 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-27

Diseño de una roladora industrial metalmecánica de tres rodillos con dispositivo para medir diámetro por procesamiento de imagen.

Estudiantes:

Juan Esteban Álvarez Monsalve
Cesar Augusto García Monsalve

INGENIERÍA MECATRÓNICA

Director:

Juan Gonzalo Ardila Marín, Msc.

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO I.U.

ITM

Semestre II

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

RESUMEN


En el siguiente informe se describe una propuesta para la fabricación de una roladora con un dispositivo para medir diámetros y un sistema eléctrico con protección cableada para que el operario técnico conserve su integridad.

Inicialmente se realiza un diseño con sus cálculos pertinentes de los sistemas mecánicos, donde entran algunos sistemas de transmisión, sistemas de potencia y sujeción, selección de motores y reductores de velocidad; seguidamente se ilustra por medio de planos técnicos la fabricación, ensamble y soldadura de sus componentes, además, se habla desde la selección del software de diseño mecánico a utilizar; Para la instalación del diseño eléctrico se propone una conexión para sus instrumentos por medio de planos eléctricos; Por último se realiza un algoritmo para el procesamiento de imágenes y de esta forma poder medir los diámetros en los silos a fabricar.

La propuesta del proyecto se presenta hasta la etapa del diseño, pero contempla una verificación rigurosa y detallada en la fabricación y composición de sus accesorios.

Al finalizar este proyecto cada empresa tiene acceso a la implementación de su propia maquinaria sofisticada sin depender de un ente terciario, teniendo presente que empresa puede ser tanto una industria metalmecánica o una institución académica para su uso en los laboratorios.

Palabras clave: Roladora, Calandra, Diseñar, Calcular, Seguridad, Integridad, planimetría, Algoritmo, Tiempo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22


RECONOCIMIENTOS

En primera estancia se agradece a Dios por brindar la oportunidad de gozar con una buena formación y educación para la vida.

Se agradece en segunda estancia a las familias de ambos estudiantes, porque gracias al apoyo incondicional de su parte se puede culminar este ciclo de la vida.

Es importantísimo recordar que el conocimiento y certificación también se puede lograr gracias a la seriedad y compromiso de parte de la institución ITM.

Por último, muchas gracias al asesor que demostró una gran disposición a la hora sacrificar su tiempo y conocimiento para mejorar este proceso de aprendizaje.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

ACRÓNIMOS

ITM = Instituto tecnológico metropolitano.

EPM = Empresas públicas de Medellín.

ASTM = Organización estándar de materiales.

AISI = Instituto americano del hierro y el acero.

SI = Sistema internacional.

ISO = Organización estándar internacional.

HR = Laminado en caliente.

TIG = Tungsteno y gas inerte.

MIG = Gas y arco metálico.

RPM = Revoluciones por minuto.

HP = Caballos de fuerza.




 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	18
1.2 Generalidades:	19
1.2.1. Objetivos	19
1.2.2. Objetivo general:	19
1.2.3. Objetivos específicos:	19
2. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Proceso de laminado.....	20
2.2. Procesamiento de imágenes	22
2.2.1. Evolución Histórica de la Fotogrametría Digital:.....	22
2.2.2. El periodo de diseño previo y primeras realizaciones (1982-1988):	26
2.2.3. El período de desarrollo de la interface de usuario, la automatización y la especialización:	30
2.2.4. Ventajas e inconvenientes de las imágenes digitales:.....	37
2.2.5. Almacenamiento de imágenes digitales:.....	38
2.2.6. Formatos gráficos de almacenamientos de imágenes digitales.....	41
2.2.7. Compresión de imágenes digitales:	42
2.2.8. Calidad de la imagen:	48
2.2.9. Geometría:	49
2.3. Transformada de hough.....	62
2.3.1. Sensores fotoeléctricos	63

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22


3.	METODOLOGÍA	66
3.1.	Tipo de proyecto	66
3.2.	Método	66
3.2.1.	Utilización de fórmulas matemáticas	66
	Calculo de torque del motor eléctrico	66
	Calculo de diseño del sistema de transmisión	69
	Factor de servicio	71
	Calculo para diámetros de poleas.....	71
	Calculo para distancia entre centros.....	71
	Calculo de reductor sin-fin corona.....	74
	Calculo de engranajes.....	78
	Análisis de torque y fuerza en un tornillo de potencia.....	82
	Análisis y cálculo de la barra	85
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	88
4.1.	Diseño conceptual	88
4.1.1.	Función 1 Tipos de energía:.....	88
4.1.2.	Función 2: Fuente de energía	89
4.1.3.	Función 3: Encendido y apagado	90
4.1.4.	Función 4: Controlador.....	90
4.1.5.	Función 5: Sensores de seguridad	91
4.1.6.	Función 6: Conversión de energía.....	92
4.1.7.	Función 7: Ubicación de los rodillos.....	92
4.1.8.	Función 8: Velocidad en rodillos	93

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

4.1.9. Función 9: Medición de diámetros	94
4.2. Matriz morfológica.....	95
4.2.1. La solución:	98
4.2.2. La solución:	98
4.2.3. La solución:	99
4.2.4. La solución:	99
4.2.5. La solución:	100
4.3. Implementación de fórmulas utilizadas en el desarrollo del proyecto	100
4.3.1. Calculo del torque transmitido por el motor	100
4.3.2. Diseño del sistema del sistema de transmisión:.....	103
4.3.3. Diseño y cálculo de la potencia del sistema o diseño	104
4.3.4. Calculo reductor sin-fin corona:	117
4.3.5. Calculo de engranajes:	120
4.3.6. Análisis de torque y fuerza en un tornillo de potencia:	125
4.3.7. Análisis y cálculo de barra manual:	129
} Vista ortogonal frontal:.....	129
} Vista isométrica:	130
} Diseño:.....	131
} Barra manual vista lateral	131
} Barra manual vista perfil:	132
} Esfuerzos principales:.....	134
} Teoría de cortante máxima	134
4.4. Diseño eléctrico.....	135


	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

4.4.1. Planos del sistema eléctrico de control:	137
4.5. Diseño del dispositivo de medición.	139
4.6. Modelo de ensamble completo.....	149
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	151
REFERENCIAS.....	154
APÉNDICE.....	156
Apéndice A:	156
Apéndice B:.....	157


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Lista de figuras


	Pág.
<i>Figura 1</i> Maquina roladora de 3 rodillos	20
<i>Figura 2</i> Maquina roladora de 3 rodillos funcionamiento	21
<i>Figura 3</i> Maquina roladora de 4 rodillos	21
<i>Figura 4</i> Maquina roladora de 4 rodillos funcionamiento	22
<i>Figura 5</i> Evolución de los métodos fotoeléctricos.....	24
<i>Figura 6</i> Fase de preparación	33
<i>Figura 7</i> Definición de una imagen digital	34
<i>Figura 8</i> Representación visual y presentación numérica.....	34
<i>Figura 9</i> Representación de una imagen digital de tres canales.....	35
<i>Figura 10</i> Diferencia entre DVD y CD en los pits	40
<i>Figura 11</i> Esquema de compresión HPC	46
<i>Figura 12</i> Nivel original.....	47
<i>Figura 13</i> Comparación MrSID y JPEG	48
<i>Figura 14</i> Efecto del ruido e l señal	50
<i>Figura 15</i> Digital con bajo contraste e histograma correspondiente.....	51
<i>Figura 16</i> Imagen original con histograma	52
<i>Figura 17</i> Imagen resultante de aplicar a la imagen original	53
<i>Figura 18</i> Imagen resultan luego de hacer aplicaciones	53
<i>Figura 19</i> Imagen resultante de aplicar a la imagen original un realce piecewise.....	54
<i>Figura 20</i> Técnico de ecualización	55
<i>Figura 21</i> Matriz deslizante en el filtrado de imágenes.	56
<i>Figura 22</i> Efecto de un filtro de paso bajo sobre histograma.	57
<i>Figura 23</i> Imagen original e imagen resultante	57
<i>Figura 24</i> Resultante Sobel y resultante Robert.....	58
<i>Figura 25</i> Esquema simbólico del proceso de segmentación	59
<i>Figura 26</i> Imagen digital de un objeto oscuro sobre un fondo claro y su correspondiente histograma	61

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22


<i>Figura 27</i> Ejemplo de esquema de segmentación.....	62
<i>Figura 28</i> Procesamiento de imagen.....	63
<i>Figura 29</i> Grafica de transmisor/receptor.....	64
<i>Figura 30</i> Modelo de barra.....	64
<i>Figura 31</i> Modelo retroreflectivo.....	65
<i>Figura 32</i> Flujo grama de trabajo.....	67
<i>Figura 33</i> Motor eléctrico trifásico marca siemens.....	101
<i>Figura 34</i> Tipo de banda recomendada.....	105
<i>Figura 35</i> Tipo y dimensiones de bandas de alta capacidad.....	106
<i>Figura 36</i> Tipo de banda recomendada.....	106
<i>Figura 37</i> Tipos y dimensiones de bandas clasificadas.....	107
<i>Figura 38</i> Potencia agregada.....	114
<i>Figura 39</i> Factor de corrección por longitud.....	115
<i>Figura 40</i> Barra manual Fuente. Creación propia.....	130
<i>Figura 410</i> Vista isométrica Barra manual.....	130
<i>Figura 421</i> Vista lateral de la barra manual.....	131
<i>Figura 43</i> Cuadro de nomenclatura.....	137
<i>Figura 44</i> Conexion electrica en la fuente.....	138
<i>Figura 45</i> Plano de conexión del variador.....	138
<i>Figura 46</i> Conexion de sensores.....	139
<i>Figura 47</i> Flujo grama procesamiento.....	140
<i>Figura 48</i> Identificación de diámetro por medio del código.....	142
<i>Figura 49</i> Reconocimiento de líneas verticales y horizontales por pixeles.....	144
<i>Figura 50</i> Reconocimiento de pixeles líneas verticales y horizontales con un pixel muy bajo.....	144
<i>Figura 51</i> Código de procesamiento de imagen.....	145
<i>Figura 52</i> Código detallado del algoritmo.....	146
<i>Figura 53</i> Pruebas de medición de diámetros con arco.....	147
<i>Figura 54</i> Medición de diámetro con ruido.....	148

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

<i>Figura 55</i> Medición de diámetro completo.....	148
<i>Figura 56</i> Ensamble general de una maquina roladora modelado en 3D	150
<i>Figura 57</i> Camara Kinect.....	150
<i>Figura 58</i> Plano de barra cabezal	158
<i>Figura 59</i> Plano de la base longitud.....	159
<i>Figura 60</i> Plano de base transversal.....	160
<i>Figura 61</i> Plano de cabezal	161
<i>Figura 62</i> Plano de cabezal	162
<i>Figura 63</i> Plano de cubo	163
<i>Figura 64</i> Plano de cuñero	164
<i>Figura 65</i> Plano de eje inferior.....	165
<i>Figura 66</i> Plano de eje superior	166
<i>Figura 67</i> Plano de Guía	167
<i>Figura 68</i> Plano de " L	168
<i>Figura 69</i> Plano de muela	169
<i>Figura 70</i> Plano de piñón.....	170
<i>Figura 71</i> Plano de placa base trasversal	171
<i>Figura 72</i> Plano de placa base.....	172
<i>Figura 73</i> Plano de placa de soporte	173
<i>Figura 74</i> 102 Plano de placa.....	174
<i>Figura 75</i> Plano de tornillo – 1	175
<i>Figura 76</i> Plano de tornillo- 2.....	176
<i>Figura 77</i> Plano de tuerca eje superior.....	177
<i>Figura 78</i> Plano de tuerca – 01	178
<i>Figura 79</i> Plano de tuerca – 02	179
<i>Figura 80</i> Plano del buje	180
<i>Figura 81</i> Plano soporte guarda – 01	181
<i>Figura 82</i> Plano soporte guarda – 02	182
<i>Figura 83</i> Plano soporte Motor 12 HP	183


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

<i>Figura 84</i> Plano soporte motor desplazable	184
<i>Figura 85</i> plano guarda piñones	185
<i>Figura 86</i> Plano soporte reductor	186
<i>Figura 87</i> Plano eléctrico horizontal	187
<i>Figura 88</i> Plano eléctrico vertical	188
<i>Figura 89</i> Plano eléctrico Tabla.....	189
<i>Figura 90</i> Plano eléctrico Soporte.....	190
<i>Figura 91</i> Plano de soporte – 01	191
<i>Figura 92</i> Plano de soporte 2	192
<i>Figura 93</i> Plano de guarda	193
<i>Figura 94</i> Plano de ensamble	194
<i>Figura 95</i> Plano de ensamble 3D	195
<i>Figura 96</i> Plano ensamble 3D SE	196
<i>Figura 97</i> Plano ensamble 3D SO	197
<i>Figura 98</i> Plano ensamble 3D BUJES	198
<i>Figura 99</i> Plano de conexiones eléctricas	199
<i>Figura 100</i> Plano conexión eléctrica fuente.....	200
<i>Figura 101</i> Plano de conexión interna	201
<i>Figura 102</i> Plano conexión eléctrica sensor.....	202
<i>Figura 103</i> Plano de maquina completa.....	203

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22


Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1	96
<i>Tabla 2</i>	104
Tabla 3	107
Tabla 4	108
Tabla 5	108
Tabla 6	109
Tabla 7	109
Tabla 8	112
Tabla 9	115
Tabla 10	116
Tabla 11	116
Tabla 12	117
Tabla 13	121


