rodilla por mecanizado CNC en Grillon.

HOJA DE COSTOS			
PRÓTESIS DE RODILLA POR MECANIZADO CNC			
(GRILÓN)			
CLIENTE:	UTN	ORDEN DE PRODUCCIÓN: 1	
CANTIDAD:		1	
FECHA DE PEDIDO:		01-08-2016	
FECHA DE ENTREGA:		15/08/2016	
	ACOPLE	PARTE MÓVIL	ESTRUCTURA BASE
MATERIA PRIMA	7,00	15,00	30,00
MANO DE OBRA	94,68	142,01	236,69
CIF	110,47	156,68	225,10
COSTO TOTAL	212,14	313,69	491,79
COSTO TOTAL DE LA PROTESIS			1017,62
PRECIO DE VENTA DE LA PROTESIS EN EL MERCADO			2500,00
UTILIDAD			1482,38

4.2.3. Aluminio Al7075

En el mecanizado de la prótesis de rodilla en material de aluminio Al7075 como fue más controlado, porque la materia prima es más costosa y no se encuentra con facilidad en nuestro país hay que importar este material de otros países, el costo es 1082,62 dólares, este costo refleja que si es posible fabricar prótesis en la máquina CNC ROMI D800.

Haciendo un análisis de costos que se entra más detalladamente en el ANEXO D se observa que el precio de venta en el mercado nacional está entre los 2000 a 2500 dólares, obtenido una ganancia significativa de 900 a 1400 dólares, tomado en cuenta todos los elementos de producción que intervienen en la prótesis de rodilla completa.

Tabla 29

Hoja de costos de la prótesis de rodilla por mecanizado CNC en Aluminio AL7075

HOJA DE COSTOS			
PRÓTESIS DE RODILLA POR MECANIZADO CNC			
(ALUMINIO AL7075)			
CLIENTE:	UTN	ORDEN DE PRODUCCIÓN: 1	
CANTIDAD:		1	
FECHA DE PEDIDO:		01-08-2016	
FECHA DE ENTREGA:		15/08/2016	
	ACOPLE	PARTE MÓVIL	ESTRUCTURA BASE
MATERIA PRIMA	9,00	23,00	85,00
MANO DE OBRA	94,68	142,01	236,69
CIF	110,47	156,68	225,10
COSTO TOTAL	214,14	321,69	546,79
COSTO TOTAL DE LA PROTESIS			1082,62
PRECIO DE VENTA DE LA PROTESIS EN EL MERCADO			2500,00
UTILIDAD			1417,38

Como resultado del mecanizado de la prótesis de rodilla se tiene un costo total de todo lo que comprende fabricar este tipo de piezas en maquinaria CNC, el costo total es de 1082,62 dólares, en los Anexos D se describe paso a paso como se llegó a este resultado, según la “Fundación Prótesis de Imbabura” la prótesis mecanizada en la Universidad Técnica del Norte puede tener un precio en el mercado hasta de 2500 dólares, lo que implica que es posible fabricar prótesis de todo tipo con este proceso de fabricación; y así ayudar a la inclusión social a personas con algún tipo de discapacidad.

CAPÍTULO V

5.1. Conclusiones

5.1. Conclusiones

- Al analizar el código G generado por el simulador SOLID CAM tomando en cuenta las sujeciones del material y herramientas de corte se comprueba que el Pos procesador SINUMERIK 828D utilizado en máquina CNC ROMI D800 no contiene errores siendo un programa bastante confiable para la fabricación de partes, piezas o moldes.
- Con respecto del mecanizado de las tres prótesis se concluye que el aluminio fundido tiene mucha porosidad y no es adecuado para hacer pruebas; por su baja calidad del material, pero si sirve para analizar y comprobar dimensionalmente; tiene un error de mecanizado de un 10% con respecto a la prótesis simulada; este porcentaje se debe a las pruebas de tolerancias geométricas analizadas, el mecanizado en el material de grillon se tuvo un error del 5 a un 8% debió a la sujeción del material.
- Mediante las pruebas de tolerancias geométricas en el Al7075 hay una mejora notable con respecto al mecanizado con un error del 2% al 4% en comparación al modelo establecido. Se realizó con éxito la fabricación por mecanizado de las partes mecánicas de la prótesis de tipo transfemoral, que se pudo realizar pruebas con un paciente en a fundación prótesis Imbabura.
- El costo real de la prótesis de rodilla es de 1082,62 dólares, según la Fundación de prótesis de Imbabura menciona que la prótesis mecanizada en la Universidad Técnica del Norte puede tener un precio que oscila entre los 2000 a 2500 dólares tomado en cuenta el tipo de fabricación y los años útiles para los que está fabricado.
- Para el manejo de equipo CNC se debe tener conocimientos en máquinas herramientas, metrología, manejo y programación de equipo CNC, y tener experiencia en mecanizado.

5.2. Recomendaciones

- Se debe realizar un estudio previo de la pieza que se va a fabricar, y de acuerdo a esto se determina la selección las herramientas de corte, sujeción y calibración, de esta forma poder garantizar que el trabajo se realice de forma correcta y sin contratiempos.
- Es importante para mecanizados CNC no solo se fabrique prótesis de rodilla la maquinaria es tan versátil que se puede hacer desde moldes hasta pieza más complejas, también fabricar herramientas para todo tipo de maquinaria, o mecanizar distintos tipos

de prótesis puede ser de mano, cadera, brazo, tobillo, sirve para explorar nuevas formas de ayudar a la gente que tiene alguna discapacidad y que no tiene recursos económicos para comprar una prótesis fabricada con tecnología.

- Desarrollar un estudio de los métodos de fabricación basándose en la metrología de la fase y sub fase como recomienda en algunas bibliografías de mecanizados CNC, y tomar en cuenta los tiempos de mecanizado para hacer mejoras y aprovechar al máximo la máquina CNC.
- En un mecanizado CNC es importante tener herramientas de sujeción de todo tipo por ejemplo entenallas normales y angulares, pero si fuesen herramientas de sujeción hidráulicas con ajuste preciso no lastiman la superficie de las piezas mecanizadas.
- Se recomienda implementar un cuarto eje en la CNC ROMI D800 para mecanizar piezas con más complejidad como moldes, piezas para autos incluso bloques de motores.
- Revisar las medidas nominales de los planos y los componentes que van a formar parte del mecanismo antes de mecanizar.
- Al momento de diseñar una pieza, parte o elemento siempre se debe pensar en el proceso de fabricación que con lleva, esto se realiza con el fin de que sea más fácil de fabricar y con un menor tiempo de operación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.L.CASILLAS. (n.d.). MAQUINAS. In A.L.CASILLAS, *CALCULOS DE TALLER* (p. 322).
- Aguilar Schafer, J. A. (2010). *Fresado*.
- Castro, G. O. (2011, 03 30). Herramientas de corte. Buenos Aires, Argentina.
- Garcia, I., Juan, L., Luis, U., & Pete, D. (2009). *Diseño e Implemetacion de un control cnc para crear modelos y esculturas en tercera dimencion a partir de un diseño cad*. Bogota.
- Higinio Rubio, A. (2011). *Tolerancias dimensionales*. Madrid.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2008). *Manufactura, Ingenieria y Tecnologia*. Mexico: Person Education.
- Lima, X. (2014). *Construir un mecanismo de articulación de rodilla para prototipo de prótesis externa biomecatrónica*. Ibarra.
- Mallorqui, S., & Carrasco, J. (2012). *Practicasy procesos de taller de mecanizado: fabricacion por arranque de viruta*. Mexico: S.A. MARCOMBO.
- mantenim.files.wordpress.com*. (2007, Noviembre 30). Retrieved Noviembre 25, 2016, from <https://mantenim.files.wordpress.com/2007/11/toleranciascim2.pdf>
- Maquinas, H. y. (2011, Septiembre 9). *Maquinas y Herramientas*. Retrieved Junio 25, 2016, from Refrigerantes: <https://pyrosisproject.wordpress.com/2011/09/09/refrigerantes/>
- Max. (2007, 11 11). *Tolerancias cim 2*. Retrieved 12 20, 2016, from Tolerancias Dimensionales y Geométricas.
- Met, F., & A, H. (n.d.). Procesos de manufactura. *Procesos de manufactura mediante tecnologia*.
- Sandvik. (n.d.). *Tipos de fresados*. Retrieved Junio 25, 2016, from Tipos de fresados: http://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/milling/application_overview/slot_milling/end_milling_of_slots?Country=ec
- Santange. (2015, 08 06). *97531_Textband_Inhalt.pdf*. Retrieved from http://www.christiani.de/pdf/97531_probe.pdf
- Secretaria Nacional, P. D. (n.d.). *Buen vivir paln nacional 2013 - 2017*. Retrieved Junio 25, 2016, from Buen vivir paln nacional 2013 - 2017: <http://www.buenvivir.gob.ec/objetivo-2.-auspiciar-la-igualdad-la-cohesion-la-inclusion-y-la-equidad-social-y-territorial-en-la-diversidad#tabs2>
- Siemens. (2015). *Manual Romi D-800*.

Teoria del maquinado de metales. (2013, Marzo 5). Retrieved Junio 16, 2016, from <http://es.slideshare.net/dilver8512/teora-del-maquinado-de-metales>

Urrego Ospina, N. (2010, Abril 17). *Fresado*. Retrieved from <http://es.slideshare.net/nurrego/fresado>

Vertex. (n.d.). *Productos Vertex*. Retrieved Junio 25, 2016, from <http://www.vertex-tw.com.tw/>

ANEXOS

Anexo A**Tolerancias normalizadas ISO para valores nominales**

Grupos de dimensiones en mm		Calidad																	
Mayor de	Hasta	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250*	400*	600*
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

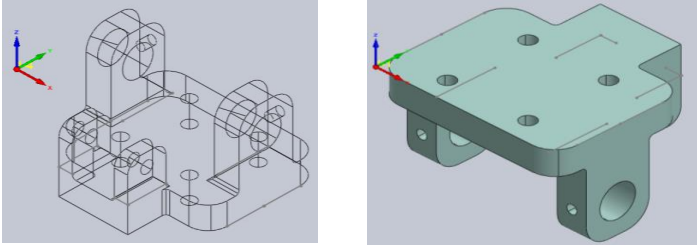
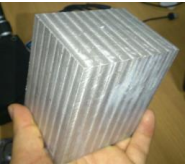

Posición	R				S				T				U			
	5	6	7	≥ 8	5	6	7	≥ 8	5	6	7	≥ 8	5	6	7	≥ 8
Medida Nominal	Diferencia superior Ds															
$m \leq 3$	-10	-10	-10	-10	-14	-14	-14	-14	-	-	-	-	-18	-18	-18	-18
$3 < m \leq 6$	-14	-12	-11	-15	-18	-16	-15	-19	-	-	-	-	-22	-20	-19	-23
$6 < m \leq 10$	-17	-16	-13	-19	-21	-20	-17	-23	-	-	-	-	-26	-25	-22	-28
$10 < m \leq 14$	-20	-20	-16	-23	-25	-25	-21	-28	-	-	-	-	-30	-30	-26	-33
$14 < m \leq 18$																
$18 < m \leq 24$	-25	-24	-20	-28	-32	-31	-27	-35	-	-	-	-	-38	-37	-33	-41
$24 < m \leq 30$									-38	-37	-33	-41	-45	-44	-40	-48
$30 < m \leq 40$	-30	-29	-25	-34	-39	-38	-34	-43	-44	-43	-39	-48	-56	-55	-51	-60
$40 < m \leq 50$									-50	-49	-45	-54	-66	-65	-61	-70
$50 < m \leq 65$	-36	-35	-30	-41	-48	-47	-42	-53	-61	-60	-55	-66	-82	-81	-76	-87
$65 < m \leq 80$	-38	-37	-32	-43	-54	-53	-48	-59	-70	-69	-64	-75	-97	-96	-91	-102
$80 < m \leq 100$	-46	-44	-38	-51	-66	-64	-58	-71	-86	-84	-78	-91	-119	-117	-111	-124
$100 < m \leq 120$	-49	-47	-41	-54	-74	-72	-66	-79	-99	-97	-91	-104	-139	-137	-131	-144
$120 < m \leq 140$	-57	-56	-48	-63	-86	-85	-77	-92	-116	-115	-107	-122	-164	-163	-155	-170
$140 < m \leq 160$	-59	-58	-50	-65	-94	-93	-85	-100	-128	-127	-119	-134	-184	-183	-175	-190
$160 < m \leq 180$	-62	-61	-53	-68	-102	-101	-93	-108	-140	-139	-131	-146	-204	-203	-195	-210
$180 < m \leq 200$	-71	-68	-60	-77	-116	-113	-105	-122	-160	-157	-149	-166	-230	-227	-219	-236
$200 < m \leq 225$	-74	-71	-63	-80	-124	-121	-113	-130	-174	-171	-163	-180	-252	-249	-241	-258
$225 < m \leq 250$	-78	-75	-67	-84	-134	-131	-123	-140	-190	-187	-179	-196	-278	-275	-267	-284
$250 < m \leq 280$	-87	-85	-74	-94	-151	-149	-138	-158	-211	-209	-198	-218	-308	-306	-295	-315
$280 < m \leq 315$	-91	-89	-78	-98	-163	-161	-150	-170	-233	-231	-220	-240	-343	-341	-330	-350
$315 < m \leq 355$	-101	-97	-87	-108	-183	-179	-169	-190	-261	-257	-247	-268	-383	-379	-369	-390
$355 < m \leq 400$	-107	-103	-93	-114	-201	-197	-187	-208	-287	-283	-273	-294	-428	-424	-414	-435
$400 < m \leq 450$	-119	-113	-103	-126	-225	-219	-208	-232	-323	-317	-307	-330	-483	-477	-467	-490
$450 < m \leq 500$	-125	-119	-109	-132	-245	-239	-229	-252	-353	-347	-337	-360	-533	-527	-517	-540