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Lista de ecuaciones

	Pág.
Ecuación 1	68
Ecuación 2	68
Ecuación 3	68
Ecuación 4	69
Ecuación 5	69
Ecuación 6	69
Ecuación 7	70
Ecuación 8	70
Ecuación 9	70
Ecuación 10	71
Ecuación 11	71
Ecuación 12	72
Ecuación 13	72
Ecuación 14	72
Ecuación 15	73
Ecuación 16	73
Ecuación 17	73
Ecuación 18	74
Ecuación 19	74
Ecuación 20	75
Ecuación 21	75
Ecuación 22	76
Ecuación 23	76
Ecuación 24	76
Ecuación 25	77
Ecuación 26	77
Ecuación 27	77
	14


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Ecuación 28	78
Ecuación 29	78
Ecuación 30	78
Ecuación 31	79
Ecuación 32	79
Ecuación 33	80
Ecuación 34	80
Ecuación 35	80
Ecuación 36	80
Ecuación 37	81
Ecuación 38	81
Ecuación 39	82
Ecuación 40	82
Ecuación 41	82
Ecuación 42	83
Ecuación 43	83
Ecuación 44	83
Ecuación 45	84
Ecuación 46	84
Ecuación 47	84
Ecuación 48	85
Ecuación 49	85
Ecuación 50	85
Ecuación 51	86
Ecuación 52	86
Ecuación 53	86
Ecuación 54	87
Ecuación 55	87


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Lista de soluciones

	Pág.
Solución 1 (ecuación 2).....	102
Solución 2 (ecuación 3).....	102
Solucion 3 (ecuación 1)(solucion 1,2)	102
Solucion 4 (ecuación 6).....	103
Solucion 5 (Ecuacion 5)	103
Solucion 6 (Ecuación 7)	103
Solucion 7 (Ecuación 8)(solucion6)	103
Solucion 8 (ecuación 9).....	105
Solucion 9 (Ecuación 11).....	110
Solucion 11 (Ecuación 12).....	110
Solucion 13 (Ecuación 14).....	111
Solucion 14 (Ecuacion 11).....	112
Solucion 15 (Ecuación 13)(solución 14).....	112
Solucion 16 (Ecuación 12).....	113
Solucion 17 (Ecuación 15).....	113
Solucion 20 (Ecuacion 17).....	114
Solucion 21 (Ecuacion 18)(Solucion 3).....	118
Solucion 22 (Ecuación 51).....	118
Solucion 23 (Ecuación 19).....	118
Solucion 24 (Ecuacion 21).....	119
Solucion 25 (Ecuación 21).....	119
Solucion 26 (Ecuación 22).....	119
Solucion 27 (Ecuación 23).....	119
Solucion 28 (Ecuación 24).....	120
Solucion 30 (Ecuacion 27).....	120
Solucion 31 (Ecuación 29).....	120
Solucion 32 (Ecuacion 30).....	121

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Solucion 33 (Ecuacion 19).....	121
Solucion 34 (Ecuacion 19).....	122
Solucion 35 (Ecuación 31)	122
Solucion 36 (Ecuacion 26).....	122
Solucion 37 (Ecuacion 26).....	122
Solucion 40 (Ecuacion 33).....	123
Solucion 42 (Ecuación 35) (Solucion 36,37)	123
Solucion 43 (Ecuación 65) (Solucion 36)	123
Solucion 44 (Ecuación 37).....	124
Solucion 45 (Ecuación 38).....	124
Solucion 46 (Ecuación 39).....	124
Solucion 47 (Ecuacion 1)	124
Solucion 48 (Ecuación 18).....	125
Solucion 53 (Ecuacion 42).....	127
Solucion 56 (Ecuacion 42).....	127
Solucion 71 (Solucion 71)	134
Solucion 74 (Ecuación 53)	135
Solucion 75 (Ecuación 54)	135
Solucion 76 (Ecuación 54)	135

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la industria metalmecánica requiere de máquinas para doblar láminas, lo que genera en algunas ocasiones muchos retrasos en la entrega de proyectos y sobrecostos; Otro aspecto a tener presente es el alto riesgo que tienen los operarios técnicos que hacen parte de este arte del doblaje de láminas.

Debido a estas necesidades primarias de la industria particularmente del área metalmecánica, surge la idea de este proyecto “DISEÑO DE UNA ROLADORA CON DISPOSITIVO PARA MEDIR DIAMETROS”, la propuesta se argumenta concretamente con:

Tiempo de fabricación: Cuando se requiere del rolado de una lámina normalmente el trabajo se hace con un tercero o un proveedor que trabaje con perfilaría de aceros, esto implica entrar en una cola de espera con otros clientes y sistemas de transporte; Además, con esta propuesta de diseño se espera que el operario de la maquina no se tenga que estar desplazando hasta el silo para medir el diámetro.

Seguridad en la fabricación: El reconocimiento de imágenes para medir los diámetros genera indirectamente un historial del proceso de fabricación que puede garantizar procesos de alta calidad y mejora en tiempos de trabajo del operario, por seguridad se diseña con un sistema de dos sensores, para que reduzca la velocidad de trabajo o frene la máquina.

La metodología empleada se realiza en los siguientes pasos:

- | | |
|---|---|
| } | Diseñar y calcular el sistema mecánico de la maquina roladora. |
| } | Diseñar el sistema eléctrico y de control para la maquina roladora. |
| } | Realizar planos de fabricación, conexión y ensamble en la maquina roladora. |

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

- } Realizar el algoritmo del dispositivo para medir diámetros a partir del reconocimiento de imágenes.

1.2 Generalidades:


1.2.1. Objetivos

1.2.2. Objetivo general:

Diseñar una roladora automatizada para espesores de 1/8” a 3/8”, con dispositivo para medir los diámetros del producto a fabricar, sin necesidad de desmontarlo de la máquina.

1.2.3. Objetivos específicos:

- } Proponer un diseño conceptual a partir de una matriz morfológica.
- } Diseñar y calcular el sistema mecánico de la máquina roladora.
- } Diseñar el sistema eléctrico y de control para la máquina roladora.
- } Realizar planos de fabricación, conexión y ensamble en la máquina roladora.
- } Realizar el algoritmo del dispositivo para medir diámetros a partir del reconocimiento de imágenes.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22


2. MARCO TEÓRICO

2.1. Proceso de laminado

El proceso de laminado en anillos consiste en someter a la pieza o elemento a esfuerzos por encima del límite de fluencia que puede soportar el material para que la deformación sea permanente como se muestra en la figura 1, (Ingeniería, 2008), estos trabajos son efectuados manualmente. De estas máquinas roladoras de lámina existen varios tipos como las apriete inicial que costa de una máquina de tres rodillos como se muestra en figura 2, apriete doble de tres rodillos, apriete doble de cuatro rodillos, traslación variable de tres rodillos, pirámide de tres rodillos como se muestra el funcionamiento en la figura 3, y dos rodillos; las más comunes son las máquinas de 3 y 4 rodillos las cuales se representan en las figuras 4, que se muestran a continuación (Fabricator, 2011).



Figura 1 Máquina roladora de 3 rodillos
 Fuente: (Fabricator, 2011).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

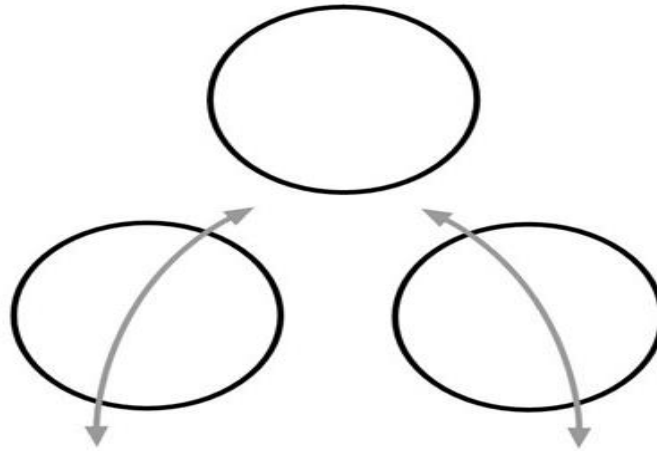



Figura 2 Maquina roladora de 3 rodillos funcionamiento
 Fuente: (Fabricator, 2011)



Figura 3 Maquina roladora de 4 rodillos
 Fuente: (Fabricator, 2011).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

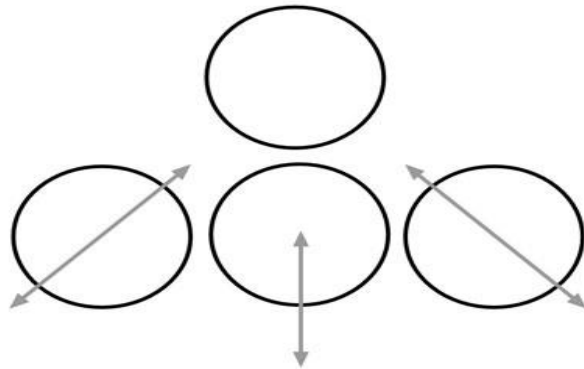



Figura 4 Máquina roladora de 4 rodillos funcionamiento
Fuente: (Fabricator, 2011).

2.2. Procesamiento de imágenes

2.2.1. Evolución Histórica de la Fotogrametría Digital: Los métodos fotogramétricos pueden ser clasificados en función de la forma de su resolución. Así se puede distinguir entre Fotogrametría Analógica, resolución mediante analogías mecánicas y Fotogrametría Electrónica en la que los sistemas óptico-mecánicos se sustituyen por un sistema informático encargado de la realización de los cálculos. La Fotogrametría Electrónica mediante la sustitución realizada se consigue una importante mejora en cuanto a la precisión de los resultados y flexibilidad del equipo, pudiendo utilizar fotografías de muy distinto origen (desde fotogramas de rango cercano a fotogramas aéreos) y diferentes características de toma (Cheli. AntonioE, 2011).

Dentro de los métodos fotogramétricos electrónicos se pueden distinguir la Fotogrametría Analítica y la Fotogrametría Digital.

La Fotogrametría Analítica aborda la resolución informatizada de los cálculos fotogramétricos, utilizando como información de entrada las medidas realizadas sobre la fotografía (en formato analógico). La utilización del apoyo informático permite la rápida


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

obtención de las relaciones existentes entre los puntos del objeto y sus correspondientes imágenes, así como los errores del sistema.

La Fotogrametría Digital se caracteriza por utilizar información (imágenes) en formato digital. Este aspecto va a determinar muchas de las ventajas e inconvenientes que tienen estas técnicas, definidos por los importantes cambios conceptuales y metodológicos que serán analizados en los sucesivos capítulos. Así Eckermann, indica que " con las cámaras digitales y el procesamiento de imágenes digitales, la Fotogrametría trabajará en un entorno completamente diferente, caracterizado por diferentes equipos, técnicas, oportunidades y por una forma distinta de pensar" (García, 2002).

Así una de las polémicas más vigentes en los últimos años dentro del mundo de la Fotogrametría es si la Fotogrametría Digital se puede plantear en la actualidad como una digna sucesora en cuanto a rendimiento y precisión de la Fotogrametría Analítica, o bien si aún le faltan muchos años para alcanzar los niveles de los métodos analíticos.

Al respecto es importante tener en cuenta que el cambio de la fotogrametría clásica analógica a la fotogrametría analítica no supuso ningún tipo de modificación en cuanto a principios ni resultados, consistiendo en una lógica evolución de los aspectos relacionados con la precisión y la productividad de los métodos fotogramétricos, se trata por tanto de una evolución metodológica. La transición entre la Fotogrametría Analítica y la Fotogrametría Digital se presenta como la aplicación de unos procedimientos clásicos a una plataforma nueva, así todas las evoluciones de los métodos fotogramétricos como se muestra en la figura 5, convencionales continúan aplicándose y se producen los mismos productos: básicamente, coordenadas de los objetos, mapas e imágenes orto rectificadas. Esta situación aparente no obstante oculta una perspectiva de modificación de toda la estructura como apuntó Eckermann, por lo que podríamos hablar de revolución tecnológica (Gonzalez Barajas, 2010).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

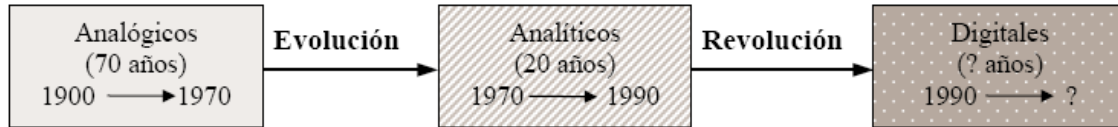



Figura 5 Evolución de los métodos fotoeléctricos

Fuente: (Scientia Et Technica, 2004,)

El inicio de la Historia de la Fotogrametría Digital se puede situar en 1955 con la publicación por parte de Rosenberg de un artículo (Rosenberg, 1955), acerca de la Teoría de la Información y la Fotogrametría Electrónica. En dicho artículo se plantea que " la Teoría de la Información es una guía y ayuda en el estudio, evaluación y desarrollo de métodos e instrumentos fotogramétricos, topográficos y cartográficos para la automatización electrónica de la elaboración de mapas". El proceso cartográfico se contempla como un flujo de información que se inicia con el registro de la imagen y finaliza con la obtención final del mapa. Un sistema de fotogrametría comprendería el registro electrónico o digitalización de las imágenes y su almacenamiento en una cinta magnética o bien en forma de onda modulada de radio. El análisis consiste en realizar comparaciones electrónicas, ajustes y fusiones para desarrollar procesos fotogramétricos tales como la orientación, rectificación, medida del relieve. Rosenberg analiza diferentes posibilidades para el registro digital desde los aviones, algunas de las cuales han sido retomadas en los últimos años (Thom, 1.993, Scleineider y Halin, 1994). Sin embargo, Rosenberg fue consciente de las limitaciones técnicas de su época cuando indica que "pasará mucho tiempo hasta que se alcance el nivel de una Fotogrametría Electrónica, completamente automatizada", así predecía las dificultades que incluso persisten actualmente en el desarrollo de los sistemas, y que poco a poco se van solventando alcanzándose muchos de los objetivos inicialmente propuestos.