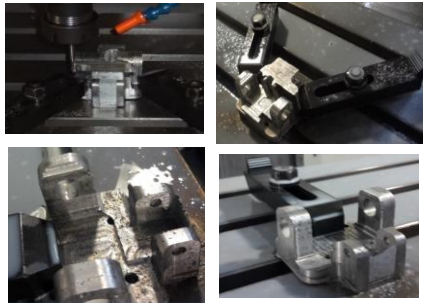
Posición	V				X				Y			Z			ZA		ZB	ZC
	5	6	7	≥ 8	5	6	7	≥ 8	6	7	≥ 8	6	7	≥ 8	7	≥ 8	≥ 8	≥ 8
Medida Nominal	Diferencia superior Ds																	
m ≤ 3	-	-	-	-	-20	-20	-20	-20	-	-	-	-26	-26	-26	-32	-32	-40	-60
3 < m ≤ 6	-	-	-	-	-27	-25	-24	-28	-	-	-	-32	-31	-35	-38	-42	-50	-80
6 < m ≤ 10	-	-	-	-	-32	-31	-28	-34	-	-	-	-39	-36	-42	-46	-52	-67	-97
10 < m ≤ 14	-	-	-	-	-37	-37	-33	-40	-	-	-	-47	-43	-50	-57	-64	-90	-130
14 < m ≤ 18	-36	-36	-32	-39	-42	-42	-38	-45	-	-	-	-57	-53	-60	-70	-77	-108	-150
18 < m ≤ 24	-44	-43	-39	-47	-51	-50	-46	-54	-59	-55	-63	-69	-65	-73	-90	-98	-136	-188
24 < m ≤ 30	-52	-51	-47	-55	-61	-60	-56	-64	-71	-67	-75	-84	-80	-88	-110	-118	-160	-218
30 < m ≤ 40	-64	-63	-59	-68	-76	-75	-71	-80	-89	-85	-94	-107	-103	-112	-139	-148	-200	-274
40 < m ≤ 50	-77	-76	-72	-81	-93	-92	-88	-97	-109	-105	-114	-131	-127	-136	-171	-180	-242	-325
50 < m ≤ 65	-97	-96	-91	-102	-117	-116	-111	-122	-138	-133	-144	-166	-161	-172	-215	-226	-300	-405
65 < m ≤ 80	-115	-114	-109	-120	-141	-140	-135	-146	-168	-163	-174	-204	-199	-210	-263	-274	-360	-480
80 < m ≤ 100	-141	-139	-133	-146	-173	-171	-165	-178	-207	-201	-214	-251	-245	-258	-322	-335	-445	-585
100 < m ≤ 120	-167	-165	-159	-172	-205	-203	-197	-210	-247	-241	-254	-303	-297	-310	-387	-400	-525	-690
120 < m ≤ 140	-196	-195	-187	-202	-242	-241	-233	-248	-293	-285	-300	-358	-350	-365	-455	-470	-620	-800
140 < m ≤ 160	-222	-221	-213	-228	-274	-273	-265	-280	-333	-325	-340	-408	-400	-415	-520	-535	-700	-900
160 < m ≤ 180	-246	-245	-237	-252	-304	-303	-295	-310	-373	-365	-380	-458	-450	-465	-585	-600	-780	-1000
180 < m ≤ 200	-278	-275	-267	-284	-344	-341	-333	-350	-416	-408	-425	-511	-503	-520	-653	-670	-880	-1150
200 < m ≤ 225	-304	-301	-293	-310	-379	-376	-368	-385	-461	-453	-470	-566	-558	-575	-723	-740	-960	-1250
225 < m ≤ 250	-334	-331	-323	-340	-419	-416	-408	-425	-511	-503	-520	-631	-623	-640	-803	-820	-1050	-1350
250 < m ≤ 280	-378	-376	-365	-385	-468	-466	-455	-475	-571	-560	-580	-701	-690	-710	-900	-920	-1200	-1550
280 < m ≤ 315	-418	-416	-405	-425	-518	-516	-505	-525	-641	-630	-650	-781	-770	-790	-980	-1000	-1300	-1700
315 < m ≤ 355	-468	-464	-454	-475	-583	-579	-569	-590	-719	-709	-730	-889	-879	-900	-1129	-1150	-1500	-1900
355 < m ≤ 400	-523	-519	-509	-530	-653	-649	-639	-660	-809	-799	-820	-989	-979	-1000	-1279	-1300	-1650	-2100
400 < m ≤ 450	-588	-582	-572	-595	-733	-727	-717	-740	-907	-897	-920	-1087	-1077	-1100	-1427	-1450	-1850	-2400
450 < m ≤ 500	-653	-647	-637	-660	-813	-807	-797	-820	-987	-977	-1000	-1237	-1227	-1250	-1577	-1600	-2100	-2600

Posición	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
Calidad	Todas las calidades													
Diferencia fundamental	Diferencia inferior di													
$m \leq 3$	+2	+4	+6	+10	+14	-	+18	-	+20	-	+26	+32	+40	+60
$3 < m \leq 6$	+4	+8	+12	+15	+19	-	+23	-	+28	-	+35	+42	+50	+80
$6 < m \leq 10$	+6	+10	+15	+19	+23	-	+28	-	+34	-	+42	+52	+67	+97
$10 < m \leq 14$	+7	+12	+18	+23	+28	-	+33	-	+40	-	+50	+64	+90	+130
$14 < m \leq 18$								+39	+45	-	+60	+77	+108	+150
$18 < m \leq 24$	+8	+15	+22	+28	+35	-	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
$24 < m \leq 30$						+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
$30 < m \leq 40$	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
$40 < m \leq 50$						+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
$50 < m \leq 65$	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
$65 < m \leq 80$				+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
$80 < m \leq 100$	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
$100 < m \leq 120$				+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
$120 < m \leq 140$				+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
$140 < m \leq 160$	+15	+27	+43	+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
$160 < m \leq 180$				+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
$180 < m \leq 200$				+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
$200 < m \leq 225$	+17	+31	+50	+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
$225 < m \leq 250$				+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
$250 < m \leq 280$	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
$280 < m \leq 315$				+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
$315 < m \leq 355$	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
$355 < m \leq 400$				+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
$400 < m \leq 450$	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
$450 < m \leq 500$				+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600

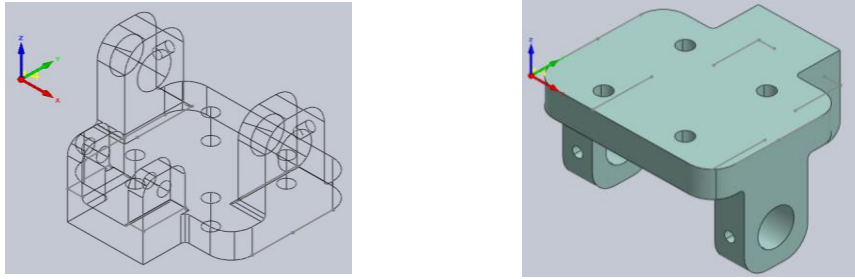
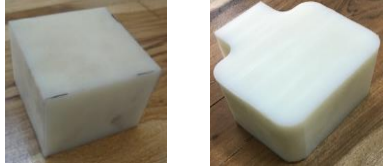

Anexo B

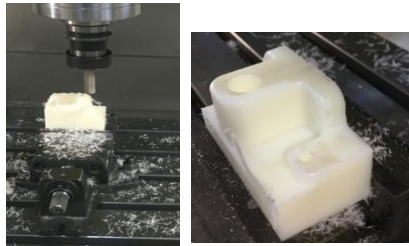
Hoja de procesos del mecanizado de la parte móvil en material aluminio fundido

HOJA DE PROCESOS												
MATERIAL:		ALUMINIO FUNDIDO		PLANO N°:			TRABAJO :		1		FECHA	
PIEZA:		PARTE MOVIL		DIMENSIONES EN BRUTO: TOCHO 82 x 82 x 52			HOJA N° :		1 DE 1		19/06/2016	
REALIZADO POR:		DIEGO PINEDA										
												
FASE	SUB - FASE	OPERACIONES	METODOS	CROQUIS	HERRAMIENTA	# PASADAS	Profundidad de pasada para desbaste (mm)	Profundidad de pasada para acabado (mm)	Velocidad (N) rpm	V. avance (mm/s)	Tiempo (min)	CONTROL
DESBASTE	CAREADO	1	FASE 1_1 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	14	MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY
		2	FASE 1_2 X (2) (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 6 mm	2	1	0,01	2121	848,4	7	
		1	FASE 2_1 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	14	
		2	FASE 2_2 (PERFIL)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	12	
		3	FASE 2_3 X (2) (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	7	

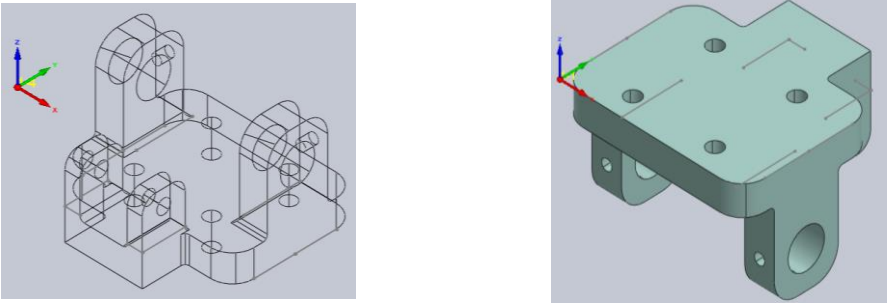

DESBASTE	CAREADO	1	FASE 3_1 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	11	MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY			
		2	FASE 3_2 (PERFIL)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	20				
		3	FASE 3_3 (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 8mm	2	1	0,01	1591	636,4	8				
		4	FASE 3_4 (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	5				
		1	FASE 4_1 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	11				
		2	FASE 4_2 (PERFIL)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	20				
		3	FASE 4_3 (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 8mm	2	1	0,01	1591	636,4	5				
		4	FASE 4_4 (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	1				
		1	FASE 5_1 (CAJERA INTERNA)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	8				
		2	FASE 5_2 (CAJERA INTERNA)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	15				
		3	FASE 5_3 (CONTORNO INTERNO)		FRESA 6 mm	2	1	0,01	2121	848,4	8				
		4	FASE 5_4 (PERFIL IZQUIERDO)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	1		2020	808	2				
		5	FASE 5_5 (PERFIL DERECHO)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	1		2020	808	2				
		DESBASTE	CAREADO	6	FASE 5_6 (CONTORNO INTERNO)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591		636,4	15	MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY
				7	FASE 5_7 (CONTORNO INTERNO)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121		848,4	8	
				8	FASE 5_8 (PERFIL IZQUIERDO)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	1		2020		808	1	
				9	FASE 5_9 (PERFIL DERECHO)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	1		2020		808	1	

Hoja de procesos del mecanizado de la parte móvil en material de Grillon

HOJA DE PROCESOS												
MATERIAL:	GRILLON	PLANO N°:		TRABAJO :	1	FECHA						
PIEZA:	PARTE MOVIL	DIMENSIONES EN BRUTO: TOCHO 82 x 82 x 52			HOJA N° :	1 DE 1	19/07/2016					
REALIZADO POR:	DIEGO PINEDA											
												
FASE	SUB - FASE	OPERACIONES	METODOS	CROQUIS	HERRAMIENTA	# PASADAS	Profundidad de pasada para desbaste (mm)	Profundidad de pasada para acabado (mm)	Velocidad (N) rpm	V. avance mm/s	Tiempo min	CONTROL
DESBASTE	CAREADO	1	FASE 1_1 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	25	MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY
		2	FASE 1_2 X (2) (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 6 mm	2	1	0,01	2121	848,4	8	
		1	FASE 2_1 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	28	
		2	FASE 2_2 (PERFIL)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	18	
		3	FASE 2_3 X (2) (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	8	

DESBASTE	CAREADO	1	FASE 3_1 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	27	MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY	
		2	FASE 3_2 (PERFIL)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	25		
		3	FASE 3_3 (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 8mm	2	2	0,01	1591	636,4	8		
		4	FASE 3_4 (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	1		
		5	FASE 3_5 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	1		2020	808	47		
		6	FASE 3_5 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	1		2020	808	18		
		1	FASE 4_1 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	28		
		2	FASE 4_2 (PERFIL)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	24		
		3	FASE 4_3 (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 8mm	2	2	0,01	1591	636,4	8		
		4	FASE 4_4 (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	1		
		5	FASE 3_5 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	1		2020	808	47		
		6	FASE 3_5 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	1		2020	808	18		
	1	FASE 5_1 (CAJERA INTERNA)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	13			
	2	FASE 5_2 (CAJERA INTERNA)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	22			
	3	FASE 5_3 (CONTORNO INTERNO)		FRESA 6 mm	2	1	0,01	2121	848,4	7			
	4	FASE 5_4 (PERFIL IZQUIERDO)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	1		2020	808	1			
	5	FASE 5_5 (PERFIL DERECHO)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	1		2020	808	1			
	DESBASTE	CAREADO	6	FASE 5_6 (CONTORNO INTERNO)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	18	MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY
			7	FASE 5_7 (CONTORNO INTERNO)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	9	
			8	FASE 5_8 (PERFIL IZQUIERDO)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	1		2020	808	1	
			9	FASE 5_9 (PERFIL DERECHO)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	1		2020	808	1	