En 1958 Helava, inventor del restituidor analítico, describe las ventajas que tienen este tipo de restituidores frente a los clásicos de tipo analógico (Helava, 1958). Helava

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

considera que las dos partes principales de un restituidor analítico son el sistema de visión-medición y el ordenador. La aparición de los sistemas analíticos planteó unas importantes expectativas, muchas de las cuales se han convertido en realidad, acerca de sus posibilidades de mejorar el rendimiento del procedimiento fotogramétrico y su mayor nivel de precisión. Los restituidores analíticos permiten un alto nivel de precisión, ofrecen gran versatilidad y un cierto grado de automatización, en especial en lo relativo a los procedimientos de orientación. Es importante establecer que el grado de automatización se alcanza mediante el cálculo numérico de los procedimientos de orientación y no mediante la automatización del proceso de medida que se sigue realizando mediante un índice flotante, al igual que en los restituidores clásicos de tipo analógico. No obstante, Helava menciona la posibilidad de reemplazar al operador humano por un instrumento mecánico, un correlador electrónico (Hobrough, 1959) para automatizar el trazado de curvas de nivel. También Helava indica la posibilidad de extraer información mediante el tratamiento de imágenes empleando técnicas de digitalización electrónica y posterior impresión (Lourdes & Cerezuela, 2013).

En Sharp et al. (1965) se describe el sistema de compilación digital automatizada de mapas “Digital Automatic Map Compilation (DAMQ)” para el trazado de mapas topográficos y la producción de ortofotos utilizando imágenes digitalizadas. El sistema requiere un operador para la identificación estereoscópica, la medida precisa de puntos de control y la edición final del mapa utilizando la correlación de imágenes digitales para automatizar las medidas de paralaje. Sharp et al. (1965) indican que el aspecto básico de este sistema es la calidad de la digitalización debido a que todos los procesos dependen de la misma. En resumen, se pueden establecer tres aspectos diferenciales que están presentes en el restituidor digital en comparación con el analítico (Gonzalez Barajas, 2010).

- a) La restituidora digital utiliza imágenes en formato digital.
- b) Algunos de las medidas están automatizadas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

c) El usuario sólo se requiere para las tareas de interpretación y la edición final de resultados.

Rosenfeld (1965) se manifiesta. En contra de la interpretación completamente automatizada debido a que " las imágenes del mundo real son tan complejas y tan variadas que no puede existir una aproximación estándar para la selección de medidas con el fin de la interpretación", idea aun extensamente aceptada

Panton (1978) plantea la base para el desarrollo de lo que denominó algoritmos inteligentes de extracción de modelos digitales de terreno, de análisis de texturas, de extracción de elementos, de seguimiento de curvas de nivel y para la creación de estructuras de bases de dalos simbólicas. En la actualidad, es habitual hablar de " sistemas de cartografía integrados", "bases de datos digitales", "bases de dalas digitales" y "estaciones de trabajo interactivas", conceptos sin duda basados en el planteado por Panton (aérea, 2014).

En 1981 se describe por primera vez un restituidor completamente digital con una unidad de procesamiento central, un interfaz para el operador y una serie de periféricos (Saijakoski, 1981). Estos componentes tenían esencialmente la misma función que en los de los restituidores analíticos, pero con una diferencia esencial, las dos imágenes del esterémoselo eran almacenadas en formato digital, dichas imágenes se visualizan en la pantalla del operador controlada por la unidad de procesamiento central (Gonzalez Barajas, 2010).

2.2.2. El periodo de diseño previo y primeras realizaciones (1982-1988): este período comprende los años que llevan desde el desarrollo de las ideas conceptuales analizadas en el apartado anterior hasta la aparición en el mercado de un restituidor digital

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22


Case (1982) presenta el diseño de un prototipo de sistema fotogramétrico digital “Digital Stereo Comparator Compiler (DSCQ)”. Este fue concebido como un restituidor analítico que aceptaba, como información de entrada, imágenes en formato digital registradas en una cinta magnética. La utilización de este sistema era similar al de un restituidor analógico o analítico en lo relativo a Aero triangulación, mono o estereocompilación manual de planimetría o de datos de cota topográfica, pero permite la superposición gráfica de forma mono o estereoscópica para la edición y revisión de resultados e implementa estereocorrelación automatizada para la obtención de información de cota y para la transferencia de puntos (Cheli.AntonioE, 2011).

Durante el período 1982-1984, se generaliza la expresión de Fotogrametría Digital y se comienza el desarrollo de diferentes sistemas y modelos, con diversos aspectos técnicos y soluciones técnicas.

En 1984 tiene lugar en Río de Janeiro el Congreso de la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Teledetección (*ISPRS*). En dicho congreso, Albertz et al. (1984) presentan un sistema de procesamiento digital de imágenes adaptado, presentando cambios en el hardware, la estereovisión y las posibilidades de control “3D”. Albertz indica la necesidad de un operador, asistido por la correlación de imágenes para las labores de medida de paralaje.

Gugan y Dowinan (1986) exponen las cuatro características esenciales para un sistema de restitución fotogramétrica digital:

- a) Digitalización en tiempo real del modelo en “3D”.
- b) La visión estereoscópica
- c) La posibilidad de manejar volúmenes de imágenes grandes.
- d) La precisión de medida a nivel del subpixel.


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Grün (1986) introduce nuevas ideas relativas al potencial y al diseño de las estaciones fotogramétricas digitales. Los nuevos diseños contemplan la utilización de imágenes digitales obtenidas con diferentes plataformas (cámaras aéreas, satélite, fotogrametría terrestre, etc.), lo que permite el realizar todos los trabajos de fotogrametría con un único sistema. Ésta es una de las grandes ventajas con respecto a los sistemas analógicos y analíticos, la integración de todo el proceso en un único sistema, flexible y universal, que permite obtener productos tanto en formato analógico (hardcopy) como en formato digital (softcopy). A Grün se debe la denominación de “Softcopy Photogrammetry” que ciertos autores norteamericanos, utilizan como sinónimo de la Fotogrametría Digital (Lourdes & Cerezuela, 2013).

Como fruto de la popularidad de estas nuevas técnicas, en el período 1984-88 se crea un grupo de trabajo dentro de la ISPRS sobre Sistemas Fotograma trocos Integrados. En Makarovic (1986) se presentan los principales aspectos de los sistemas de tipo digital, este artículo marca la tendencia que se ha mantenido estos últimos años, del hardware al software, es decir, de los sistemas analógicos a los digitales, de los métodos manuales a los automatizados.

En el siguiente Congreso de la ISPRS celebrado en Kioto en 1988, se presenta la primera estación de trabajo estereofotogrametría digital comercial, la KERN DSP1 (Cogan et al., 1988). Todos estos sistemas estaban basados en los sistemas de procesamiento de imágenes y su desarrollo estaba determinado por el auge de la utilización de imágenes satélite en formato digital (LANDSAT, SPOT), y la necesidad de contar con un sistema fotogramétrico que pudiera trabajar con este tipo de imágenes evitando la necesidad de su transformación a información analógica con la pérdida de información que ello conlleva. De información geográfica (aérea, 2014).

En Euget (1988) se expone la relación explícita entre la estación fotogramétrica y la base de datos geográfica. Las funciones del operador consisten la detección y corrección de

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22


errores de los MDT generados automáticamente. El objetivo de las estaciones fotogramétricas digitales es aumentar el rendimiento con respecto a los restituidores de tipo analítico elevando el grado de automatización mientras que la ergonomía y la precisión se mantienen.

Konecny (1988) indica las ventajas del re muestreo epipolar de las imágenes para la visualización y la medición, un principio fundamental muy común en la actualidad, haciendo especial hincapié en los aspectos referentes a la integración de los resultados y a la conexión con SIG, procesamiento de diferentes tipos de datos (información de fotografías aéreas, datos geológicos, datos estadísticos, etc.) y la posibilidad de utilización de los sistemas por usuarios no expertos (Lourdes & Cerezuela, 2013).

En Stokes (1988) se presenta un sistema de revisión de mapas rápido y preciso basado en la visión monoscópica de imágenes digitales, demostrando que la visión estereoscópica no es necesaria para todas las aplicaciones.

Schenk analiza los aspectos relativos a la automatización de las estaciones digitales (Schenk, 1986, 1988), estableciendo una fuerte crítica contra el procedimiento de ensayo y error apostando por la teoría de la cartografía real.

Según Helava (1988) la interacción humana es una antítesis a la eficiencia, representando además un aumento en el coste del hardware (visualización, control, etc.). El diseño de un sistema fotogramétrico digital debe encaminarse a la automatización total, así señala que "el principal mérito de la Fotogrametría Digital es su potencial para una eficiente automatización" Helava investiga en detalle las posibilidades de automatización de los procesos fotogramétricos, con la conclusión de que desde la orientación y la triangulación aérea, a la generación de ortofotos y DTM pueden o podrían ser automatizados, con una única excepción, el reconocimiento de formas. Sugiere centrarse en el problema de la interpretación de las imágenes, así como de la creación de sistemas de

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

manejo de datos que permitieran el procesar los grandes volúmenes necesarios para la realización de proyectos reales (Gonzalez Barajas, 2010).


2.2.3. El período de desarrollo de la interface de usuario, la automatización y la especialización: el grupo de trabajo de la ISPRS II/III establece la siguiente definición para los Sistemas de Fotogrametría Digital: "un sistema de Fotogrametría Digital se define como un conjunto de software y hardware cuyo objetivo es la generación de productos fotogramétricos a partir de imágenes digitales mediante técnicas manuales y automatizadas". Estos dos tipos de técnicas, manuales y automatizadas, constituyen las líneas de investigación prioritarias desde 1988 y han dado lugar a un importante número de sistemas fotogramétricos que se han diseñado desde entonces.

Dowman (1989) describe un sistema para la cartografía a partir de datos derivados de imágenes de SPOT, estableciéndose una relación directa entre Fotogrametría y Teledetección. El sistema es flexible permitiendo que se puedan utilizar imágenes que provienen de diferentes sensores para su corrección, generación del MDT y para la interpretación planimetría (Cheli.AntonioE, 2011).

Helava se analiza la evolución que han sufrido las estaciones fotogramétricas digitales en los últimos 25 años, indicando el tremendo efecto revolucionario en la Fotogrametría, así como en la Teledetección y los SIG.

Förstner realiza una detallada descripción del papel de los conceptos y tareas "La labor de la fotogrametría es la extracción de información a partir de imágenes siendo esta información de tipo geométrico y semántico".

Ackermann describe el poder de las herramientas, que han posibilitado la rápida ascensión de la Fotogrametría Digital. El avance en la tecnología informática ha sido un

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22


factor determinante. Ackermann indica la necesidad de crear un sistema basándose en la precisión, la eficiencia, la fiabilidad y la universalidad, también hace hincapié en la fuerte convergencia entre la Fotogrametría y la Teledetección.

Lebrel (1992) indica las diferencias entre "softcopy" y "hardcopy", los datos en informática se denominan "softcopy format" mientras que las reproducciones impresas de dichos datos se denominan "hardcopy format", así trasladando ese concepto a la Fotogrametría, las imágenes digitales serían "softcopy" mientras que las imágenes analógicas son "hardcopy" (Lourdes & Cerezuela, 2013).

La evaluación del estado actual y del desarrollo de la Fotogrametría Digital debe tener en cuenta diversos aspectos y consideraciones de diferentes naturalezas (Ackermann, 1996):

1. Como mínimo, la Fotogrametría Digital debe proporcionar al menos el nivel de rendimiento de la Fotogrametría Analógica y Analítica. Las estaciones de trabajo digitales deben tener al menos las prestaciones de los restituidores analíticos de imágenes digitales. Alcanzar estos mínimos no supone ninguna ventaja por parte de la Fotogrametría Digital con respecto a los anteriores métodos, debido a la inercia de los sistemas productivos, salvo que sean considerablemente más rápidos y más baratos (Cheli. AntonioE, 2011).

2. La baza esencial de las nuevas tecnologías radica en la posibilidad de alcanzar mayor rendimiento y productos que las técnicas existentes. En la Fotogrametría Digital se centraría en la automatización de los procesos fotogramétricos. Los primeros ejemplos de tareas susceptibles de ser automatizados son la Aero triangulación digital, la generación de modelos digitales de terreno mediante la aplicación de técnicas de correlación de imágenes, la generación de orto fotos, sin olvidar diversas medidas y funciones de orientación. Esta automatización será la que supondrá el auge o no de la Fotogrametría Digital con respecto a la Fotogrametría Analítica. La calidad y economía de los productos obtenidos será decisiva

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22


para marcar la aceptación de las nuevas técnicas por los usuarios.

3. La cartografía digital y la extracción de objetos a partir de las imágenes: digitales necesitará la intervención humana durante algún tiempo. Por lo que en una primera aproximación no parece que presente ninguna ventaja particular con respecto a las técnicas analíticas, sin embargo, es necesario tener en cuenta que, aunque los procesos no sean completamente automáticos si lo son muchas de las tareas que junto con las herramientas de procesamiento de la imagen y edición que son una gran ayuda contribuyen a acelerar el proceso (aérea, 2014).

4. Otra ventaja importante en favor de los sistemas digitales es su concepción como sistemas totales, lo que permite el tratamiento de imágenes de muy diversa procedencia en un sólo equipo, desde imágenes de rango cercano (cámaras digitales) hasta imágenes aisladas en plataformas espaciales (imágenes satélites).