Hoja de procesos del mecanizado de la parte móvil en aluminio 70-75

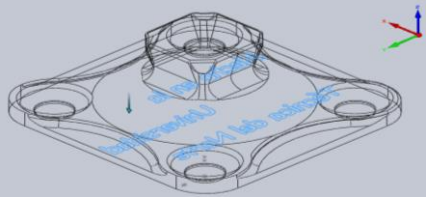
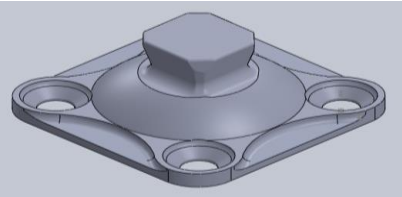


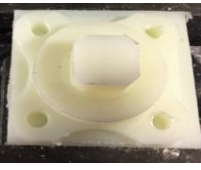


HOJA DE PROCESOS												
MATERIAL:		ALUMINIO 70-75 T6		PLANO N°:			TRABAJO :		1		FECHA	
PIEZA:		PARTE MOVIL		DIMENSIONES EN BRUTO: TOCHO 82 x 82 x 52			HOJA N° :		1 DE 1		19/11/2016	
REALIZADO POR:		DIEGO PINEDA										
												
FASE	SUB - FASE	OPERACIONES	METODOS	CROQUIS	HERRAMIENTA	# PASADAS	Profundidad de pasada para desbaste (mm)	Profundidad de pasada para acabado (mm)	Velocidad (rpm)	V. avance (mm/min)	Tiempo (min)	CONTROL
DESBASTE	CAREADO	1	FASE 1_1 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	0,5	0,01	1591	636,4	38	MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY
		2	FASE 1_2 X (2) (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 6 mm	2	0,25	0,01	2121	848,4	8	
		1	FASE 2_1 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	0,5	0,01	1591	636,4	45	
		2	FASE 2_2 (PERFIL)		FRESA 6mm	2	0,25	0,01	2121	848,4	45	
		3	FASE 2_3 X (2) (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 6mm	2	0,25	0,01	2121	848,4	8	

DESBASTE	CAREADO	1	FASE 3_1 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	0,5	0,01	1591	636,4	42	MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY		
		2	FASE 3_2 (PERFIL)		FRESA 6mm	2	0,25	0,01	2121	848,4	40			
		3	FASE 3_3 (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 8mm	2	0,5	0,01	1591	636,4	15			
		4	FASE 3_4 (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 6mm	2	0,25	0,01	2121	848,4	7			
		5	FASE 3_5 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	0,5		2020	808	47			
		6	FASE 3_5 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	0,5		2020	808	18			
		1	FASE 4_1 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	0,5	0,01	1591	636,4	42			
		2	FASE 4_2 (PERFIL)		FRESA 6mm	2	0,25	0,01	2121	848,4	40			
		3	FASE 4_3 (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 8mm	2	0,5	0,01	1591	636,4	15			
		4	FASE 4_4 (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 6mm	2	0,25	0,01	2121	848,4	7			
		5	FASE 3_5 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	0,5		2020	808	47			
		6	FASE 3_5 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	0,5		2020	808	18			
	1	FASE 5_1 (CAJERA INTERNA)		FRESA 16mm	2	0,5	0,01	1591	636,4	20				
	2	FASE 5_2 (CAJERA INTERNA)		FRESA 16mm	2	0,5	0,01	1591	636,4	42				
	3	FASE 5_3 (CONTORNO INTERNO)		FRESA 6 mm	2	0,25	0,01	2121	848,4	15				
	4	FASE 5_4 (PERFIL IZQUIERDO)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	0,5		2020	404	2				
	5	FASE 5_5 (PERFIL DERECHO)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	0,5		2020	404	2				
	DESBASTE	CAREADO	6	FASE 5_6 (CONTORNO INTERNO)		FRESA 16mm	2	0,5	0,01	1591	636,4		50	MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY
			7	FASE 5_7 (CONTORNO INTERNO)		FRESA 6mm	2	0,25	0,01	2121	848,4		18	
			8	FASE 5_8 (PERFIL IZQUIERDO)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	0,5		2020	404		1	
			9	FASE 5_9 (PERFIL DERECHO)		FRESA REDONDA 6,3mm	1	0,5		2020	404		1	

Hoja de procesos del mecanizado del acople de pirámide en aluminio fundido

HOJA DE PROCESOS														
MATERIAL:		ALUMINIO FUNDIDO		PLANO N°:			TRABAJO :		1		FECHA			
PIEZA:		A COUPLE DE PIRAMIDE		DIMENSIONES EN BRUTO: TOCHO 55 x 55 x 30			HOJA N° :		1 DE 1		19/06/2016			
REALIZADO POR:		DIEGO PINEDA												
														
FASE	SUB - FASE	OPERACIONES	METODOS	CROQUIS	HERRAMIENTA	# PASADAS	Profundidad de pasada para desbaste (mm)	Profundidad de pasada para acabado (mm)	Velocidad (rpm)	V. avance (mm/s)	Tiempo min	CONTROL		
DESBASTE	CAREADO	1	FASE 1_1 (CONTORNO)	              	FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	11	MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY		
		2	FASE 1_2 (PERFIL)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	4			
		3	FASE 1_3 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	7			
		4	FASE 1_4 (PERFIL)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	2			
		5	FASE 1_5 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	4			
		6	FASE 1_6 X 4 (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2122	848,4	4			
		7	FASE 1_7 (HSM ESPIRAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2546	1004	63			
		8	FASE 1_8 X 4 (HSM ESPIRAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2546	1004	16			
		9	FASE 1_9 X 4 (PERFILES)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2546	1004	4			
		1	FASE 2_1 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2546	1004	35			
		1	FASE 3_1 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2546	1004	35			
		1	FASE 4_1 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2546	1004	35			
		1	FASE 5_1 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2546	1004	35			

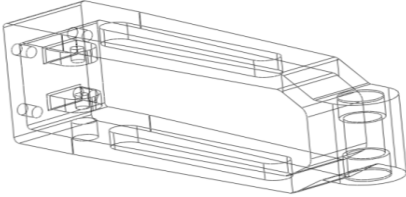
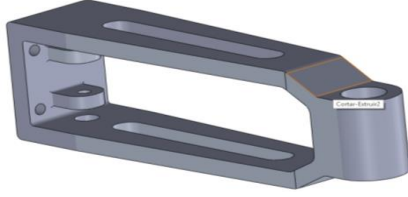


Hoja de procesos del mecanizado del acople de pirámide en material de Grillon




HOJA DE PROCESOS													
MATERIAL:		ALUMINIO FUNDIDO		PLANO N°:			TRABAJO :		1		FECHA		
PIEZA:		ACOPLE DE PIRAMIDE		DIMENSIONES EN BRUTO: TOCHO 55 x 55 x 30			HOJA N° :		1 DE 1		19/07/2016		
REALIZADO POR:		DIEGO PINEDA											
													
FASE	SUB - FASE	OPERACIONES	METODOS	CROQUIS	HERRAMIENTA	# PASADAS	Profundidad de pasada para desbaste (mm)	Profundidad de pasada para acabado (mm)	Velocidad (N) rpm	V. avance mm/s	Tiempo min	CONTROL	
DESBASTE	CAREADO	1	FASE 1_1 (CONTORNO)			FRESA 16mm	11	11	0,01	1591	636,4	16	MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY
		2	FASE 1_2 (PERFIL)			FRESA 16mm	11	11	0,01	1591	636,4	6	
		3	FASE 1_3 (CONTORNO)			FRESA 16mm	7	7	0,01	1591	636,4	12	
		4	FASE 1_4 (PERFIL)			FRESA 16mm	2	1,8	0,01	1591	636,4	6	
		5	FASE 1_5 (CONTORNO)			FRESA 16mm	4	4	0,01	1591	636,4	6	
		6	FASE 1_6 X 4 (TALADRADO Y CAJERA)			FRESA 6mm	5	4	0,01	2122	848,4	5	
		7	FASE 1_7 (HSM ESPIRAL)			FRESA REDONDA 5mm	7	7		2546	1004	63	
		8	FASE 1_8 X 4 (HSM ESPIRAL)			FRESA REDONDA 5mm	3,1	5		2546	1004	16	
		9	FASE 1_9 X 4 (PERFILES)	FRESA REDONDA 5mm	2	1,8		2546	1004	6			
		1	FASE 2_1 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1,8		2546	1004	35		
		1	FASE 3_1 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1,8		2546	1004	35		
		1	FASE 4_1 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1,8		2546	1004	35		
		1	FASE 5_1 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1,8		2546	1004	35		

Hoja de procesos del mecanizado del acople de pirámide en aluminio 70-75

HOJA DE PROCESOS												
:		ALUMINIO 70 - 75 T6	PLANO N°:			TRABAJO :	1		FECHA			
PIEZA:		ACOPLE DE PIRAMIDE	DIMENSIONES EN BRUTO: TOCHO 55 x 55 x 30			HOJA N° :	1 DE 1		11/11/2016			
REALIZADO POR:		DIEGO PINEDA										
												
FASE	SUB - FASE	OPERACIONES	METODOS	CROQUIS	HERRAMIENTA	# PASADAS	Profundidad de pasada para desbaste (mm)	Profundidad de pasada para acabado (mm)	Velocidad (rpm)	V. avance (mm/min)	Tiempo (min)	CONTROL
DESBASTE	CAREADO	1	FASE 1_1 (CONTORNO)	 	FRESA 16mm	2	11	0,01	1591	636,4	25	MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY
		2	FASE 1_2 (PERFIL)		FRESA 16mm	2	11	0,01	1591	636,4	7	
		3	FASE 1_3 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	7	0,01	1591	636,4	18	
		4	FASE 1_4 (PERFIL)		FRESA 16mm	2	1,8	0,01	1591	636,4	6	
		5	FASE 1_5 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	4	0,01	1591	636,4	8	
		6	FASE 1_6 X 4 (TALADRADO Y CAJERA)		FRESA 6mm	2	4	0,01	2121	848,4	6	
		7	FASE 1_7 (HSM ESPIRAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	2		2510	1004	63	
		8	FASE 1_8 X 4 (HSM ESPIRAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	2		2510	1004	16	
		9	FASE 1_8 X 4 (HSM ESPIRAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	2		2510	104	6	
	1	FASE 2_1 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1,8		2510	1004	35		
	1	FASE 3_1 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1,8		2510	1004	35		
	1	FASE 4_1 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1,8		2510	1004	35		
	1	FASE 5_1 (HSM LINEAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1,8		2510	1004	35		

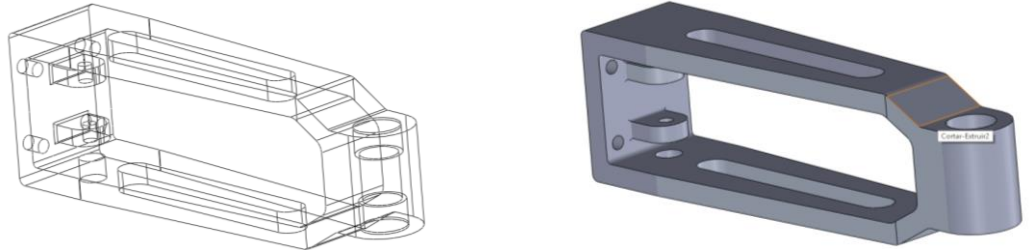
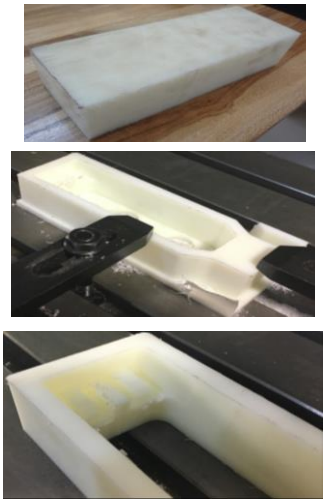
Hoja de procesos del mecanizado de la estructura base en material de aluminio fundido

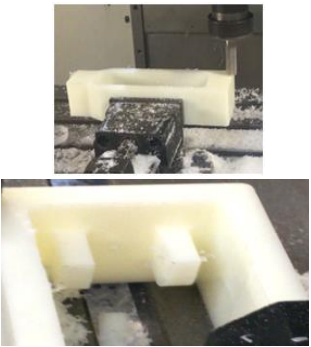
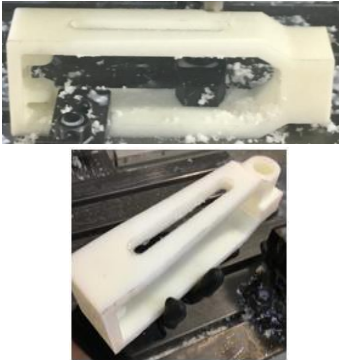
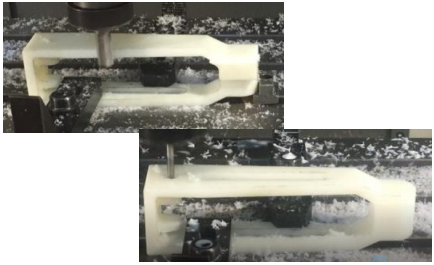
HOJA DE PROCESOS												
MATERIAL:		ALUMINIO FUNDIDO		PLANO N°:			TRABAJO :		1		FECHA	
PIEZA:		ESTRUCTURA BASE		DIMENSIONES EN BRUTO: TOCHO 235 x 65 x 52			HOJA N° :		1 DE 1		19/06/2016	
REALIZADO POR:		DIEGO PINEDA										
 												
FASE	SUB - FASE	OPERACIONES	METODOS	CROQUIS	HERRAMIENTA	# PASADAS	Profundidad de pasada para desbaste (mm)	Profundidad de pasada para acabado (mm)	Velocidad (rpm)	V. avance (mm/min)	Tiempo (min)	CONTROL
DESBASTE	CAREADO	1	FASE 1_1 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	30	MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY
		2	FASE 1_2 (CAJERA INTERNA)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	44	
		3	FASE 1_3 (CONTORNO INTERNO)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	6	
		4	FASE 1_4 (PERFIL INTERNO)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	55	
		5	FASE 1_5 (PERFIL)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	12	
		6	FASE 1_6 (HSM CONTORNO)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	5	
		7	FASE 1_7 (HSM PERFIL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	1	
		8	FASE 1_8 (HSM ESPIRAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	22	
		9	FASE 1_9 (HSM CONTORNO)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	5	
		10	FASE 1_10 (HSM PERFIL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	1	
		11	FASE 1_11 (HSM PERFIL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	22	


DESBASTE	CAREADO	1	FASE 2_1 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	7	MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY
		2	FASE 2_2 (PERFIL)		FRESA 8mm	2	2	0,01	1591	636,4	12	
		3	FASE 2_3 (HSM CONTORNO)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	5	
		4	FASE 2_4 (HSM PERFIL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	1	
		5	FASE 2_5 (HSM ESPIRAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	22	
		6	FASE 2_6 (HSM CONTORNO)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	5	
		7	FASE 2_7 (HSM PERFIL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	1	
		8	FASE 2_8 (HSM ESPIRAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	22	
		1	FASE 3_1 x 4 (TALADRADO)		BROCA 5,5mm	2	1		2652	1004	2	
		2	FASE 3_2 x 4 (CAJERA)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	3	
		1	FASE 4_1 (PERFIL)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	17	
		2	FASE 4_2 (TALADRADO)		BROCA 10mm	2	2	0,01	1591	636,4	3	
		3	FASE 4_3 (CAJERA)		FRESA 16mm	2	1		1591	636,4	2	
		4	FASE 4_4 (CONTORNO)		FRESA 15.86mm	2	2	0,01	1591	636,4	2	
		5	FASE 4_5 (PERFIL Y CONTORNO)		FRESA 8mm	2	2	0,01	1591	636,4	6	

DESBASTE	CAREADO	1	FASE 5_1 (CONTORNO CAJERA)		FRESA 8mm	2	2	0,01	1591	636,4	1	MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY
		2	FASE 5_2 (TALADRADO)		BROCA 5.5mm	2	1		2652	1004	3	
		3	FASE 5_3 (CAJERA)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	3	
		4	FASE 5_4 (CONTORNO CAJERA)		FRESA 8mm	2	2	0,01	1591	636,4	8	
		5	FASE 5_5 (PERFIL)		FRESA 15.86mm	2	2	0,01	1591	636,4	4	
		6	FASE 5_6 (PERFIL)		FRESA 15.86mm	2	2	0,01	1591	636,4	4	
		7	FASE 5_7 (PERFIL CONTORNO)		FRESA 15.86mm	2	2	0,01	1591	636,4	6	
		8	FASE 5_8 (CONTORNO CAJERA)		FRESA 15.86mm	2	2	0,01	1591	636,4	1	

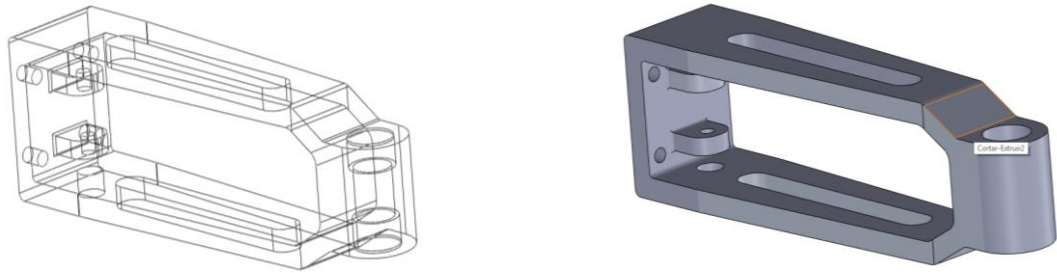
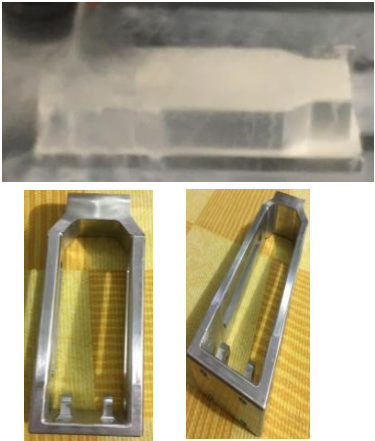
Hoja de procesos del mecanizado de la estructura base en material de Grillon


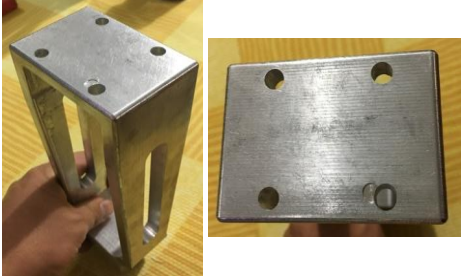

MATERIAL:	ALUMINIO FUNDIDO	PLANO N°:		TRABAJO :	1	FECHA						
PIEZA:	ESTRUCTURA BASE	DIMENSIONES EN BRUTO:	TOCHO 235 x 65 x 52	HOJA N° :	1 DE 1		19/06/2016					
REALIZADO POR:	DIEGO PINEDA											
												
FASE	SUB - FASE	OPERACIONES	METODOS	CROQUIS	HERRAMIENTA	# PASADAS	Profundidad de pasada para desbaste (mm)	Profundidad de pasada para acabado (mm)	Velocidad (rpm)	V. avance (mm/min)	Tiempo (min)	CONTROL
DESBASTE	CAREADO	1	FASE 1_1 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	71	MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY
		2	FASE 1_2 (CAJERA INTERNA)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	80	
		3	FASE 1_3 (CONTORNO INTERNO)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	10	
		4	FASE 1_4 (PERFIL INTERNO)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	73	
		5	FASE 1_5 (PERFIL)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	12	
		6	FASE 1_6 (HSM CONTORNO)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	5	
		7	FASE 1_7 (HSM PERFIL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	1	
		8	FASE 1_8 (HSM ESPIRAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	22	
		9	FASE 1_9 (HSM CONTORNO)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	5	
		10	FASE 1_10 (HSM PERFIL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	1	
		11	FASE 1_11 (HSM PERFIL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	22	

DESBASTE	CAREADO										MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY	
		1	FASE 2_1 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	12	
		2	FASE 2_2 (PERFIL)		FRESA 8mm	2	2	0,01	1591	636,4	12	
		3	FASE 2_3 (HSM CONTORNO)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	5	
		4	FASE 2_4 (HSM PERFIL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	1	
		5	FASE 2_5 (HSM ESPIRAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	22	
		6	FASE 2_6 (HSM CONTORNO)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	5	
		7	FASE 2_7 (HSM PERFIL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	1	
		8	FASE 2_8 (HSM ESPIRAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	22	
		1	FASE 3_1 (TALADRADO)		BROCA 5,5mm	2	1		2652	1004	2	
		2	FASE 3_2 (CAJERA)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	3	
		1	FASE 4_1 (PERFIL)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	37	
		2	FASE 4_2 (TALADRADO)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	4	
		3	FASE 4_3 (CAJERA)		BROCA 10mm	2	1		1591	636,4	3	
		4	FASE 4_4 (CONTORNO)		FRESA 15.86mm	2	2	0,01	1591	636,4	3	
		5	FASE 4_5 (PERFIL Y CONTORNO)		FRESA 8mm	2	2	0,01	1591	636,4	11	

DESBASTE	CAREADO	1	FASE 5_1 (CONTORNO CAJERA)		FRESA 8mm	2	2	0,01	1591	636,4	3	MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY
		2	FASE 5_2 (TALADRADO)		BROCA 5.5mm	2	1		2652	1004	1	
		3	FASE 5_3 (CAJERA)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	2	
		4	FASE 5_4 (CONTORNO CAJERA)		FRESA 8mm	2	2	0,01	1591	636,4	11	
		5	FASE 5_5 (PERFIL)		FRESA 15.86mm	2	2	0,01	1591	636,4	6	
		6	FASE 5_6 (PERFIL)		FRESA 15.86mm	2	2	0,01	1591	636,4	6	
		7	FASE 5_7 (PERFIL CONTORNO)		FRESA 15.86mm	2	2	0,01	1591	636,4	11	
		8	FASE 5_8 (CONTORNO CAJERA)		FRESA 15.86mm	2	2	0,01	1591	636,4	3	
		1	FASE 6_1 (HSM LINEAL)	FRESA REDONDADA 5mm	1	0,5		2510	1004	54		
		2	FASE 6_1 (HSM LINEAL)	FRESA REDONDADA 5mm	1	0,5		2510	1004	50		
		3	FASE 6_1 (HSM LINEAL)	FRESA REDONDADA 5mm	1	0,5		2510	1004	15		
		4	FASE 6_1 (HSM LINEAL)	FRESA REDONDADA 5mm	1	0,5		2510	1004	10		
		5	FASE 6_1 (HSM LINEAL)	FRESA REDONDADA 5mm	1	0,5		2510	1004	54		
		6	FASE 6_1 (HSM LINEAL)	FRESA REDONDADA 5mm	1	0,5		2510	1004	50		
		1	FASE 6_1 (HSM LINEAL)	FRESA REDONDADA 5mm	1	0,5		2510	1004	54		
		2	FASE 6_1 (HSM LINEAL)	FRESA REDONDADA 5mm	1	0,5		2510	1004	50		
		3	FASE 6_1 (HSM LINEAL)	FRESA REDONDADA 5mm	1	0,5		2510	1004	15		
		4	FASE 6_1 (HSM LINEAL)	FRESA REDONDADA 5mm	1	0,5		2510	1004	10		
		5	FASE 6_1 (HSM LINEAL)	FRESA REDONDADA 5mm	1	0,5		2510	1004	54		
		6	FASE 6_1 (HSM LINEAL)	FRESA REDONDADA 5mm	1	0,5		2510	1004	50		

Hoja de procesos del mecanizado de la estructura base en material de aluminio 70-75

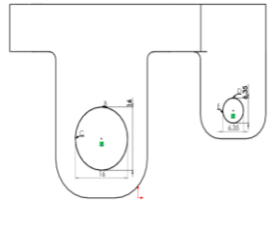
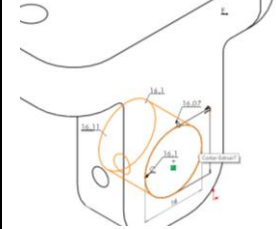

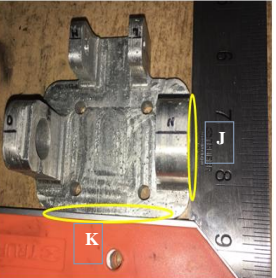
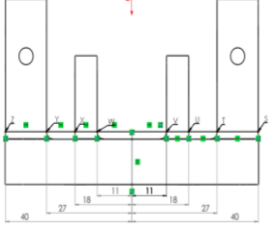
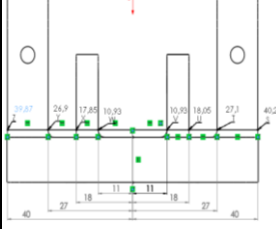
HOJA DE PROCESOS												
:	ALUMINIO 70 - 75 T6	PLANO N°:	TRABAJO :	1	FECHA							
PIEZA:	ESTRUCTURA BASE	DIMENSIONES EN BRUTO: TOCHO 235 x 65 x 52	HOJA N° :	1 DE 1	18/11/2016							
REALIZADO POR:	DIEGO PINEDA											
												
FASE	SUB - FASE	OPERACIONES	METODOS	CROQUIS	HERRAMIENTA	# PASADAS	Profundidad de pasada para desbaste (mm)	Profundidad de pasada para acabado (mm)	Velocidad (rpm)	V. avance (mm/min)	Tiempo (min)	CONTROL
DESBASTE	CAREADO	1	FASE 1_1 (CONTORNO)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	120	MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY
		2	FASE 1_2 (CAJERA INTERNA)		FRESA 16mm	2	2	0,01	1591	636,4	140	
		3	FASE 1_3 (CONTORNO INTERNO)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	18	
		4	FASE 1_4 (PERFIL INTERNO)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	125	
		5	FASE 1_5 (PERFIL)		FRESA 6mm	2	1	0,01	2121	848,4	22	
		6	FASE 1_6 (HSM CONTORNO)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	5	
		7	FASE 1_7 (HSM PERFIL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	1	
		8	FASE 1_8 (HSM ESPIRAL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	22	
		9	FASE 1_9 (HSM CONTORNO)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	5	
		10	FASE 1_10 (HSM PERFIL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	1	
		11	FASE 1_11 (HSM PERFIL)		FRESA REDONDA 5mm	2	1		2510	1004	22	