5. Como se ha indicado en el punto 2, la aceptación de la Fotogrametría Digital pasa por el rendimiento técnico y cualitativo de los productos que de ella se derivan, No obstante, existe un factor que es de gran importancia, siendo un valor añadido, los sistemas digitales pueden integrar, fusionar y comparar conjunto de datos de diferentes procedencias, dando lugar a un abanico muy amplio de operaciones dentro y fuera del contexto cartográfico. Así el sistema fotogramétrico se puede considerar como un elemento básico en los sistemas de información geográfica tridimensional (Gonzalez Barajas, 2010).

A continuación, se muestra el esquema básico del proceso de fotogrametría digital en fase de preparación en la figura 6.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

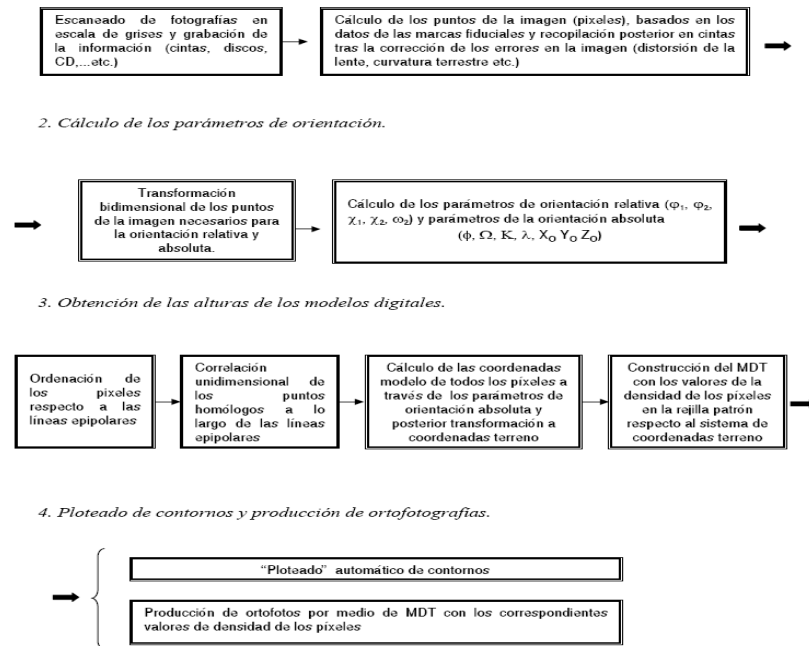



Figura 6 Fase de preparación
Fuente: (Gonzalez Barajas, 2010)

La imagen Digital: una imagen digital es una función $F(x, y)$, donde x e y representan unas coordenadas y el valor $F(x, y)$, es proporcional a la transmitancia o efectividad de la luz, que se reconoce visualmente por el nivel de color o gris de la misma en el punto considerado (x, y) .

Al proceso de obtención de imágenes digitales se le denomina digitalización y consiste en la descomposición de la imagen real en una matriz discreta de puntos de un determinado tamaño, donde cada uno tiene un valor proporcional a su nivel de color (Lourdes & Cerezuola, 2013).

Por tanto, puede decirse que la definición de una imagen digital se puede asimilar a una matriz de n° filas y n° columnas como se muestra en la figura 51. A cada celda de la matriz se le denomina pixel (picture x element) y esta representa una superficie que es función de

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

su tamaño (Δx , Δy). A cada pixel le corresponde uno o más valores digitales (número digital o valor digital “Nd”), figura 7 y figura 8.

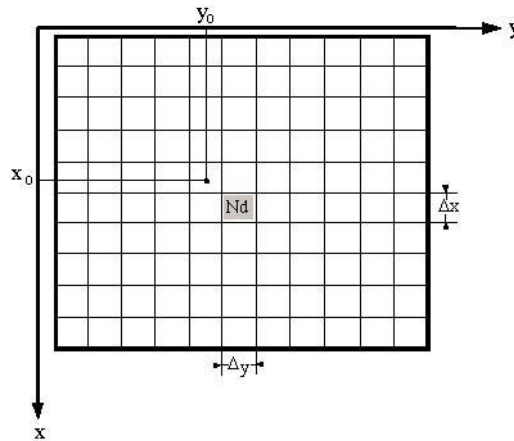


Figura 7 Definición de una imagen digital

Fuente: (Gonzalez Barajas, 2010)

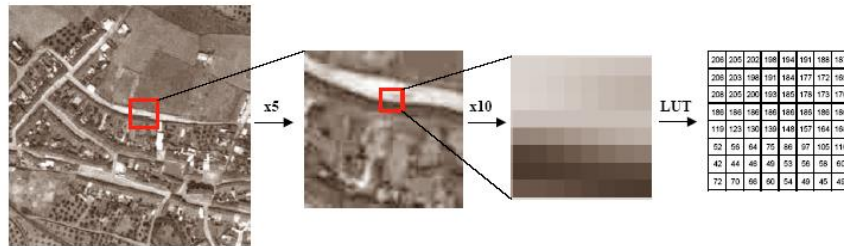



Figura 8 Representación visual y presentación numérica

Fuente: (Gonzalez Barajas, 2010)

La Imagen digital es la representación visual y presentación numérica puede representar información de diversa naturaleza, así puede ser proporcional a las características físicas del área (radiancia, reflectividad, transmisividad, emisividad) o bien representar los valores resultantes de la manipulación de la información original mediante técnicas de análisis de imágenes.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

La matriz definida por los números digitales tiene carácter multidimensional en función de las capas de información almacenadas (bandas o canales). Entre las imágenes más frecuentemente empleadas se encuentran las imágenes mono canal: imágenes binarias (blanco/negro) y las imágenes pancromáticas o monocromáticas; las imágenes de tres canales como las imágenes en color (un canal para cada color básico -rojo, verde, azul-) ver figura 9, y las imágenes en falso color; y, por último, las imágenes multicanal como las imágenes multiespectrales representadas por más de tres seudocolores.

Las imágenes más frecuentemente empleadas en Fotogrametría son las imágenes mono canal (pancromáticas) y las imágenes en color. (Gonzalez Barajas, 2010)

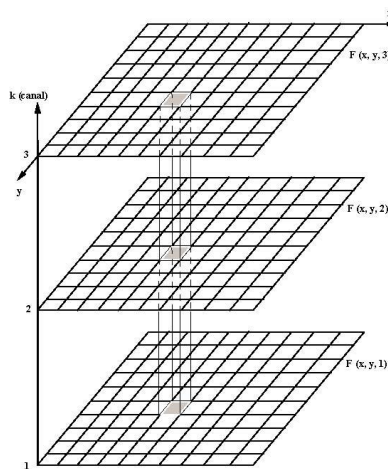


Figura 9 Representación de una imagen digital de tres canales
Fuente: (Gonzalez Barajas, 2010)

En la representación de una imagen digital de tres canales pancromáticas el tono de la señal está representado, habitualmente, por 8 bits (1 byte). Con esta dimensión se tiene la posibilidad de codificar 2^8 tonos de gris = 256 tonos (0 a 255). Esta cifra que en principio puede parecer escasa, es suficiente para todas las aplicaciones teniendo en cuenta que el ojo humano sólo puede distinguir aproximadamente 200 tonos. Generalmente la correspondencia que se aplica entre el valor digital y el tono (tabla de consulta o look up

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

table –LUT-) es negro (0) y blanco (255). En las imágenes en color el esquema de almacenamiento es similar utilizando cada pixel tres números enteros de 8 bits para su codificación (uno para cada canal), por lo que se requiere tres veces más espacio para su almacenamiento.

La calidad de una imagen digital depende de la finura del retículo es decir del tamaño de pixel (*resolución espacial*) empleada para la codificación: elementos de gran tamaño producen pérdida de información y elementos demasiado pequeños requieren disponer de un gran espacio de almacenamiento. Es importante tener en cuenta que la calidad de la imagen va a depender del sistema disponible, tanto en lo referente a posibilidades gráficas (número de colores que es capaz de presentar), como del almacenamiento disponible por lo que se puede considerar un problema de tipo económico (Cheli.AntonioE, 2011).

Si una imagen equivale a una matriz de n filas por m columnas, el tamaño de ésta tendrá una relación casi directa entre el formato de la imagen y la superficie de cada una de esas celdas.

Así pues, un fichero que contenga una imagen digitalizada tendrá ocupada el 98 o 99% de éste por los valores que definen la matriz, el resto (1 o 2 %) corresponden a datos que permiten localizar la matriz (imagen) en el fichero (cabecera). Luego si cuantificamos estos valores, seremos capaces de conocer a priori el tamaño de los ficheros que vamos a manejar.

El primer dato a tener en cuenta es la equivalencia entre puntos por pulgadas (PPP o dpi), y migras, ya que son las micras la unidad que nos interesa para evaluar el tamaño de pixel. Así p.e. si se dispone de una fotografía aérea cuyo formato estándar es de 230x230mm. Y se quiere digitalizar a 1200 PPP, ¿cuál sería el tamaño del pixel y cuánto ocuparía dicha imagen?

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Conocida la resolución o tamaño de pixel de una imagen, se pueden asignar coordenadas (x, y) al centro de cada celda. Por tanto, la precisión de las coordenadas obtenidas de un objeto imagen dependen del tamaño del pixel, en cuanto que el objeto sufre una generalización importante que influye en su correcta definición geométrica (Gonzalez Barajas, 2010).

2.2.4. Ventajas e inconvenientes de las imágenes digitales: la utilización en Fotogrametría de las imágenes digitales lleva consigo una serie de ventajas e inconvenientes que están íntimamente ligados a las ventajas e inconvenientes de la Fotogrametría Digital frente a las técnicas clásicas de tipo analógico.

Entre las ventajas más importantes se pueden destacar:

} Las imágenes digitales, por su soporte de almacenamiento, carecen de los problemas derivados de la estabilidad dimensional que afecta a las imágenes analógicas cuando se modifican las condiciones medioambientales de su almacenamiento.

} Las imágenes digitales no requieren manipulación directa a la hora de ser utilizadas por lo que se eliminan los problemas ligados al deterioro que dicha manipulación conlleva las imágenes digitales pueden ser modificadas para mejorar su visualización (ajuste de niveles de brillo y contraste) mediante la aplicación de técnicas de análisis de imágenes, por otro lado, también es posible modificar la imagen para poner de manifiesto algún elemento de interés en la misma (por ejemplo, mediante la aplicación de un filtro de detección de bordes).

} Las imágenes digitales pueden ser transmitidas de una forma sencilla, rápida y segura a través de las redes informáticas, además es posible que distintos operadores trabajen de una forma simultánea o secuencial sobre el mismo fotograma lo que facilita

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22


sensiblemente los procesos de edición y revisión (Lourdes & Cerezuela, 2013).

Los productos derivados del tratamiento de las imágenes digitales son obtenidos directamente en formato digital por lo que son directamente integrables en sistemas tipo CAD o SIG.

El inconveniente más importante está relacionado con la necesidad de disponer de un elevado volumen de almacenamiento debido a la gran cantidad de información con la que se trabaja, además el sistema debe estar adaptado al dicho volumen. Es necesario tener en cuenta que una fotografía convencional de formato 23 * 23 cm, digitalizada con un tamaño de pixel de 15 µm ocupa un espacio aproximadamente de 223 Mb (en tonos de gris) y 669 Mb (en color), y un proyecto fotogramétrico suele estar compuesto por numerosas imágenes (Gonzalez Barajas, 2010).

2.2.5. Almacenamiento de imágenes digitales: la Fotogrametría Digital se basa en las medidas efectuadas sobre las imágenes digitales, imágenes obtenidas mediante la digitalización de fotografías convencionales o bien directamente mediante la utilización de sensores. Este hecho supone importantes ventajas, apoyadas en las posibilidades de automatización del proceso, pero a la vez plantea ciertos problemas, debido a la cantidad de información que es necesario manipular y almacenar. Así, por ejemplo, para el almacenamiento de una fotografía aérea de formato 23 * 23 cm digitalizado a una resolución de 10 µm se requiere un espacio de 473 Mb (B/N). Esta cifra se elevaría a 1.5 Gb si la fotografía se almacena en formato de color (24 bits), además es necesario tener en cuenta que en un proyecto fotogramétrico se utilizan cientos de modelos, por lo que las cantidades requeridas podrían saturar en la práctica cualquier sistema (aérea, 2014).

Por lo anteriormente expuesto, se puede indicar que la previsión del almacenamiento de la información digital es una de las principales preocupaciones a la hora de trabajar con imágenes digitales.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Entre los sistemas de almacenamientos de imágenes digitales pueden citarse:

Discos magnéticos: En estos discos, la grabación de datos se realiza al pasar la superficie del medio cerca de una cabeza que puede variar la posición del campo magnético. Los discos magnéticos son dispositivos tipo RAD (read access direct). Dentro de este tipo de sistemas se pueden distinguir básicamente dos tipos: discos duros y discos flexibles.


La capacidad de los discos duros ha evolucionado desde los primitivos 10 MB hasta las capacidades actuales de varios Gb, con velocidades de acceso muy rápidas - 80 ms - (milisegundos). Uno de los factores determinantes de la velocidad de acceso es la velocidad de rotación, así, por ejemplo, un disco moderno tipo SCSI de 4.2 Gb con acceso de 8ms debe tener una velocidad de giro de 7000 rpm permitiendo una transferencia de datos de $10 \frac{Mb}{seg}$

En el caso de que se requiera una elevada capacidad de almacenamiento se pueden utilizar baterías de discos duros que se conectan mediante un sistema SCSIII (Small Computer System Interface) y que poseen posibilidades RAM (Redundante Arrays of Inexpensive Disks). De esta forma se pueden alcanzar capacidades de hasta 45 Gb.