DESBASTE	CAREADO	FASE 2		MATERIALES							MEDIDOR DE NIVEL, PIE DE REY	
		DESCRIPCIÓN	IMAGEN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECISIÓN	CÓDIGO	PESO	VOLUMEN			
		1	FASE 2_1 (CONTORNO)		2		2	0,01	1591	636,4	22	
		2	FASE 2_2 (PERFIL)		2		2	0,01	1591	636,4	22	
		3	FASE 2_3 (HSM CONTORNO)		2		1		2510	1004	5	
		4	FASE 2_4 (HSM PERFIL)		2		1		2510	1004	1	
		5	FASE 2_5 (HSM ESPIRAL)		2		1		2510	1004	22	
		6	FASE 2_6 (HSM CONTORNO)		2		1		2510	1004	5	
		7	FASE 2_7 (HSM PERFIL)		2		1		2510	1004	1	
		8	FASE 2_8 (HSM ESPIRAL)		2		1		2510	1004	22	
		1	FASE 3_1 (TALADRADO)		2		1		2510	1004	2	
		2	FASE 3_2 (CAJERA)		2		1	0,01	2121	848,4	3	
		1	FASE 4_1 (PERFIL)		2		2	0,01	1591	636,4	60	
		2	FASE 4_2 (TALADRADO)		2		2	0,01	1591	636,4	5	
		3	FASE 4_3 (CAJERA)		2		1		1591	636,4	4	
		4	FASE 4_4 (CONTORNO)		2		2	0,01	1591	636,4	4	
		5	FASE 4_5 (PERFIL Y CONTORNO)		2		2	0,01	1591	636,4	18	

Anexo C

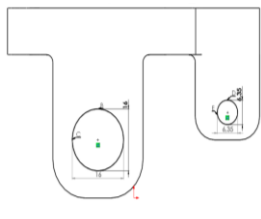
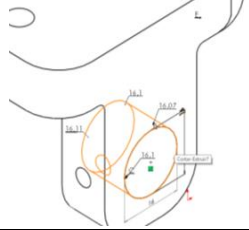
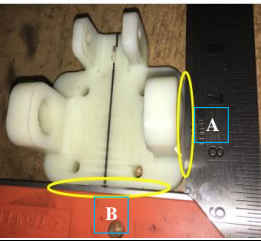
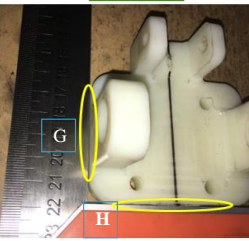
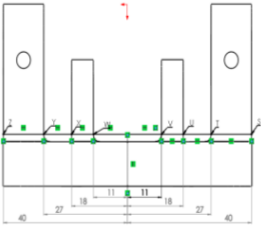
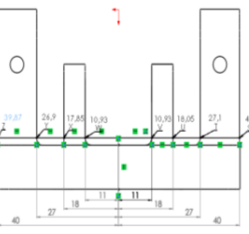
Tolerancias geométricas de la parte móvil en aluminio fundido

TABLA DE TOLERANCIAS GEOMETRICAS Y DIMENSIONALES								
TIPO DE TOLERANCIA	CARACTERISTICA	INDICACION DEL DIBUJO	ZONA DE TOLERANCIA	MEDIDAS DE PUNTOS VIRTUAL (mm)	MEDIDAS DE PUNTOS REAL (mm)	CONTROL	OBSERVACIONES	
FORMA	RECTITUD			Punto A = 49 Punto B = 78 Punto C = 80	49,44 77,8 79,73	CALIBRADOR		
	PLANICIDAD			Cara 1	Area total 51,62 cm ² = 100% Punto A = EXCELENTE Punto B = EXCELENTE	BUENO = 1,93 % MALO = 12,59 %	ESCUADRA	La planicidad en los punto A tiene un pequeño error pero el punto B tiene la calificacion de MALO por que sobre pasan el 10%
	PLANICIDAD			Cara 2	Area total 12,53 cm ² = 100% Punto C = EXCELENTE Punto D = EXCELENTE	BUENO = 3,99 % BUENO = 5,99%	ESCUADRA	La planicidad en los punto C y D tienen calificacion de BUENO porque no sobre pasan el 10% de error
	PLANICIDAD			Cara 3	Punto E = EXCELENTE Punto F = EXCELENTE	MALO = 17,95 % BUENO = 5,99%	ESCUADRA	La planicidad en los punto E tiene calificacion MALO porque tiene un error alto y en el punto F no tiene mucho error
	REDONDEZ			Punto B = 16 Punto C = 16 Punto D = 6,35 Punto E = 6,35	16,35 16,15 6,42 6,39	CALIBRADOR		

	CILINDRICIDAD			<table border="1"> <tr><td>Punto B = 16</td><td>16,22</td></tr> <tr><td>Punto C = 16</td><td>16,3</td></tr> <tr><td>Punto B1 = 16</td><td>16,15</td></tr> <tr><td>Punto C1 = 16</td><td>16,25</td></tr> </table>	Punto B = 16	16,22	Punto C = 16	16,3	Punto B1 = 16	16,15	Punto C1 = 16	16,25	CALIBRADOR									
Punto B = 16	16,22																					
Punto C = 16	16,3																					
Punto B1 = 16	16,15																					
Punto C1 = 16	16,25																					
	PERPENDICULARIDAD	<p style="text-align: center;">CARA 1</p> 	<p style="text-align: center;">CARA 2</p> 	<table border="1"> <tr><td colspan="2">Cara 1</td></tr> <tr><td>Punto F = EXCELENTE</td><td>BUENO</td></tr> <tr><td>Punto G = EXCELENTE</td><td>BUENO</td></tr> <tr><td colspan="2">Cara 2</td></tr> <tr><td>Punto H = EXCELENTE</td><td>BUENO</td></tr> <tr><td>Punto I = EXCELENTE</td><td>BUENO</td></tr> </table>	Cara 1		Punto F = EXCELENTE	BUENO	Punto G = EXCELENTE	BUENO	Cara 2		Punto H = EXCELENTE	BUENO	Punto I = EXCELENTE	BUENO	ESCUADRA	<p>Los puntos F, G tienen un pequeño error por eso se califica como BUENO</p> <p>Los puntos H, I tienen un pequeño error por eso se califica como BUENO</p>				
Cara 1																						
Punto F = EXCELENTE	BUENO																					
Punto G = EXCELENTE	BUENO																					
Cara 2																						
Punto H = EXCELENTE	BUENO																					
Punto I = EXCELENTE	BUENO																					
	SIMETRIA			<table border="1"> <tr><td>Punto S = 40</td><td>38,75</td></tr> <tr><td>Punto T = 27</td><td>27,07</td></tr> <tr><td>Punto U = 18</td><td>18,03</td></tr> <tr><td>Punto V = 11</td><td>11,09</td></tr> <tr><td>Punto W = 11</td><td>11,05</td></tr> <tr><td>Punto X = 18</td><td>18,03</td></tr> <tr><td>Punto Y = 27</td><td>27,5</td></tr> <tr><td>Punto Z = 40</td><td>39,8</td></tr> </table>	Punto S = 40	38,75	Punto T = 27	27,07	Punto U = 18	18,03	Punto V = 11	11,09	Punto W = 11	11,05	Punto X = 18	18,03	Punto Y = 27	27,5	Punto Z = 40	39,8	CALIBRADOR	
Punto S = 40	38,75																					
Punto T = 27	27,07																					
Punto U = 18	18,03																					
Punto V = 11	11,09																					
Punto W = 11	11,05																					
Punto X = 18	18,03																					
Punto Y = 27	27,5																					
Punto Z = 40	39,8																					

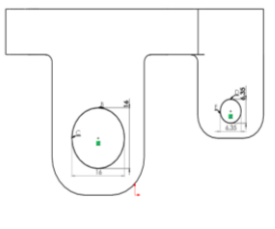
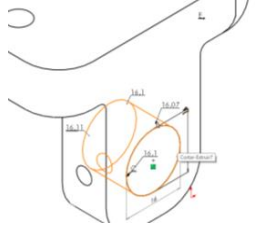
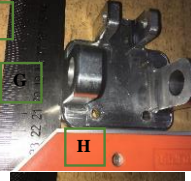

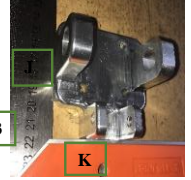
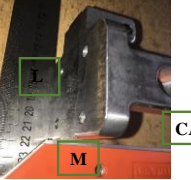
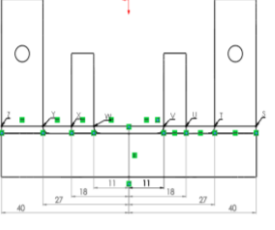
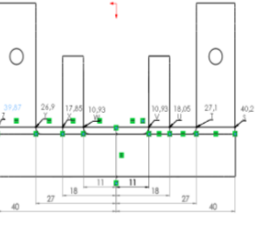
Tolerancias geométricas de la parte móvil en grillon

TABLA DE TOLERANCIAS GEOMETRICAS Y DIMENSIONALES							
TIPO DE TOLERANCIA	CARACTERISTICA	INDICACION DEL DIBUJO	ZONA DE TOLERANCIA	MEDIDAS DE PUNTOS VIRTUAL (mm)	MEDIDAS DE PUNTOS REAL (mm)	CONTROL	OBSERVACIONES
FORMA	RECTITUD			Punto A = 49 Punto B = 78 Punto C = 80	48,88 78,6 80,25	CALIBRADOR	
	PLANICIDAD		<p>CARA 1</p> <p>CARA 2</p>	Cara 1	Area total 51,62 % = 100%	ESCUADRA	La planicidad en los punto A tiene una notable desigualdad y el punto B tiene errores pero mas leve
	PLANICIDAD			Punto A = EXCELENTE Punto B = EXCELENTE	MALO = 14,91 % BUENO = 7,75 %		
	PLANICIDAD				Cara 2		
	PLANICIDAD	Punto C = EXCELENTE Punto D = EXCELENTE	BUENO = 4% BUENO = 2%				
	PLANICIDAD		Cara 3	Punto E = EXCELENTE Punto F = EXCELENTE	MALO = 15,96 % BUENO = 4%	ESCUADRA	La planicidad en los punto E tiene la calificacion de MALO por sobrepasarse en 10% y F tiene un error muy pequeños por eso se clasifiko como BUENO.
	REDONDEZ			Punto B = 16 Punto C = 16 Punto D = 6,35 Punto E = 6,35	16,1 16,1 6,45 6,4	CALIBRADOR	

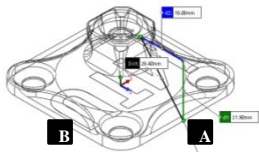
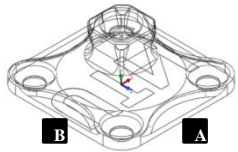
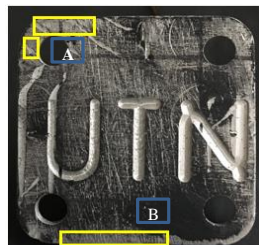
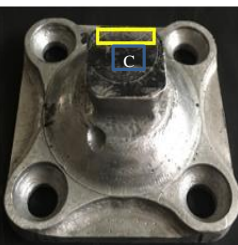


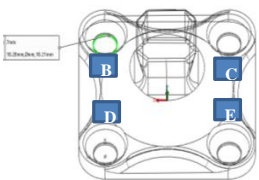
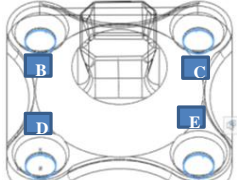
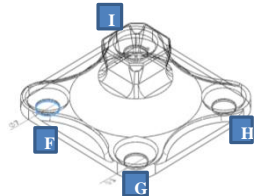
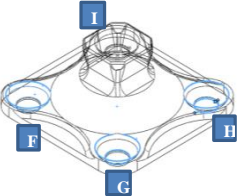
	<p>CILINDRICIDAD</p>			<table border="1"> <tr><td>Punto B = 16</td><td>16,2</td></tr> <tr><td>Punto C = 16</td><td>16,2</td></tr> <tr><td>Punto B1 = 16</td><td>16,2</td></tr> <tr><td>Punto C1 = 16</td><td>16,2</td></tr> </table>	Punto B = 16	16,2	Punto C = 16	16,2	Punto B1 = 16	16,2	Punto C1 = 16	16,2		<p>CALIBRADOR</p>									
Punto B = 16	16,2																						
Punto C = 16	16,2																						
Punto B1 = 16	16,2																						
Punto C1 = 16	16,2																						
	<p>PERPENDICULARIDAD</p>	<p>CARA 1</p> 	<p>CARA 2</p> 	<p>Cara 1</p> <table border="1"> <tr><td>Punto J = EXCELENTE</td><td>BUENO</td></tr> <tr><td>Punto K = EXCELENTE</td><td>MALO</td></tr> </table> <p>Cara 2</p> <table border="1"> <tr><td>Punto G = EXCELENTE</td><td>BUENO</td></tr> <tr><td>Punto H = EXCELENTE</td><td>MALO</td></tr> </table>	Punto J = EXCELENTE	BUENO	Punto K = EXCELENTE	MALO	Punto G = EXCELENTE	BUENO	Punto H = EXCELENTE	MALO		<p>ESCUADRA</p>	<p>Los puntos A tiene un error muy leve,pero el punto B tiene un error muy notable</p> <p>Los puntos C tiene un error muy leve,pero el punto D tiene un error muy notable</p>								
Punto J = EXCELENTE	BUENO																						
Punto K = EXCELENTE	MALO																						
Punto G = EXCELENTE	BUENO																						
Punto H = EXCELENTE	MALO																						
	<p>SIMETRIA</p>			<table border="1"> <tr><td>Punto S = 40</td><td>40,08</td></tr> <tr><td>Punto T = 27</td><td>26,88</td></tr> <tr><td>Punto U = 18</td><td>17,98</td></tr> <tr><td>Punto V = 11</td><td>10,89</td></tr> <tr><td>Punto W = 11</td><td>10,87</td></tr> <tr><td>Punto X = 18</td><td>17,98</td></tr> <tr><td>Punto Y = 27</td><td>26,88</td></tr> <tr><td>Punto Z = 40</td><td>40,09</td></tr> </table>	Punto S = 40	40,08	Punto T = 27	26,88	Punto U = 18	17,98	Punto V = 11	10,89	Punto W = 11	10,87	Punto X = 18	17,98	Punto Y = 27	26,88	Punto Z = 40	40,09		<p>CALIBRADOR</p>	
Punto S = 40	40,08																						
Punto T = 27	26,88																						
Punto U = 18	17,98																						
Punto V = 11	10,89																						
Punto W = 11	10,87																						
Punto X = 18	17,98																						
Punto Y = 27	26,88																						
Punto Z = 40	40,09																						