La capacidad de los discos flexibles es sensiblemente más reducida entre 1.44 Mb y 270Mb, además son considerablemente más lentos que los discos duros y menos fiables, motivos por los que son escasamente utilizados para almacenamiento de datos.

Discos ópticos: los discos ópticos son sistemas tipo “RAD” en los que la información es leída y escrita mediante un sistema luminoso (usualmente un láser) (aérea, 2014).

Dentro de este tipo se pueden distinguir distintos tipos de tecnologías, la más conocida de las cuales es la WORM (*Write Once Read Many*), es decir, sistemas que permiten una

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

sola escritura y múltiples lecturas. En los sistemas WORM, un haz de rayo láser codifica la información y realiza perforaciones en la superficie del medio (hendiduras realizadas sobre la capa de material reflectante del CD) en forma espiral (*CD-R*). El CD tiene un diámetro estándar de 120 mm y en la actualidad constituye uno de los sistemas más populares de almacenamiento de datos, con una capacidad máxima de 650 Mb (en otros modelos hasta 705 Mb). Los discos óptico regrabables (*CD-RW*) funcionan de una forma similar que los sistemas magnéticos en el sentido que la información puede ser reescrita repetidas veces.

Los DVD cuyas características son parecidas a las del CD, tienen capacidades de almacenamiento previsible de hasta 17 Gb y la posibilidad de sobrescribir información.


Funcionamiento de los DVD es prácticamente idéntico al del CD, las perforaciones o hendiduras (pits) que se realizan sobre la capa de material reflectante del DVD son más cortas y estrechas que en el CD, se puede ver la diferencia entre DVD y CD en los pits como se muestra en la figura 10, además tienen dos capas y dos caras sobre las cuales se puede almacenar información (Gonzalez Barajas, 2010).



Figura 10 Diferencia entre DVD y CD en los pits
Fuente: (Gonzalez Barajas, 2010)

La ventaja principal de este tipo de discos es su robustez y fiabilidad con una velocidad de acceso aceptable (20-90 ms).

Sistemas de cinta las cintas son otro tipo de almacenamiento magnético de datos que presenta la ventaja de permitir el transporte de la información. Las unidades lectoras de

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22


cinta son más económicas que los sistemas ópticos, pero son considerablemente más lentas, valga como referencia el hecho de que mientras que la velocidad de acceso a un disco duro o a una unidad óptica se mide en mseg para la unidad de cintas se mide en decenas de minutos. Este es el motivo por el cuál estos sistemas son utilizados como sistemas de Backus, (salvaguada de datos) y no permitiendo en la mayor parte de los casos el acceso directo a los mismos (García, 2002).

Almacenamiento holográfico. En 1991, un grupo de científicos de Stanford publicó el desarrollo de un sistema de almacenamiento mediante técnicas holográficas. En este sistema los datos son convertidos en patrones de luz, las ondas de luz entran en un medio foto refractivo, produciendo una modificación a nivel microscópico de la carga eléctrica que afecta finalmente al índice local de refracción Para la lectura de los datos, se emplea un sistema láser y un elemento CCD, Los resultados expuestos fueron modestos, con un almacenamiento de 163 Mb y 6.3 Mb/seg. De transferencia (Gonzalez Barajas, 2010).

2.2.6. Formatos gráficos de almacenamientos de imágenes digitales: formato PC es el formato original de los programas Paintbrush. Puede tener hasta 24 bits de profundidad de color, aunque también hay versiones de 8 y 4 bits.

Formato BMP este el formato que utiliza Windows para su fondo de pantalla. Puede usar un máximo de 24 bits de profundidad de color. Su cabecera describe las dimensiones y los colores, y el resto del fichero contiene los bytes que definen propiamente la imagen. Acabada esta cabecera comienza la tabla de definición de colores. Estos colores se definen por medio de intensidades relativas de cada uno de los colores fundamentales (RGB), utilizando un byte para cada uno de ellos y otro que queda reservado (García, 2002).

Formato GIF (Graphic Interchange Format) es el formato propuesto por CompuServe para el intercambio y transmisión de información gráfica. Tras la cabecera comienza la tabla global de colores, que es donde se almacenan los valores de los colores que se usarán

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

en la imagen, cada uno de los cuales vendrá definido por una combinación RGB de 3 bytes. A continuación, viene la descripción de la imagen, que a su vez contiene la propia descripción, una tabla de color global (opcional) y los datos propiamente dichos (Lourdes & Cerezuela, 2013).


Formato TIF formato TIF (Tag Image File Format) nació como una mejora de los PCX ya existentes, y se caracteriza principalmente por estar orientado al intercambio de ficheros entre diferentes entornos. Es un fichero bitmap (raster). La lectura general de un fichero TIF se puede dividir en tres partes bien diferenciadas:

- } La cabecera.
- } La IFD (*Image File Directory*).
- } La imagen propiamente dicha.

Es uno de los formatos gráficos más usuales en fotogrametría debido a su carácter compacto y al mismo tiempo abierto para añadir información.

Formato TG. Este es el formato del fichero Targa de TrueVision permitiendo el almacenamiento de imágenes monocromáticas o en color de 24 o 32 bits de profundidad (Gonzalez Barajas, 2010).

2.2.7. Compresión de imágenes digitales: la compresión de las imágenes digitales es una necesidad para la mayoría de las aplicaciones, en las que un número considerable de imágenes de gran tamaño deben de ser almacenadas en un espacio limitado o bien cuando éstas deben de ser transmitidas desde un sistema a otro. La idea básica de la compresión es la eliminación de la redundancia de la imagen original. Esto se realiza mediante la transformación de la imagen en una serie de coeficientes que serán posteriormente codificados.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

En la actualidad los métodos más utilizados para la compresión de imágenes están basados en una transformación de coseno discreto, en la cubanización del vector y en el uso de pirámides de imágenes.

El objetivo final de la compresión es la reducción del número de bits requeridos para representar una imagen, eliminando las redundancias existentes en la misma. La *tasa de compresión* (o ratio de compresión) se define como la relación entre el número de bits de la imagen original dividido por el número de bits de la imagen comprimida (Cheli.AntonioE, 2011).


En las imágenes digitales nos podemos encontrar con tres tipos básicos de redundancias:

- } Redundancia espacial, debida a la correlación entre el nivel de gris de un pixel y el correspondiente de los vecinos próximos.
- } Redundancia espectral, debida a la correlación entre el nivel digital correspondientes a las diferentes bandas (imágenes multiespectrales).
- } Redundancia temporal, debida a la correlación entre imágenes tomadas en distintos momentos (imágenes de vídeo).

Existen varios métodos de compresión, siendo la de los formatos TIFF y el uso de ficheros JPEG los más utilizados. Actualmente ha aparecido otro tipo de formato el MrSID.

Formato TIFF Se basa en cambiar la definición de cada uno de los valores de la celda por una suma de valores iguales (Gonzalez Barajas, 2010).

El inconveniente de esta compresión es que llega a un máximo de 1/3 de tamaño original (tasa de compresión máxima 3:1). La ventaja reside en la nula pérdida de información.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Formato JPEG es el formato de compresión más extendido y debido a la cada vez mayor necesidad de comprimir las imágenes puede convertirse en otro estándar, junto con el TIFF, dentro de Fotogrametría. Se basa en dividir la imagen en bloques de 8×8 (pixel) donde toman un valor mediante una transformación bidimensional discreta de cosenos (DCT) produciendo 64 coeficientes de salida. La media de los valores se registra y los otros 63 se expresan relativamente respecto al valor base. Esto hace reducir la magnitud de los valores e incrementan el número de ceros en los coeficientes. Los datos son entonces compactados usando la codificación Huffman la cual genera códigos más cortos para símbolos más frecuentes (la descompresión es al revés) (Cheli.AntonioE, 2011).


Con este tipo de se puede llegar a una reducción de entre 10 y 15 veces (tasa de compresión 1:10, 1:15) sin causar significantes cambios en la geometría de la imagen.

La compresión se regula por un parámetro Q función de la calidad de la compresión y que establece el usuario.

La compresión no afecta solo al tamaño de los ficheros, sino a los tiempos invertidos en las operaciones, no de los ficheros en la memoria del ordenador que son los mismos, sino de lectura y grabación de las fotografías.

El estándar JPEG define 3 diferentes sistemas de codificación:

1. Sistema de codificación de base de pérdida, el cual se basa en una transformación discreta de cosenos (DCT) adecuada a la mayor parte de las aplicaciones.
2. Sistema de codificación extendida para aplicaciones de mayor compresión, mayor precisión o reconstrucción progresiva.
3. Sistema de codificación independiente de pérdidas para definir la reversibilidad de la compresión (Lourdes & Cerezuela, 2013).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22


El sistema de codificación de base de pérdidas frecuentemente llamado, sistema secuencial de base, tiene el límite de 8 bits tanto en la entrada como en la salida de los datos. La compresión se realiza en 3 pasos:

- a) Cálculo de la DCT.
- b) Medición.
- c) Asignación de variables longitud a los códigos.

Una vez dividida la imagen en bloques procesados de izquierda a derecha y de arriba abajo, se aplica la transformación bidimensional discreta de cosenos y reordenando la matriz solución de forma que mediante un patrón zigzag se forma una secuencia unidimensional de coeficientes.

Compresión jerárquica predictiva (HPC) este sistema de compresión de imágenes surge como un sistema de compresión para imágenes de vídeo. El algoritmo comienza con la creación de una representación a escala a distintos niveles de la imagen original (pirámides de imágenes). Por ejemplo, una imagen de un tamaño de, $1024 * 1024$ píxel se descompone en cinco imágenes correspondientes a cinco niveles de escala: $512 * 512$, $256 * 256$, $128 * 128$ y $64 * 64$. La pirámide se crea mediante la consolución de las imágenes de mayor resolución mediante la aplicación de un operador gaussiano y el aumento del tamaño del píxel al doble (Gonzalez Barajas, 2010).

Se calculan las imágenes diferencia entre los diferentes niveles Estas diferencias representan los componentes de alta frecuencia del nivel previo de la pirámide. La imagen original puede ser reconstruida a partir de su representación en el nivel de menor resolución (64×64 píxeles) y de las imágenes diferencia. Los valores de píxel de las imágenes diferencia son normalmente pequeños y pueden ser codificados y almacenados en un número reducido de bits, de forma que se alcanza una compresión sin pérdida de información, no obstante, para obtener mayor tasa de compresión se utiliza la cubanización,

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

que produce degradación de la imagen y una compresión más eficaz, pero con pérdida de calidad se puede visualizar en el esquema de compresión HPC de la figura 11.

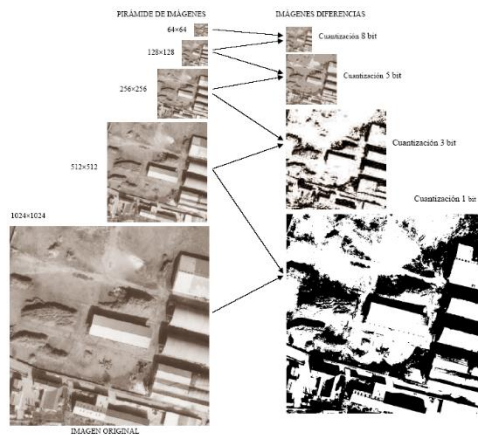



Figura 11 Esquema de compresión HPC
Fuente: (Scientia Et Technica, 2004,)

Mediante este sistema (HPC-8.5.3.1) se alcanza una tasa de compresión de 3.6. Para obtener tasas más elevadas las imágenes diferenciales deben, ser almacenados en un número más pequeño de bits. Sin embargo, esto supone una mayor degradación de la imagen así con un esquema (8.3.3.1) se alcanza una tasa de compresión de 4.5 (García, 2002).

Puede decirse que la compresión es más eficiente que las imágenes piramidales en cuanto a reducción de tamaño se refieren. En compresión se pueden reducir más el tamaño de las imágenes, sin embargo, las imágenes piramidales tienen un potencial mayor en el análisis de las mismas y en su cálculo.

Entre las ventajas de este tipo de imágenes cabe destacar:

Los niveles se pueden incrementar, ya que estas imágenes se forman a partir de la imagen original.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22


- } Existen unos valores iniciales para niveles piramidales bajos que nos pueden orientar sobre los valores de las imágenes.
- } La velocidad de cálculo puede ser mejorada dependiendo del nivel piramidal.
- } Se pueden encontrar cálculos erróneos con valores promediados.
- } La ventaja más clara es la disminución de tamaño y consiguiente velocidad (Lourdes & Cerezuela, 2013).

Una ventaja adicional del sistema HPC es la posibilidad de disponer de un conjunto de imágenes a diferentes resoluciones que permite la resolución del problema fotogramétrico, partiendo de una imagen generalizada (de escaso volumen pero que refleja los elementos más relevantes de la imagen como el nivel original) y refinando los resultados al descender de nivel utilizando los resultados de nivel superior como valores de partida como se muestra en la figura 12 (aérea, 2014).



Figura 12 Nivel original
Fuente: (Scientia Et Technica, 2004,)

Formato MrSID este tipo de compresión se basa en la utilización de una transformación local, basándose en la transformada de wavelet discretizada, de manera que tiene una resolución uniforme y una calidad superior en toda la imagen. Otra ventaja de este tipo de formato es que lleva a cabo una transformación multiresolución (genera múltiples

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

resoluciones en un archivo, de forma que cuando se realiza un zoom, la imagen aumenta en calidad.). Esta característica hace que la visualización sea mucho mejor a todas las escalas de trabajo, especialmente las pequeñas y medianas, así como favorece una velocidad de transmisión de datos superior. La descompresión que realiza es selectiva, es decir, únicamente descomprime la porción de la imagen visualizada, cosa que, junto con la multiresolución, permite visualizar y trabajar con imágenes de gran tamaño con gran agilidad (Cheli.AntonioE, 2011).