Tolerancias geométricas de la parte móvil en aluminio 70-75

TOLERANCIA DIMENSIONAL Y GEOMETRICA							
TIPO DE TOLERANCIA	CARACTERISTICA	INDICACION DEL DIBUJO	ZONA DE TOLERANCIA	MEDIDAS DE PUNTOS VIRTUAL (mm)	MEDIDAS DE PUNTOS REAL (mm)	CONTROL	OBSERVACIONES
FORMA	RECTITUD			Punto A = 49 Punto B = 78 Punto C = 80	48,85 77,9 79,85	CALIBRADOR	
	PLANICIDAD	 <p>CARA 1</p> <p>CARA 2</p> <p>CARA 3</p>	Cara 1	Area total 51,62 % = 100% Punto A = EXCELENTE Punto B = EXCELENTE	EXCELENTE = 0% EXCELENTE = 0%	ESCUADRA	La planicidad en los punto A y B son excelentes, no tiene errores
	PLANICIDAD		Cara 2	Area total 12,53 % = 100% Punto C = EXCELENTE Punto D = EXCELENTE	EXCELENTE = 0% EXCELENTE = 0%	ESCUADRA	La planicidad en los punto C y D son excelentes, no tiene errores
	PLANICIDAD		Cara 3	Punto E = EXCELENTE Punto F = EXCELENTE	EXCELENTE = 0% EXCELENTE = 0%	ESCUADRA	La planicidad en los punto E y F son excelentes, no tiene errores
	REDONDEZ				Punto B = 16 Punto C = 16 Punto D = 6,35 Punto E = 6,35		CALIBRADOR

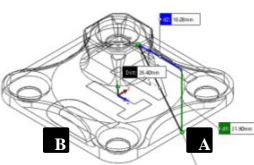
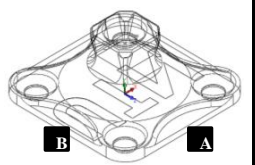
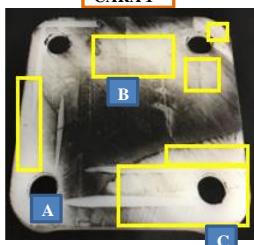
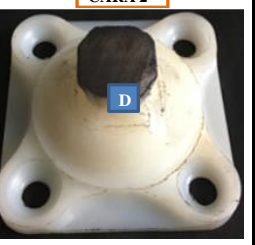
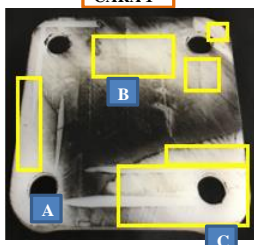
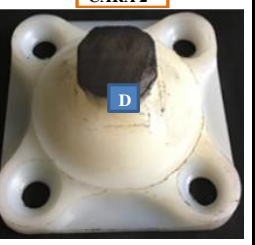
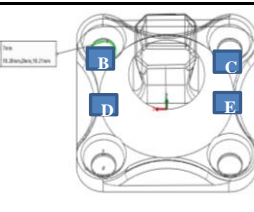
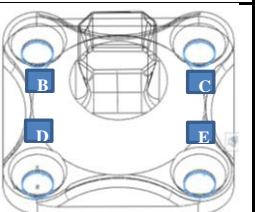
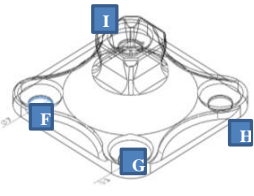
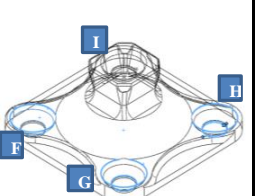
	CILINDRICIDAD			<table border="1"> <tr><td>Punto B = 16</td><td>15,99</td></tr> <tr><td>Punto C = 16</td><td>15,98</td></tr> <tr><td>Punto B1 = 16</td><td>15,96</td></tr> <tr><td>Punto C1 = 16</td><td>15,96</td></tr> </table>	Punto B = 16	15,99	Punto C = 16	15,98	Punto B1 = 16	15,96	Punto C1 = 16	15,96	CALIBRADOR										
Punto B = 16	15,99																						
Punto C = 16	15,98																						
Punto B1 = 16	15,96																						
Punto C1 = 16	15,96																						
	PERPENDICULARIDAD	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%; text-align: center;"> <p>CARA 1</p>  <p>H</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;"> <p>CARA 2</p>  <p>I</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;"> <p>CARA 3</p>  <p>K</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;"> <p>CARA 4</p>  <p>M</p> </div> </div>	<table border="1"> <tr><td>Cara 1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Punto G = EXCELENTE</td><td>EXCELENTE</td><td></td></tr> <tr><td>Punto H = EXCELENTE</td><td>EXCELENTE</td><td></td></tr> <tr><td>Cara 3</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Punto J = EXCELENTE</td><td>EXCELENTE</td><td></td></tr> <tr><td>Punto K = EXCELENTE</td><td>EXCELENTE</td><td></td></tr> </table>	Cara 1			Punto G = EXCELENTE	EXCELENTE		Punto H = EXCELENTE	EXCELENTE		Cara 3			Punto J = EXCELENTE	EXCELENTE		Punto K = EXCELENTE	EXCELENTE		ESCUADRA	Los puntos G, H, I, J, K, L, M, son puntos que estan sin ningun error
Cara 1																							
Punto G = EXCELENTE	EXCELENTE																						
Punto H = EXCELENTE	EXCELENTE																						
Cara 3																							
Punto J = EXCELENTE	EXCELENTE																						
Punto K = EXCELENTE	EXCELENTE																						
	SIMETRIA			<table border="1"> <tr><td>Punto S = 40</td><td>39,93</td></tr> <tr><td>Punto T = 27</td><td>27</td></tr> <tr><td>Punto U = 18</td><td>17,98</td></tr> <tr><td>Punto V = 11</td><td>10,93</td></tr> <tr><td>Punto W = 11</td><td>10,9</td></tr> <tr><td>Punto X = 18</td><td>17,9</td></tr> <tr><td>Punto Y = 27</td><td>26,83</td></tr> <tr><td>Punto Z = 40</td><td>39,93</td></tr> </table>	Punto S = 40	39,93	Punto T = 27	27	Punto U = 18	17,98	Punto V = 11	10,93	Punto W = 11	10,9	Punto X = 18	17,9	Punto Y = 27	26,83	Punto Z = 40	39,93	CALIBRADOR		
Punto S = 40	39,93																						
Punto T = 27	27																						
Punto U = 18	17,98																						
Punto V = 11	10,93																						
Punto W = 11	10,9																						
Punto X = 18	17,9																						
Punto Y = 27	26,83																						
Punto Z = 40	39,93																						

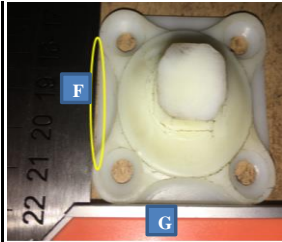
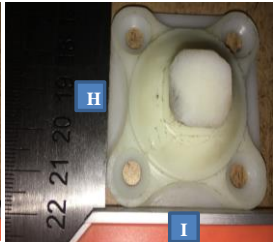
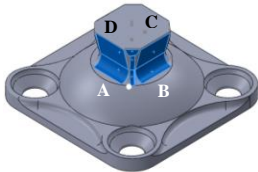
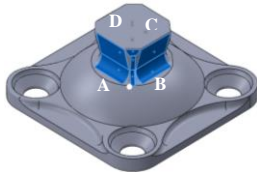
Tolerancias geométricas del acople de pirámide en aluminio fundido

TABLA DE TOLERANCIAS GEOMETRICAS Y DIMENSIONALES							
TIPO DE TOLERANCIA	CARACTERISTICA	INDICACION DEL DIBUJO	ZONA DE TOLERANCIA	MEDIDAS DE PUNTOS VIRTUAL (mm)	MEDIDAS DE PUNTOS REAL (mm)	CONTROL	OBSERVACIONES
FORMA	RECTITUD			Punto A = 21,99 Punto B = 22 Punto C = 22	23,25 23,25 23,22	CALIBRADOR	
	PLANICIDAD			Cara 1 Punto A = EXCELENTE Punto B = EXCELENTE Punto C = EXCELENTE	Area total 25,23 cm ² = 100% BUENO = 4,95 % BUENO = 4,95 % BUENO = 4,95 %	ESCUADRA	La planicidad en los punto A y B tiene la calidficacion de BUENO por el bajo porcentaje de error
	PLANICIDAD			Cara 2 Punto C = EXCELENTE	Area total 2,5 cm ² = 100% MALO = 15,2 %	ESCUADRA	La planicidad en el punto C tiene una calificacion de MALO por el alto porcentaje de error.
	REDONDEZ			Punto B = 7 Punto C = 7 Punto D = 7 Punto E = 7	6,85 6,9 6,85 6,95	CALIBRADOR	
	CILINDRICIDAD			Punto F = 7 ; 7 Punto G = 7 ; 7 Punto H = 7 ; 7 Punto J = 7 ; 7	6,26 ; 6,35 6,34 ; 6,48 6,29 ; 6,30 6,17 ; 6,15	CALIBRADOR	

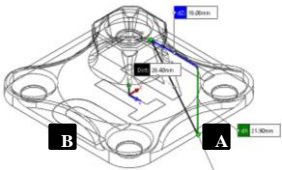
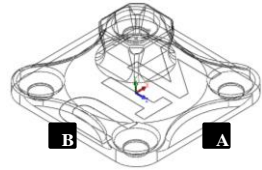

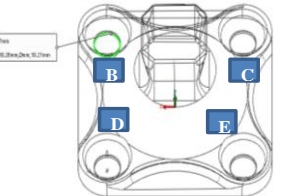
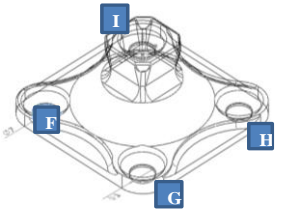
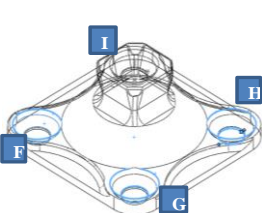
ORIENTACION	PERPENDICULARIDAD			<p>Cara 1</p> <p>Punto F = EXCELENTE</p> <p>Punto G = EXCELENTE</p>	<p>MALO</p> <p>BUENO</p>	ESCUADRA	<p>En el punto F se observa que tiene un espacio mas visible, G tienen un pequeño error por eso se califica como BUENO</p>
		<p>CARA 2</p> <p>Punto H = EXCELENTE</p> <p>Punto I = EXCELENTE</p>	<p>BUENO</p> <p>MALO</p>	ESCUADRA	<p>En el punto H tiene un error muy pequeño por eso se da calificacion como bueno, I tienen un error mas pronunciado por eso se califica como MALO</p>		
SIMETRIA						<p>Punto A = EXCELENTE</p> <p>Punto B = EXCELENTE</p> <p>Punto C = EXCELENTE</p> <p>Punto D = EXCELENTE</p>	<p>BUENO</p> <p>BUENO</p> <p>BUENO</p> <p>BUENO</p>


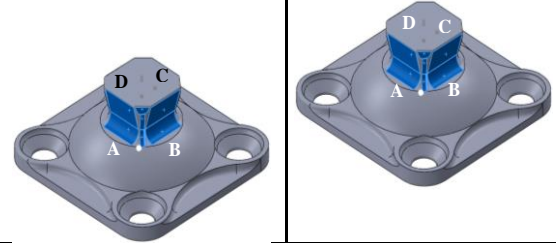
Tolerancias geométricas del acople de pirámide en Grillon.