La comparación MrSID y JPEG es un tipo de formato mantiene una perfecta calidad de la imagen hasta tasas de compresión de 20:1 para imágenes a color (RGB) y de 12:1 para escala de grises (B/N) como se visualiza en la figura 13 (Gonzalez Barajas, 2010).

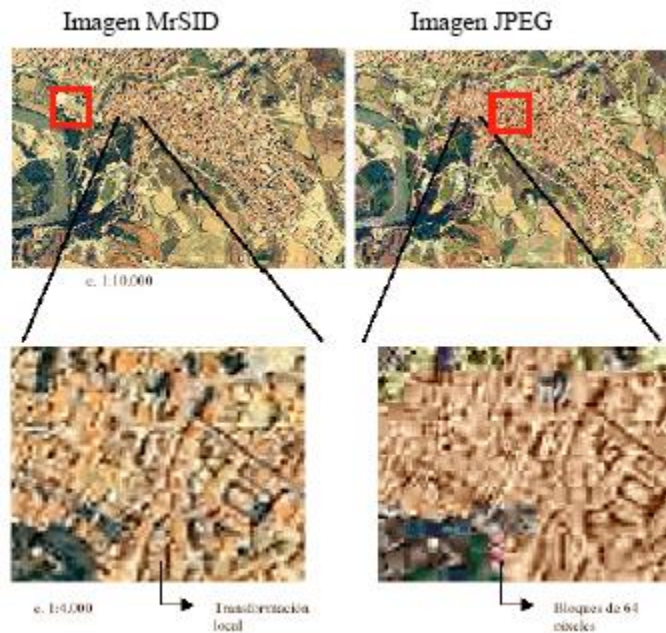


Figura 13 Comparación MrSID y JPEG
Fuente. Extraída de. (Gonzalez Barajas, 2010)

2.2.8. Calidad de la imagen: para evaluar la calidad de la imagen es preciso considerar la geometría y la radiometría del pixel.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

2.2.9. Geometría: para asegurar que no se pierde información, la resolución del pixel debe adaptarse a la resolución de la fotografía. Si expresamos la resolución fotográfica por R expresada en líneas dobles por milímetro (lp/mm) y aceptando la ecuación 66 empírica.

Umbral que hoy se acepta como tamaño ideal del pixel en fotogrametría digital.

Radiometría un parámetro de gran importancia para evaluar la calidad radiométrica de una imagen digital es el "bit number". El bit (dígito binario) es la unidad básica de información


Los parámetros poder de resolución y número de niveles de grises son los que definen con mayor entidad la calidad de una imagen digital.

Ruido la mayoría de las señales están sujetas a ruido, el cual viene causado por diversas fuentes, entre las más importantes:

- } Procesos eléctricos, debido a defectos en la correcta medición de la señal.
- } Ruido oscuro actual o cuantificado, ocasionado por el intervalo a tener en cuenta en la medición de la señal y su equivalente a un valor concreto.

El aspecto más importante en la señal es la razón entre el valor efectivo de entrada de la señal (s) y el nivel de ruido (N) o también razón señal / ruido (S/N). Con ella calculamos la calidad de la medición de la señal y en un sensor de imágenes, se determina el máximo contraste posible en una imagen.

La figura 14, muestra un cambio de intensidad en la señal con un ruido superpuesto. El ruido reduce la significación de la señal y si se incrementa el ruido, pudiendo distorsionar el

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

valor de la señal y por supuesto la señal. En una imagen digital, la medición del nivel de gris (N_d) gris ser mucho mayor que el ruido, de lo contrario los datos estarán enmascarados por el ruido (aérea, 2014).

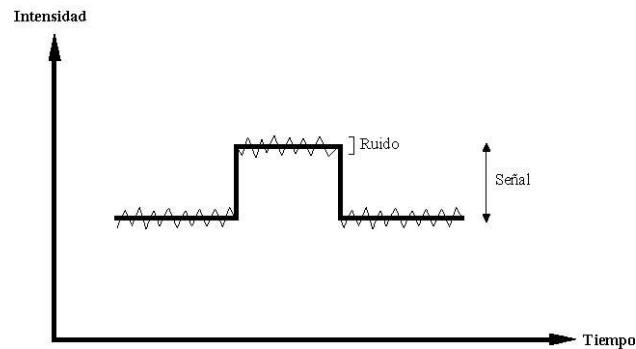



Figura 14 Efecto del ruido e l señal
Fuente: (Scientia Et Technica, 2004.)

La relación señal/ruido (SNR) para un sensor se expresa en decibelios, el ruido del golpe del fotón es igual a la raíz cuadrada de la señal,

El máximo de *SNR* ocurre para el máximo valor de la señal. Valores para sensores CCD son aproximadamente de 60 db que corresponde a una capacidad de 106 electrones en un sensor típico de carga.

Análisis de imágenes otro tipo de procedimientos frecuentemente aplicados en la fase de preprocesamiento de la imagen, son los que persiguen mejorar la calidad visual de la misma Los procedimientos más aplicados son:

- } Mejora de la calidad visual de la imagen aplicando las técnicas de realce del histograma de los niveles digitales.
- } Reducción de ruido del sensor, mediante la aplicación de técnicas de filtrado de paso bajo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

} Facilitar el trabajo de restitución, automática o manual, de los elementos cartografiarles de la imagen, mediante la aplicación de filtros de realce de bordes, clasificaciones, etc.

} Por último, también pueden ser aplicadas técnicas más complejas como las relativas a segmentación, seguimiento de líneas, etc., dentro de la fase de restitución (Lourdes & Cerezuela, 2013).

Técnicas de realce de la imagen: Digital con bajo contraste e histograma correspondiente a una imagen digital queda definida estadísticamente en cuanto a la respuesta espectral por su histograma como se visualiza en la figura 15. El histograma representa la probabilidad de aparición de un determinado nivel digital en la imagen. Una imagen tiene un único histograma que pone de manifiesto su contraste y la homogeneidad de la misma.

Cuando se trabaja con una imagen digital es frecuente que el contraste de la misma no sea el deseado, así se puede observar como el rasgo de niveles digitales que aparecen en la imagen, no cubre el abanico de posibilidades del sistema utilizado para la visualización.

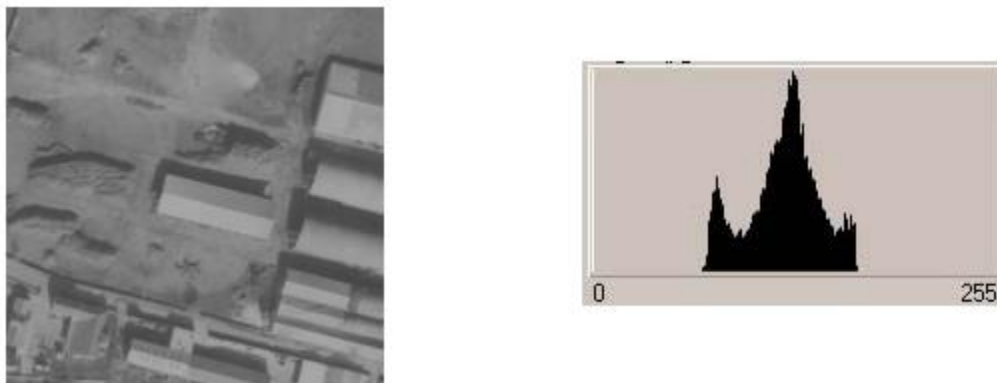


Figura 15 Digital con bajo contraste e histograma correspondiente
Fuente: (Gonzalez Barajas, 2010)

Para conseguir el ajuste entre ambos intervalos, el de la imagen y el del sistema de visualización se aplican las técnicas conocidas bajo el nombre de técnicas de realce de


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

imagen que no consisten sino en la transformación de los niveles digitales de la imagen, mediante una función de transformación que cumplan las condiciones de que sea reversible y además les asigne a todos los píxeles con un mismo nivel en la imagen original el mismo valor en la imagen realizada.

Existen diversas técnicas de realce de la imagen, que serán seleccionadas en función del histograma de la imagen original y del producto que se desee obtener. Las más frecuentemente aplicadas son:

- } Realce lineal.
- } Realce lineal con saturación.
- } Realce logarítmico o exponencial.

Siendo x el valor digital de la imagen original e y el valor de la imagen realizada. El histograma

Siendo h_r , el histograma de la imagen realizada; h_0 , el histograma de la imagen original; y , el valor de la imagen realizada y a y b , las constantes que definen el tipo de realce lineal aplicado se pueden visualizar en la imagen original con histograma figura 16, y luego de observar esta imagen se puede obtener como resultado la figura 17, que nos muestra la imagen resultante de aplicación original (Gonzalez Barajas, 2010).

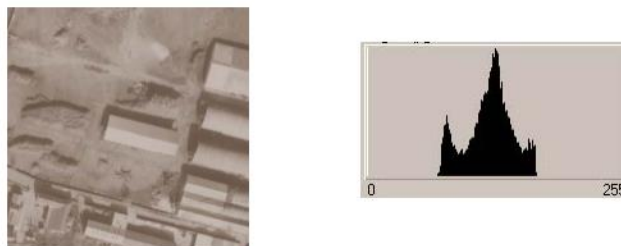



Figura 16 Imagen original con histograma
Fuente: (Gonzalez Barajas, 2010)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

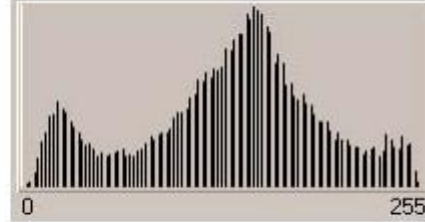


Figura 17 Imagen resultante de aplicar a la imagen original

Fuente: (Gonzalez Barajas, 2010)


Realce lineal con saturación. Comúnmente, obtiene una mejor calidad visual si se introduce un cierto rango de saturación en los extremos del histograma (blanco y negro). La función aplicada es similar a la aplicada en la técnica lineal con la única diferencia de establecer dos valores: B_{\min} y B_{\max} que marcan los límites del histograma. Estos valores suelen tomarse en función de la media y la desviación típica del histograma de la imagen a corregir, así B_{\min} será la media menos tres veces la desviación típica mientras que B_{\max} será la media más tres veces la desviación típica, este sistema es implementado en numerosos sistemas de tratamiento de imágenes y es conocido como realce automático. En la figura 18, se muestra el resultado luego de la aplicación a de un realce lineal con una saturación del 50%.



Figura 18 Imagen resultan luego de hacer aplicaciones

Fuente: (Gonzalez Barajas, 2010).

Realce de contraste logarítmico y exponencial. Este tipo de realces son utilizados para la resaltar elementos oscuros y claros, respectivamente en las que los valores a , b y c son

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

seleccionados en función de los niveles digitales a resaltar. Es importante tener en cuenta que estas funciones deben ser tales que los valores resultantes estén comprendidos dentro del rango de valores del sistema de visualización y de almacenamiento (aérea, 2014).

Imagen resultante de aplicar a la imagen original un realce piecewise visualizado en la figura 19, consiste en la aplicación de, una función flexible definida por el usuario. Esta función está caracterizada por los puntos de ruptura y se puede considerar como la aplicación de la técnica de realce lineal entre las parejas de puntos de ruptura definidos.

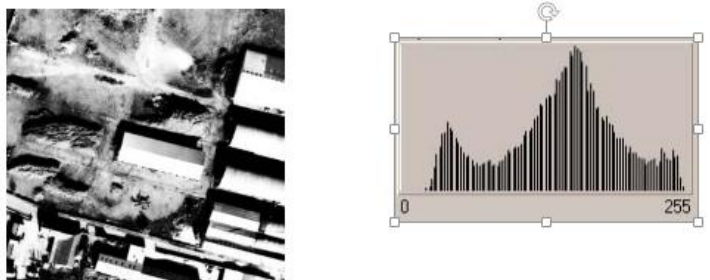


Figura 19 Imagen resultante de aplicar a la imagen original un realce piecewise
Fuente: (Gonzalez Barajas, 2010)

Ecualización del histograma: anteriormente se han vistos técnicas de expansión (o contracción) del histograma de una imagen. En numerosas ocasiones, es deseable, sin embargo, modificar la forma del histograma según un patrón determinado. Uno de los patrones más empleados es el de la ecualización del histograma.

La ecualización del histograma es una operación orientada a repartir de manera uniforme los niveles de gris entre los píxeles de la imagen. Este procedimiento asigna mayor rango de nivel digital de la imagen de salida a los niveles digitales más frecuentes en la imagen de entrada. En consecuencia, en la imagen realzada quedan mejor contrastados los niveles de gris ocupados por más celdillas en la imagen primitiva. En general se consigue un histograma mejor distribuido, con mejor separación entre los “ Nd ” más frecuentes de la imagen y se puede mostrar como técnicas de ecualización demostrada en la figura 20.



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22



Figura 20 Técnico de ecualización
Fuente: (Gonzalez Barajas, 2010)

Filtros: un filtro es un proceso matemático que consiste en aislar componente de interés, reforzando o suavizando los contrastes espaciales del nivel de gris que integran una imagen. Es decir, se trata de transformar los niveles de gris originales de cada pixel, de tal forma que se asemejen o diferencien más a sus correspondientes vecinos. En función de si el objetivo es que se aumente el parecido o la diferencia se distinguen filtros de paso bajo o filtros de paso alto.

Siendo x y respectivamente, las columnas y filas de la matriz imagen resultante. Los elementos w constitutivos de la matriz son denominados coeficientes de peso, y el entorno $(-g, g) \times (-h, h)$ ventana de filtro. Normalmente $g=h$, es decir, la ventana de filtrado es cuadrada esto se puede evidenciar en la figura 21, que nos dice que la matriz deslizante en el filtrado de imágenes. Según sea el valor de g y h , la influencia del entorno de las celdillas en el valor digital asignado a la celdilla resultante será progresivamente mayor, modificándose en consecuencia la apariencia de la imagen filtrada. Los filtros más comúnmente utilizados son de 3×3 elementos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

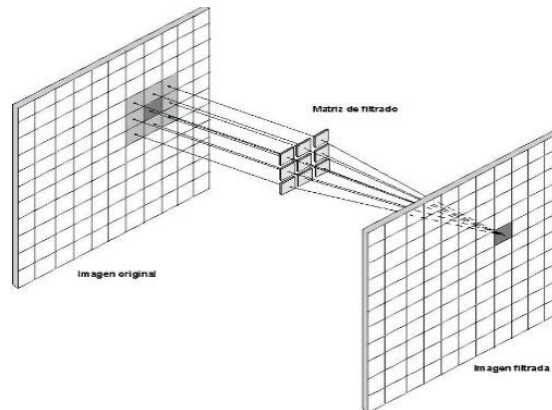


Figura 21 Matriz deslizante en el filtrado de imágenes.

Fuente: (Gonzalez Barajas, 2010)

Es conveniente que la matriz de filtrado sea normalizada, es decir, que la suma de todos sus elementos sea igual a la unidad. El filtro puede ser definido por el usuario de acuerdo a sus necesidades. De acuerdo con el efecto que produzca sobre las imágenes, los filtros se clasifican en diversos tipos: filtros de paso bajo, de paso alto, de mediana, direccionales, etc.

Efecto de un filtros de paso bajo sobre histograma el objeto de la aplicación de un filtro de paso bajo es el suavizado de la imagen mediante la uniformización de sus Nd. La denominación de paso bajo se refiere a que deja pasar los componentes de baja frecuencia, reteniendo los de alta, de tal forma que en la imagen de salida quedan amortiguados los cambios bruscos. Es decir, se trata de asemejar el nivel de gris de cada elemento, al de los adyacentes consiguiendo un suavizado de los ruidos de fondo, así como de las estructuras mínimas (de corto alcance). La aplicación de este tipo de filtros la determinación del nivel de fondo -background- de la imagen representado en a figura 22, así como la eliminación de errores aleatorios (ruidos) (Cheli.AntonioE, 2011).


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22



Figura 22 Efecto de un filtro de paso bajo sobre histograma.

Fuente: (Gonzalez Barajas, 2010)

Los filtros más frecuentemente aplicados en el tratamiento de imágenes digitales fotogramétricas son el filtro de la media (primero de los representados en tres matrices de filtrado) y el filtro de la mediana figura 23. El primero consiste en asignar al pixel a filtrar la media de los valores integrados en el área delimitada por la ventana de filtrado. El filtro de la mediana, ideado por Tukey es de tipo no lineal y consiste en asignar al pixel a filtrar el valor correspondiente a la mediana de los pixeles integrados en el área delimitada (aérea, 2014)

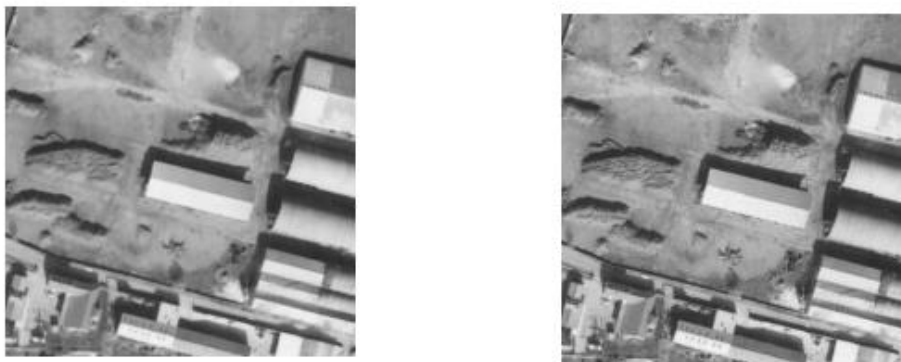



Figura 23 Imagen original e imagen resultante

Fuente: (Gonzalez Barajas, 2010)

Filtros de paso alto. Da como resultado imágenes original e imagen resultante en las cuales los filtros de paso alto son aquellos que refuerzan los componentes de alta frecuencia en la imagen sin eliminar los de baja se pueden observar en la figura 23, el objeto de la aplicación de este tipo de filtros es la detección de zonas de contraste elevado,

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

consiguiendo remarcar los contrastes del pixel adyacente, enfatizando rasgos lineales presentes en la imagen.

Existen dos formas de obtener u refuerzo en las zonas de alta variabilidad:


1. Consiste en sumar a la imagen original la diferencia entre ella misma y la producida por un filtro de paso bajo
2. Aplicación de matrices (ventanas de filtrados).

Uno de los más aplicados son los conocidos como filtros de realce de contornos. Su objetivo es conseguir una imagen más definida y, por tanto, más fácilmente interpretable. Para conseguir este objetivo, la matriz a emplear debe de ser tal que se aumente las diferencias entre los píxeles vecinos, es decir, que se refuercen las frecuencias altas.

También son muy empleados los filtros que realizan el realce de bordes de una dirección preferentemente, estos filtros denominados direccionales suelen incorporar matrices del tipo, Otros filtros frecuentemente utilizados son el filtro Roberts y el filtro Sobel se pueden evidenciar en la figura 24 (Gonzalez Barajas, 2010).



Figura 24 Resultante Sobel y resultante Robert
Fuente: (Gonzalez Barajas, 2010)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Segmentación de la imagen: dentro del tratamiento digital de imágenes uno de los procesos más importantes es el de segmentación, ya que consiste en la transformación, mediante morfolización de una imagen digital, en una nueva binaria, sobre la que vamos a realizar la identificación y cuantificación de las diferentes fases.

Segmentar una imagen digital significa dividirla en zonas disjuntas e individualizadas. En cierta manera, equivale a su reconocimiento, puesto que como consecuencia de la segmentación los diferentes objetos (entendidos como realizaciones físicas de clases o patrones abstractos) se encuentran perfectamente ubicados dentro de la imagen digital.

De manera gráfica, en la figura 16 se ha representado el proceso de la segmentación de una imagen simple. Se aprecia en dicha figura que en virtud de la segmentación se ha pasado de una imagen digital bruta, con toda su información realizada en forma de los niveles de intensidad luminosa de sus $m \times n$ píxeles, a una nueva imagen mucho más simplificada, en la que están nítidamente distinguidos entre sí los diferentes objetos existentes. En este sentido general y abstracto, la segmentación podría verse como una operación de mapeo entre la imagen, bajo estudio y una nueva imagen abstracta formada por los objetos presentes, etiquetados individualmente y con sus coordenadas perfectamente delimitadas se puede llegar a detectar el esquema simbólico del proceso de segmentación mostrado en la figura 25 (Lourdes & Cerezuela, 2013).

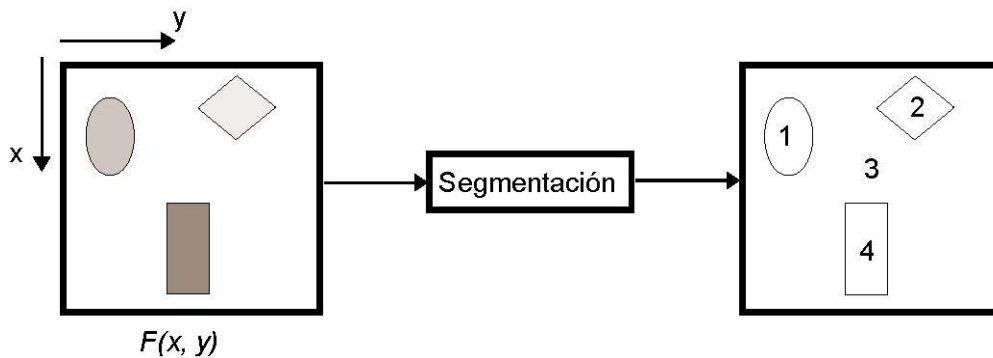


Figura 25 Esquema simbólico del proceso de segmentación
Fuente: (Scientia Et Technica, 2004,)

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Dicho en otras palabras, la segmentación produce una imagen en la que, junto a las coordenadas que definen una posición dentro del plano de la imagen, cada píxel posee una etiqueta distintiva.


Una vez segmentada la imagen se puede formar una lista de objetos sin más que agrupar todos los píxeles que posean la misma etiqueta y, al mismo tiempo, que estén conectados espacialmente.

A partir de esta lista de objetos o regiones etiquetados, el siguiente paso es su clasificación o reconocimiento automático, para lo cual se extraerán rasgos o características discriminantes, aplicando las técnicas estudiadas en la primera parte de este libro. El cálculo de las características discriminantes se tratará en el siguiente capítulo, limitándonos en éste al estudio de algunos procedimientos para segmentar imágenes digitales.

La segmentación obtiene, o bien una imagen binaria, o una imagen clasificada, dependiendo del número de fases que discriminemos.

Para conseguir una buena segmentación debemos generar una imagen digital con uniformidad de niveles de gris, dentro de cada rango de fases. A estimar, de modo que ninguna pueda solaparse con la adyacente. Existen diversas técnicas de segmentación, así se puede realizar una primera clasificación según criterios globales, locales y umbrales dinámicos; bien establecerla en función de los niveles de gris o combinar ambos métodos.

Básicamente, una clasificación, requiere tomar uno o más umbrales, consiguiendo, en el primer caso, una imagen binaria y, en el segundo, una imagen clasificada (Gonzalez Barajas, 2010).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Para entender esta idea vamos a apoyarnos en la figura 25, donde aparece una imagen muy sencilla, formada por un objeto (en este caso, oscuro) sobre un fondo claro. En esta figura también se ha representado su correspondiente histograma.

Esta aplicación de Imagen digital de un objeto oscuro sobre un fondo claro y su correspondiente histograma, es claramente bimodal (es decir, presenta dos máximos y un único mínimo), ya que los píxeles de la imagen se distribuyen en dos clases o regiones: el objeto y el fondo como se puede evidenciar en la figura 26, en este caso es relativamente sencillo calcular un valor umbral que discrimine de manera óptima las dos clases existentes.

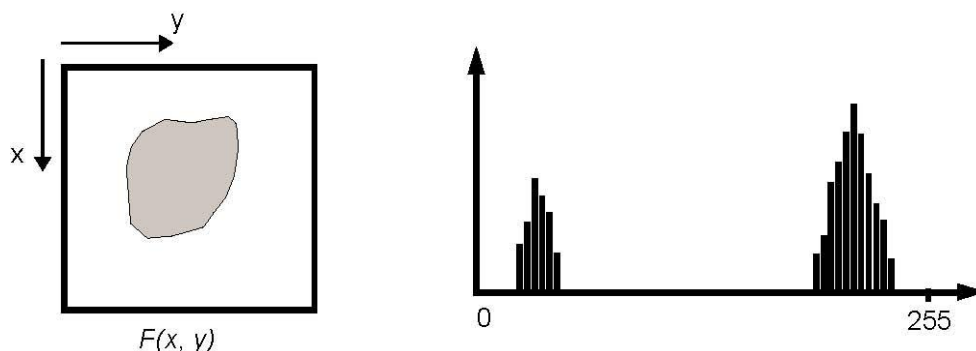



Figura 26 Imagen digital de un objeto oscuro sobre un fondo claro y su correspondiente histograma

Fuente: (Scientia Et Technica, 2004,)

Por lo tanto, la elección de un umbral o umbrales, de segmentación es una decisión muy importante para una, buena clasificación. Si el umbral escogido es demasiado alto, se pierde información, ya que la, misma queda asimilada al fondo, o bien a una clase inferior, por el contrario, si es demasiado bajo, se está incorporando a la clase información que no le pertenece. Debido a esto es importante, realizar la segmentación posteriormente a las técnicas de mejora de la imagen, se muestran en el ejemplo de esquema de segmentación en la figura 27, filtrado (eliminación del ruido y realce de contornos) y realce del histograma de la imagen (amplitud del histograma) (Cheli.AntonioE, 2011).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

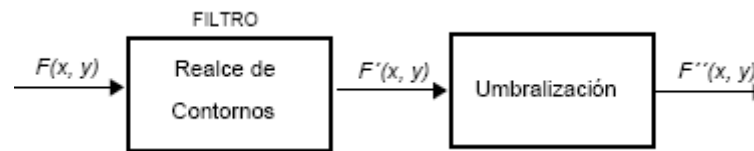


Figura 27 Ejemplo de esquema de segmentación.


Fuente: (Gonzalez Barajas, 2010)

2.3. Transformada de hough

Para el reconocimiento de figuras geométricas primitivas en el procesamiento de imágenes se utiliza una técnica llamada la transformada de Hough, en el campo de la visión artificial se pueden interpretar matemáticamente las aristas de las figuras geométricas definidas tales como los círculos evidenciados en la figura 28, que permite ver la relación matemática y su geometría.

La técnica de la transformada de Hough está registrada en el mundo de las patentes aproximadamente en el año 1962 por Paul Hough, inicialmente se utilizó esta técnica para procesar e identificar las rectas en las imágenes, después el concepto se expandió a reconocer figuras geométricas primitivas (círculos y elipses), esta expansión se generó gracias a los estudios de Richard Duda y Peter Hart en 1972 quienes respetaron la investigación con el nombre de "Transformada de Hough Generalizada", por último, Dana H. Ballard fue quien comenzó a tratar las imágenes de los computadores por medio de este análisis en el año 1981 (Scientia Et Technica, 2004,).