TABLA DE TOLERANCIAS GEOMETRICAS							
TIPO DE TOLERANCIA	CARACTERISTICA	INDICACION DEL DIBUJO	ZONA DE TOLERANCIA	MEDIDAS DE PUNTOS VIRTUAL (mm)	MEDIDAS DE PUNTOS REAL (mm)	CONTROL	OBSERVACIONES
FORMA	RECTITUD			Punto A = 21,99 Punto B = 22 Punto C = 22	22,8 22,8 22,8	CALIBRADOR	
	PLANICIDAD			Cara 1 Punto A = EXCELENTE Punto B = EXCELENTE Punto C = EXCELENTE	Area total 25,23 cm ² = 100% BUENO = 7,93 % MALO = 18,82 % BUENO = 8,92 %	ESCUADRA	La planicidad en los A y C es de consideracion BUENO pero el punto B se da como calificacion MALO por tener mas de 15 % de error
	PLANICIDAD			Cara 2 Punto C = EXCELENTE	Area total 2,5 cm ² = 100% EXCELENTE = 0 %	ESCUADRA	La planicidad del punto D es EXCELENTE no tiene errores
	REDONDEZ			Punto B = 7 Punto C = 7 Punto D = 7 Punto E = 7	6,85 6,85 6,95 6,95	CALIBRADOR	
	CILINDRICIDAD			Punto F = 7 ; 7 Punto G = 7 ; 7 Punto H = 7 ; 7 Punto J = 7 ; 7	5,15 ; 5 5,15 ; 4,95 5,10 ; 5,08 5,10 ; 5,03	CALIBRADOR	

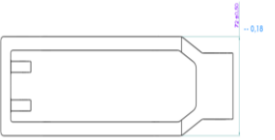
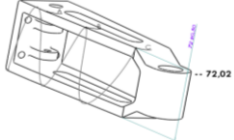
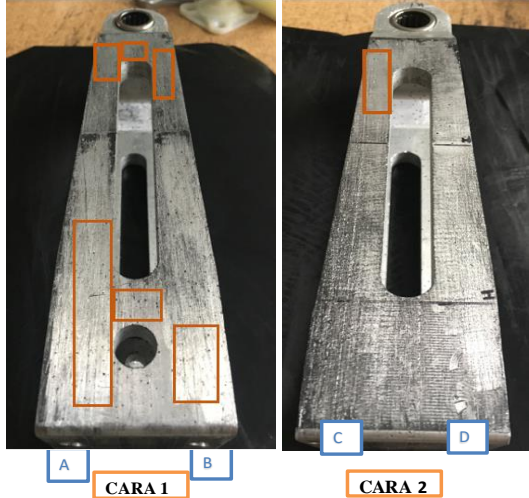
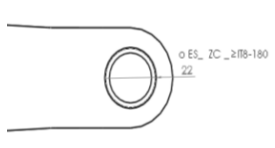
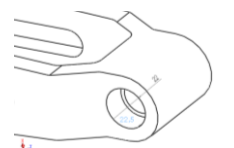
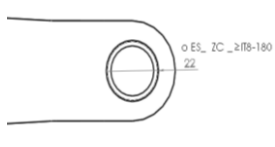
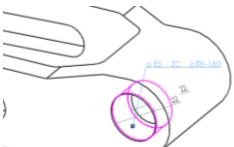
ORIENTACION	PERPENDICULARIDAD	 <p>CARA 1</p>	 <p>CARA 2</p>	Cara 1		ESCUADRA	En el punto F se observa que tiene un espacio mas visible, y el punto G tienen un minimo de error por eso se califica como BUENO
				Punto F = EXCELENTE	MALO		
		Punto G = EXCELENTE	BUENO				
			Cara 2		ESCUADRA	Los punto H, I tiene un error casi despreciable por eso se califica como BUENO	
	Punto H = EXCELENTE	BUENO					
Punto I = EXCELENTE	BUENO						
SIMETRIA			Punto A = EXCELENTE		CALIBRADOR	Se determina como BUENO por que no se tiene las herramientas para medir este tipo de formas	
			Punto B = EXCELENTE				
		Punto C = EXCELENTE					
		Punto D = EXCELENTE					

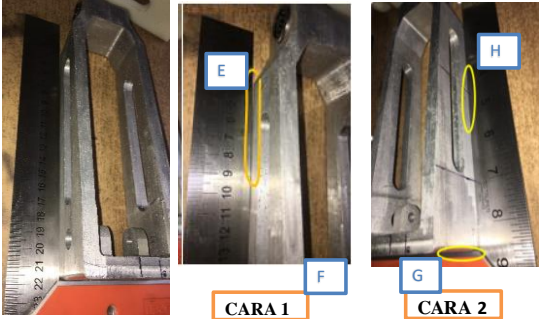
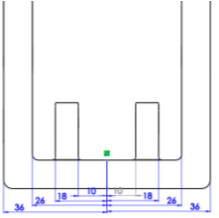
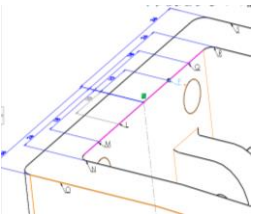
Tolerancias geométricas del acople de pirámide en aluminio 70-75

TABLA DE TOLERANCIAS GEOMETRICAS Y DIMENSIONALES							
TIPO DE TOLERANCIA	CARACTERISTICA	INDICACION DEL DIBUJO	ZONA DE TOLERANCIA	MEDIDAS DE PUNTOS VIRTUAL (mm)	MEDIDAS DE PUNTOS REAL (mm)	CONTROL	OBSERVACIONES
FORMA	RECTITUD			Punto A = 21,99 Punto B = 22 Punto C = 22	22,08 22,08 22,06	CALIBRADOR	
	PLANICIDAD	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid orange; padding: 2px;">CARA 1</div> <div style="border: 1px solid orange; padding: 2px;">CARA 2</div> </div> 		Cara 1 Punto A = EXCELENTE Punto B = EXCELENTE Punto C = EXCELENTE	Area total 25,23 cm ² = 100% EXCELENTE = 0% EXCELENTE = 0% EXCELENTE = 0%	ESCUADRA	La planicidad de los puntos A, B, C no tienen errores por eso es la calificacion de EXCELENTE
	PLANICIDAD			Cara 2 Punto C = EXCELENTE	Area total 2,5 cm ² = 100% EXCELENTE = 0 %	ESCUADRA	La planicidad del punto D es EXCELENTE no tiene errores
	REDONDEZ			Punto B = 7 Punto C = 7 Punto D = 7 Punto E = 7	6,95 6,95 6,95 6,95	CALIBRADOR	
	CILINDRICIDAD			Punto F = 7 ; 7 Punto G = 7 ; 7 Punto H = 7 ; 7 Punto I = 7 ; 7	4,05 ; 4,01 4,08 ; 4,08 4,15 ; 4,2 4,14 ; 4,16	CALIBRADOR	

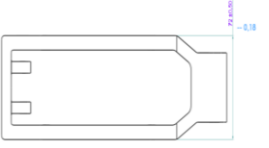
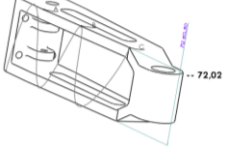


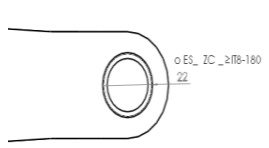
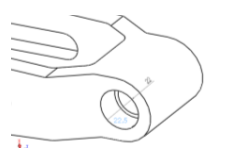
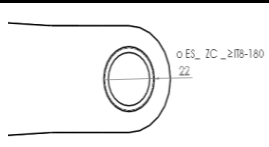
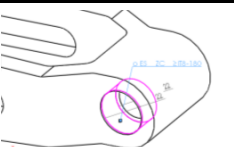
	PERPENDICULARIDAD			Cara 1 Punto F = EXCELENTE Punto G = EXCELENTE		ESCUADRA ESCUADRA	No tiene errores de perpendicularidad No tiene errores de perpendicularidad
				Cara 2 Punto H = EXCELENTE Punto I = EXCELENTE			
	SIMETRIA			Punto A = EXCELENTE Punto B = EXCELENTE Punto C = EXCELENTE Punto D = EXCELENTE		CALBRADOR	Al mecanizar se hicieron unos des perfectos en la peza, pero no fueron por mala operación de CNC, al no contar con herrameintas mas pequeñas se hizo hasta donde se podia mecanizar
				BUENO BUENO BUENO BUENO			



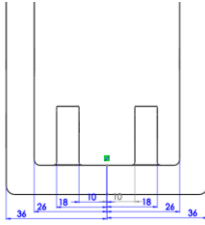
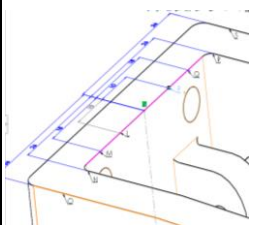
Tolerancias geométricas de la estructura base en aluminio fundido.

TABLA DE TOLERANCIAS GEOMETRICAS Y DIMENSIONALES								
TIPO DE TOLERANCIA	CARACTERISTICA	INDICACION DEL DIBUJO	ZONA DE TOLERANCIA	MEDIDAS DE PUNTOS VIRTUAL (mm)	MEDIDAS DE PUNTOS REAL (mm)	CONTROL	OBERVACIONES	
FORMA	RECTITUD			Punto A = 72 Punto B = 72 Punto C = 72	72,12 71,95 71,95	CALIBRADOR		
	PLANICIDAD			CARA 1	Area total 75,26 cm ² = 100% Punto A = EXCELENTE Punto B = EXCELENTE	MALO = 11,96% BUENO = 6,32 %	ESCUADRA	Existe el 11,96 % en el punto A y 6,32 % en el punto B de parte mala en el mecanizado
				CARA 2	Punto C = EXCELENTE Punto D = EXCELENTE	BUENO = 3,98% BUENO = 0%	ESCUADRA	Exsiste el 3,98 % en el punto A y 0 % en el punto B de parte mala en el mecanizado
	REDONDEZ			Punto T = 22 Punto V = 22 Punto X = 22 Punto Y = 22	22,5 22,5 23,2 23,2	CALIBRADOR		
				CILINDRICIDAD			Punto T = 22 Punto V = 22 Punto X = 22 Punto Y = 22	22,5 22,5 22,2 22,2

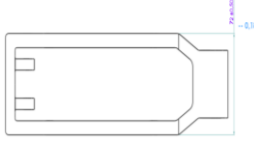
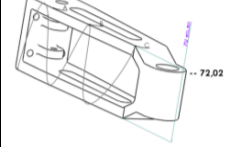

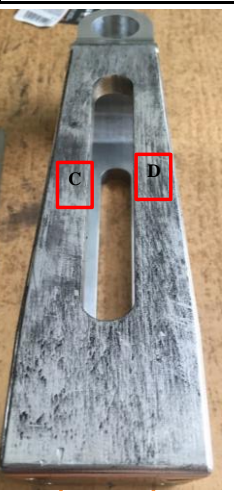
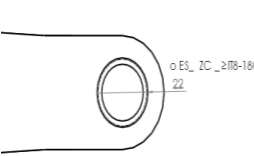
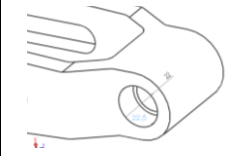
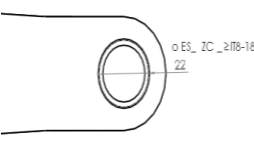
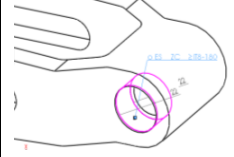
	<p>PERPENDICULARIDAD</p>		<p>CARA 1</p> <p>Punto E = EXCELENTE Punto F = EXCELENTE</p>	<p>MALO BUENO</p>	<p>ESCUADRA</p>	<p>El punto E es malo por que la pieza tiene un desnivel considerable como se aprecia en la figura, mientras que en el punto F no.</p>	
			<p>CARA 2</p> <p>Punto H = EXCELENTE Punto G = EXCELENTE</p>	<p>BUENO BUENO</p>	<p>ESCUADRA</p>	<p>Los punto H y G tienen un perpendicularidad igual donde no se encuentran irregularidades.</p>	
	<p>SIMETRIA</p>			<p>Punto L = 36 Punto M = 26 Punto N = 18 Punto O = 10 Punto P = 10 Punto Q = 18 Punto R = 26 Punto S = 36</p>	<p>36,07 25,8 17,98 10,07 10,07 18 25,91 36,05</p>	<p>CALBRADOR</p>	



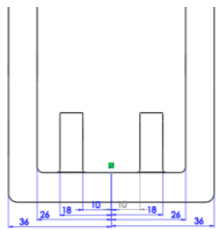
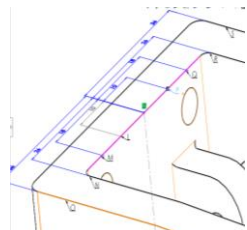
Tolerancias geométricas de la estructura base en Grillon.

TABLA DE TOLERANCIAS GEOMETRICAS Y DIMENSIONALES							
TIPO DE TOLERANCIA	CARACTERISTICA	INDICACION DEL DIBUJO	ZONA DE TOLERANCIA	MEDIDAS DE PUNTOS VIRTUAL (mm)	MEDIDAS DE PUNTOS REAL (mm)	CONTROL	OBERVACIONES
FORMA	RECTITUD			Punto A = 72 Punto B = 72 Punto C = 72	71,81 71,55 71,7	CALIBRADOR	
	PLANICIDAD			CARA 1	Area total 75,26 cm ² = 100%	ESCUADRA	Exite el 2,67% en el punto A y 1,33 % en el punto B de parte mala en el mecanizado
				Punto A = EXCELENTE	BUENO = 2,67%		
				Punto B = EXCELENTE	BUENO = 1,33 %		
				CARA 2		ESCUADRA	
	Punto C = EXCELENTE	EXCELENTE = 0%	Se comprueba que en los puntos C y D no tiene errores				
	Punto D = EXCELENTE	EXCELENTE = 0%					
	REDONDEZ			Punto T = 22 Punto V = 22 Punto X = 22 Punto Y = 22	21,97 22,03 22,05 22	CALIBRADOR	
	CILINDRICIDAD			Punto T = 22 Punto V = 22 Punto X = 22 Punto y = 22	22,5 22,5 22,2 22,2	CALIBRADOR	

<p>PERPENDICULARIDAD</p>		 <p>CARA 1</p>	 <p>CARA 2</p>	<p>CARA 1</p> <p>Punto E = EXCELENTE</p> <p>Punto F = EXCELENTE</p>	<p>BUENO</p> <p>EXCELENTE</p>	<p>ESCUADRA</p>	<p>El punto E es bueno por que la pieza tiene un desnivel pequeño como se aprecia en la figura, mientras que en el punto F no tiene angulos de desnivel.</p>
		<p>CARA 2</p> <p>Punto H = EXCELENTE</p> <p>Punto G = EXCELENTE</p>	<p>EXCELENTE</p> <p>EXCELENTE</p>	<p>ESCUADRA</p>	<p>Los punto H y G tienen un perpendicularidad igual donde no se encuentra irregularidades .</p>		
<p>SIMETRIA</p>				<p>Punto L = 36</p>	<p>35,9</p>	<p>CALIBRADOR</p>	
		<p>Punto M = 26</p>	<p>26,1</p>				
		<p>Punto N = 18</p>	<p>17,96</p>				
		<p>Punto O = 10</p>	<p>10,09</p>				
		<p>Punto P = 10</p>	<p>10,09</p>				
		<p>Punto Q = 18</p>	<p>18</p>				
		<p>Punto R = 26</p>	<p>26,13</p>				
		<p>Punto S = 36</p>	<p>35,88</p>				

Tolerancias geométricas de la estructura base en aluminio 70-75.

TABLA DE TOLERANCIAS GEOMETRICAS Y DIMENSIONALES							
TIPO DE TOLERANCIA	CARACTERISTICA	INDICACION DEL DIBUJO	ZONA DE TOLERANCIA	MEDIDAS DE PUNTOS VIRTUAL (mm)	MEDIDAS DE PUNTOS REAL (mm)	CONTROL	OBERVACIONES
FORMA	RECTITUD			Punto A = 72 Punto B = 72 Punto C = 72	71,83 71,9 71,83	CALIBRADOR	
	PLANICIDAD			CARA 1	Area total 75,26 cm ² = 100%	ESCUDRA	Se comprueba que en los puntos A y B no tiene errores
				Punto A = EXCELENTE Punto B = EXCELENTE	EXCELENTE = 0% EXCELENTE = 0%		
				CARA 2		ESCUDRA	Se comprueba que en los puntos C y D no tiene errores
				Punto C = EXCELENTE Punto D = EXCELENTE	EXCELENTE = 0% EXCELENTE = 0%		
	REDONDEZ			Punto T = 22 Punto V = 22 Punto X = 22 Punto y = 22	22,15 22,15 22,15 22,15	CALIBRADOR	
	CILINDRICIDAD			Punto T = 22 Punto V = 22 Punto X = 22 Punto Y = 22	22,03 22,13 22,15 22,15	CALIBRADOR	

ORIENTACION	PERPENDICULARIDAD			CARA 1		ESCUADRA	Los punto E y F tienen una perpendicularidad igual donde no se encuentran irregularidades .	
		CARA 1						
SITUACION	SIMETRIA			CARA 2		ESCUADRA	Los punto H y G tienen una perpendicularidad igual donde no se encuentran irregularidades .	
						CALIBRADOR		
				Punto L = 36	35,9			
				Punto M = 26	26,2			
				Punto N = 18	17,25			
				Punto O = 10	11,15			
				Punto P = 10	11,15			
				Punto Q = 18	17,25			
				Punto R = 26	26,2			
				Punto S = 36	35,9			

Anexo D

SISTEMA DE COSTO DE LA PRÓTESIS DE RODILLA MONOCÉNTRICA EN ALUMINIO 70-75

ORDEN DE PRODUCCIÓN

ORDEN DE PRODUCCIÓN N° 001	
DEPARTAMENTO: MECANIZADO CNC	CLIENTE: UTN
PRODUCTO: PROTESIS DE RODILLA	FECHA DE INICIO: 01-08-2016
CANTIDAD: 1	FECHA DE TERMINACIÓN: 12-08-2016
FECHA DE ENTREGA: 15-08-2016	
ESPECIFICACIONES: Prótesis de Rodilla por mecanizado CNC.	
ELABORADO POR: DIEGO PINEDA	FIRMA:
APROBADO POR: Ing. FERNANDO VALENCIA	
FECHA: 01-08-2016	

REQUISICIÓN DE MATERIALES

REQUISICIÓN DE MATERIALES PARA ACOPLE			
DEPARTAMENTO: MECANIZADO CNC		ORDEN DE PRODUCCIÓN N°: 001	
PRODUCTO: ACOPLE CON 70-75			
FECHA: 01-08-2016			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	C. UNIT	C. TOTAL
	MATERIALES DIRECTOS		
1	70-75	9,00	9,00
TOTAL, MATERIALES DIRECTOS			9,00
	MATERIALES INDIRECTOS		
1	FRESA DE 6 mm	9,00	9,00
1	FRESA DE 16 mm	19,00	19,00
1	FRESA HSS DE PUNTA R 5 mm	30,00	30,00
TOTAL MATERIALES INDIRECTOS			58,00
APROBADO POR: Ing. FERNANDO VALENCIA		TOTAL	67,00

REQUISICIÓN DE MATERIALES PARA PARTE MOVIL			
DEPARTAMENTO: PRODUCCIÓN		ORDEN DE PRODUCCIÓN N°: 001	
PRODUCTO: PARTE MOVIL CON 70-75			
FECHA: 01-08-2016			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	C. UNIT	C. TOTAL
	MATERIALES DIRECTOS		
1	70-75	23,00	23,00
TOTAL, MATERIALES DIRECTOS			23,00
	MATERIALES INDIRECTOS		
1	FRESA DE 6 mm	9,00	9,00
1	FRRESA DE 8 mm	12,00	12,00
1	FRESA DE 16 mm	19,00	19,00
1	FRESA HSS DE PUNTA R 5 mm	30,00	30,00
TOTAL, MATERIALES INDIRECTOS			70,00
APROBADO POR: Ing. FERNANDO VALENCIA		TOTAL	93,00

REQUISICIÓN DE MATERIALES PARA ESTRUCTURA BASE			
DEPARTAMENTO: PRODUCCIÓN		ORDEN DE PRODUCCIÓN N°: 001	
PRODUCTO: ESTRUCTURA BASE CON 70-75			
FECHA: 01-08-2016			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	C. UNIT	C. TOTAL
	MATERIALES DIRECTOS		
1	70-75	85,00	85,00
TOTAL MATERIALES DIRECTOS			85,00
	MATERIALES INDIRECTOS		
1	FRESA DE 6 mm	9,00	9,00
1	FRRESA DE 8 mm	12,00	12,00
1	FRESA DE 16 mm	19,00	19,00
1	FRESA HSS DE PUNTA R 5 mm	30,00	30,00
TOTAL MATERIALES INDIRECTOS			70,00
APROBADO POR: Ing. FERNANDO VALENCIA		TOTAL	155,00

ROL DE PAGOS

ROL DE PAGOS							
INGRESOS							
TRABAJADOR	SALARIO UNIFICADO	HORAS SUPLEMENTARIAS	HORAS EXTRAS	13º SUELDO	14º SUELDO	VACACIONES	TOTAL INGRESOS
DIEGO PINEDA	850	0	0	70,83	70,83	35,42	1027,08
EGRESOS							
FONDOS DE RESERVA		APORTE IESS	TOTAL EGRESOS	TOTAL			
0,00		80,33	80,33	946,76			

TARJETA DE RELOJ Y BOLETA DE TRABAJO

TARJETA DE RELOJ PARA ACOPLER					
NOMBRE DEL OPERARIO: DIEGO PINEDA					
FECHA DE COMIENZO: 01-08-2016			FECHA DE TERMINO: 02-08-2016		
LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
8am a 12am 2 pm a 5pm	8am a 12am 2 pm a 5pm				
TOTAL HORAS:		16			

BOLETA DE TRABAJO PARA ACOPLER	
NOMBRE DEL OPERARIO: DIEGO PINEDA	
FECHA DE COMIENZO: 01-08-2016	FECHA DE TERMINO: 02-08-2016
TARIFA SALARIAL X HORA:	5,92
TOTAL HORAS:	16
COSTO TOTAL:	94,68

TARJETA DE RELOJ PARA PARTE MOVIL					
NOMBRE DEL OPERARIO: DIEGO PINEDA					
FECHA DE COMIENZO: 03-08-2016			FECHA DE TERMINO: 05-08-2016		
LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
		8am a 12am 2 pm a 5pm	8am a 12am 2 pm a 5pm	8am a 12am 2 pm a 5pm	
TOTAL HORAS:		24			

BOLETA DE TRABAJO PARA PARTE MOVIL	
NOMBRE DEL OPERARIO: DIEGO PINEDA	
FECHA DE COMIENZO: 03-08-2016	FECHA DE TERMINO: 05-08-2016
TARIFA SALARIAL X HORA:	5,92
TOTAL HORAS:	24
COSTO TOTAL:	142,01

TARJETA DE RELOJ PARA ESTRUCTURA BASE					
NOMBRE DEL OPERARIO: DIEGO PINEDA					
FECHA DE COMIENZO: 08-08-2016			FECHA DE TERMINO: 12-08-2016		
LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
8am a 12am 2 pm a 5pm	8am a 12am 2 pm a 5pm	8am a 12am 2 pm a 5pm	8am a 12am 2 pm a 5pm	8am a 12am 2 pm a 5pm	
TOTAL HORAS:			40		

BOLETA DE TRABAJO PARA ESTRUCTURA BASE	
NOMBRE DEL OPERARIO: DIEGO PINEDA	
FECHA DE COMIENZO: 08-08-2016	FECHA DE TERMINO: 12-08-2016
TARIFA SALARIAL X HORA:	5,92
TOTAL HORAS:	40
COSTO TOTAL:	236,69

AUXILIAR DE COSTOS INDIRECTOS

AUXILIAR DE LOS COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN DEPRECIACIÓN DE LA MAQUINA CNC							
CANTIDAD	MAQUINARIA	COSTO	VIDA UTIL (AÑOS)	VALOR RESIDUAL	DEPRECIACIÓN MENSUAL	DEPRECIACIÓN DIARIA \$	DEPRECIACIÓN POR HORA \$
1	CNC	130000,00	5	26000	1733,33	57,78	2,41

DEPRECIACIÓN DE LA MÁQUINA EN LA FABRICACIÓN DE PRÓTESIS DE RODILL

DEPRECIACIÓN DE LA MAQUINA CNC PARA ACOPL			
N DE HORAS	16	DEPRECIACIÓN POR HORA \$	2,41
TOTAL DE DEPRECIACIÓN			38,52

DEPRECIACIÓN DE LA MAQUINA CNC PARA PARTE MOVIL			
N DE HORAS	24	DEPRECIACIÓN POR HORA \$	2,41
TOTAL DE DEPRECIACIÓN			57,78

DEPRECIACIÓN DE LA MAQUINA CNC PARA ESTRUCTURA BASE			
N DE HORAS	40	DEPRECIACIÓN POR HORA \$	2,41
TOTAL, DE DEPRECIACIÓN			96,30

AUXILIAR DE COSTOS INDIRECTOS EN LA ENERGÍA ELÉCTRICA

AUXILIAR DE LOS COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN ENERGIA ELÉCTRICA PARA ACOPL	
N DE HORAS	VALOR X CADA HORA
5	2,99
TOTAL, ENERGIA ELÉCTRICA	14,95

AUXILIAR DE LOS COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN ENERGIA ELÉCTRICA PARA PARTE MOVIL	
N DE HORAS	VALOR X CADA HORA
10	2,99
TOTAL, ENERGIA ELÉCTRICA	29,90

AUXILIAR DE LOS COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN ENERGIA ELÉCTRICA PARA ESTRUCTURA BASE	
N DE HORAS	VALOR X CADA HORA
20	2,99
TOTAL, ENERGIA ELÉCTRICA	59,80

COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN

HOJA DE COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN PARA ACOPLÉ		
MATERIALES INDIRECTOS	DEPRECIACIÓN DE MAQUINA CNC	ENERGIA ELÉCTRICA
57,00	38,52	14,95
TOTAL, DE COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN		110,47

HOJA DE COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN PARA PARTE MOVIL		
MATERIALES INDIRECTOS	DEPRECIACIÓN DE MAQUINA CNC	ENERGIA ELÉCTRICA
69,00	57,78	29,90
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN		156,68

HOJA DE COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN PARA ESTRUCTURA BASE		
MATERIALES INDIRECTOS	DEPRECIACIÓN DE MAQUINA CNC	ENERGIA ELÉCTRICA
69,00	96,30	59,80
TOTAL, DE COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN		225,10

HOJA DE COSTOS DE LA PRÓTESIS DE RODILLA EN ALUMINIO 70-75

HOJA DE COSTOS PROTESIS DE RODILLA POR MECANIZADO CNC (70-75)			
CLIENTE:	UTN	ORDEN DE PRODUCCIÓN:	1
CANTIDAD:		1	
FECHA DE PEDIDO:		01-08-2016	
FECHA DE ENTREGA:		15/08/2016	
	ACOPLE	PARTE MOVIL	ESTRUCTURA BASE
MATERIA PRIMA	9,00	23,00	85,00
MANO DE OBRA	94,68	142,01	236,69
CIF	110,47	156,68	225,10
COSTO TOTAL	214,14	321,69	546,79
COSTO TOTAL DE LA PROTESIS			1082,62
PRECIO DE VENTA DE LA PROTESIS EN EL MERCADO			2500,00
UTILIDAD			1417,38