Ejemplo: Considera tres puntos, mostrados aquí como puntos negros:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

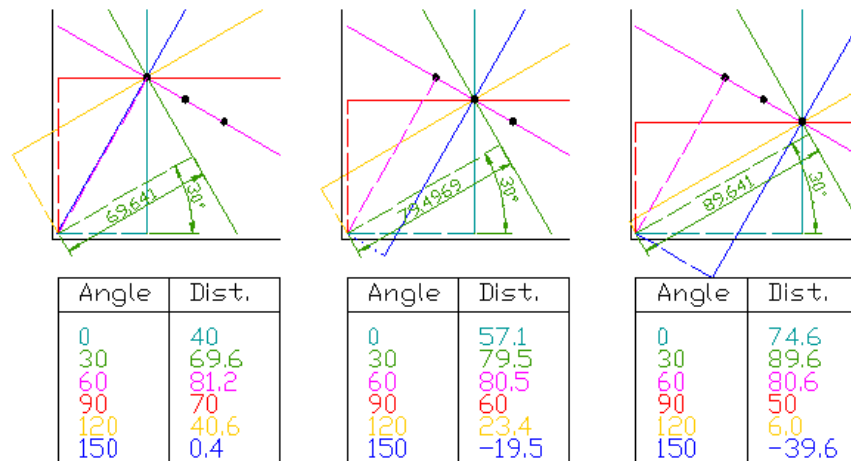


Figura 28 Procesamiento de imagen
Fuente: (Scientia Et Technica, 2004.)


2.3.1. Sensores fotoeléctricos

Un sensor fotoeléctrico emite un haz de luz (visible o infrarrojo) desde su elemento que su función principal es formar una gráfica de transmisor/receptor como se expresa y se ve su funcionamiento en la figura 29.

Un sensor fotoeléctrico de tipo refractivo se utiliza para detectar el haz de luz reflejado desde el objeto.

Un sensor de tipo de haz de barrera se utiliza para medir el cambio en la cantidad de luz causado por el objeto al cruzar el eje óptico.

Principio y tipos principales: se emite un haz luminoso desde el elemento emisor de luz, el cual es recibido por el elemento receptor de luz (Fidestec, 2010).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

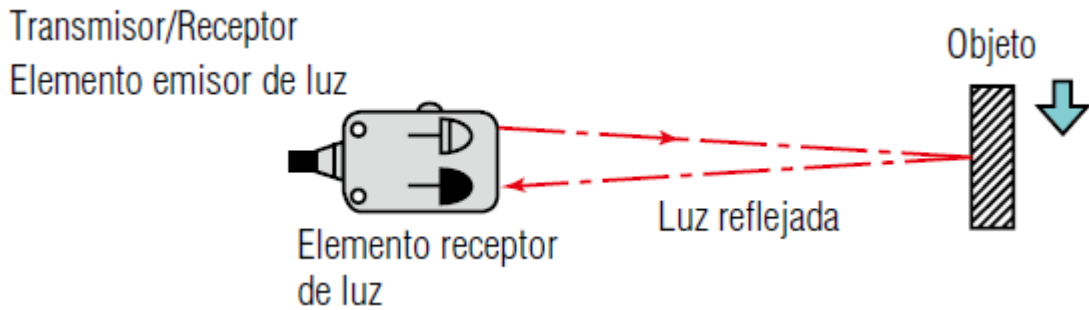


Figura 29 Grafica de transmisor/receptor
 Fuente: (Fidestec, 2010)

Tanto el emisor de luz como los elementos receptores están contenidos en una sola carcasa. El sensor recibe la luz reflejada desde el objeto, y el cual forma un modelo de barrera que hace que esta luz pueda traspasar el objeto para que el receptor pueda detectarla como se muestra en la figura 30 (Fidestec, 2010).

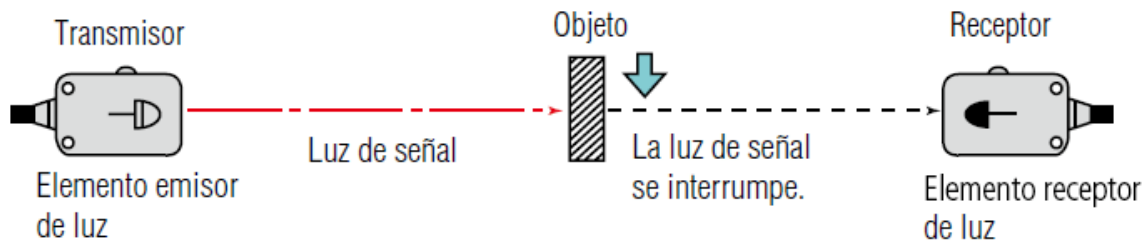



Figura 30 Modelo de barra
 Fuente: (Fidestec, 2010)

El transmisor y el receptor están separados cuando el objeto se encuentra entre el transmisor y el receptor, se interrumpe la luz dando como resultado el modelo retroreflectivo obtenido visualmente en las figura 30 y figura 31 (Fidestec, 2010).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

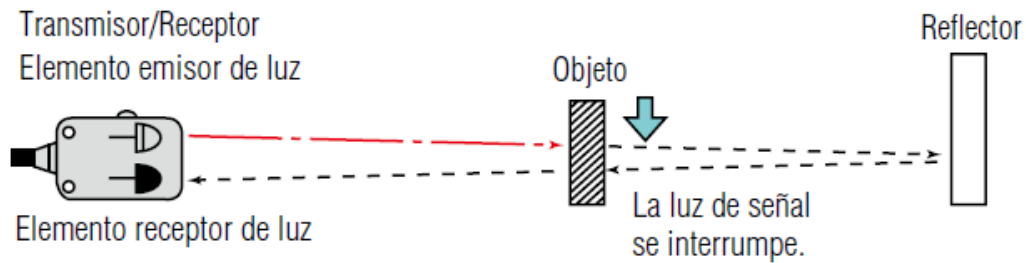



Figura 31 Modelo retroreflectivo
Fuente: (Fidestec, 2010)

Tanto el emisor de luz como los elementos receptores están contenidas en un mismo recinto. La luz del elemento emisor incide en el reflector y regresa al elemento receptor de luz. Cuando hay un objeto presente, se interrumpe la luz. (Fidestec, 2010)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de proyecto

Diseño investigativo.

3.2. Método

Inicialmente se realiza un flujo grama de trabajo que permite conocer el proceso detallado en el desarrollo para el proyecto planteado, donde se explica el diseño de la roladora y el algoritmo que se empleó para el procesamiento de imagen ver figura 32.

3.2.1. Utilización de fórmulas matemáticas

Para el desarrollo de este proyecto es necesario emplear unas fórmulas matemáticas que permiten conocer los diámetros, medias, esfuerzos, entre otros conceptos necesarios para su fabricación, y estas toman valores numéricos que se verán reflejados en el capítulo (4), de resultados donde se plantea la solución de cada una de las ecuaciones utilizadas.

} **Calculo de torque del motor eléctrico**

Identificando ya el proceso detallado del proyecto “diseño de una roladora industrial metalmeccánica de tres rodillos con dispositivo para medir diámetro por procesamiento de imagen”, se entra a emplear los modelos matemáticos para obtener soluciones que serán empleadas en el capítulo (4) de resultados; Comenzando por el cálculo del torque del motor eléctrico es necesario emplear las ecuaciones (1, 2,3), expresadas a continuación

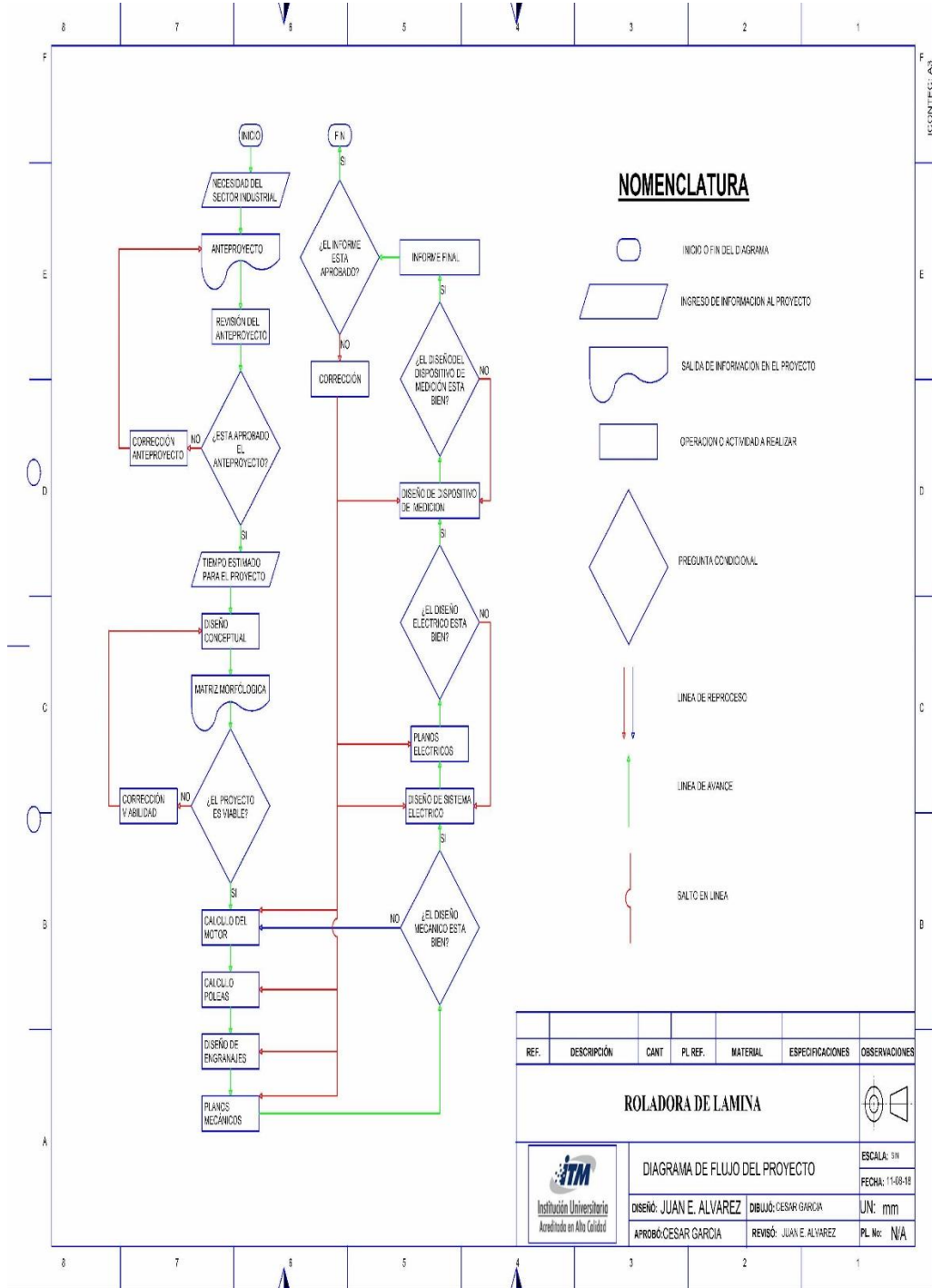



Figura 32 Flujo grama de trabajo
Fuente. Creación propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$P = T * W$$

Ecuación 1

Donde:

P = Potencia

T = Torque

W = Velocidad angular

$$Hp * \frac{Lbf \frac{ft}{seg}}{1 Hp}$$

Ecuación 2

Donde:

Hp = Caballos fuerza del motor

Lbf (ft/seg) = Unidad de medida (libra fuerza/segundos)

1Hp = El equivalente a un caballo en unidades de medida (Lbf (ft/seg))

$$Rpm * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}}$$

Ecuación 3

Donde:

Rpm = Velocidad del motor en (revoluciones por minuto)

2 = Cantidad numérica predeterminada


π = Pi (3,2415)

rad = Unidad de medida

rev = Unidad de medida (revoluciones)

seg = Unidad de medida (segundos)

min = Unidad de medida (minutos)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Empleadas las ecuaciones (2 y 3), permite pasar una cantidad numérica en una unidad a otra unidad de medida.

Se debe emplear la ecuación (4), para corregir la potencia en el caso que se emplee.

$$P_{\text{corregida}} = (Hp + \phi) * F_S * Fp$$

Ecuación 4

} **Calculo de diseño del sistema de transmisión**

Aplicada ya y obtenida la solución de la ecuación (1), se entra a emplear la ecuaciones (5 y 6), que permite determinar el sistema de transmisión, adicional a esto se extrae del libro de (Mott, 2006) velocidad tangencial de la correa que debe ser entre 2500 ft/min a 6500 ft/min; tomaremos 4000 ft/min para realizar los cálculos; Se emplea la ecuación (7), para pasar la velocidad tangencial a unidades de f/seg, la ecuación (8) permite convertir el radio de una a otra y mediante la ecuación (9) se determina el diámetro.

$$W = N * \pi * f$$

Ecuación 5

Donde:

W = velocidad angular

N = número en que varia


Π = Pi (3,1416)

f = Fuerza

$$Vt = W \times r$$

Ecuación 6

Donde:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Vt = Velocidad tangencial

W = Velocidad angular

r = Radio

$$Vt \frac{ft}{min} \times \frac{1 min}{60seg}$$

Ecuación 7

Donde:

Vt = Velocidad tangencial

ft = Unidad de medida (Fuerza tangencial)

min = Unidad de medida (minutos)

seg = Unidad de medida (Segundos)

$$ft \times \frac{12 in}{1 ft}$$

Ecuación 8

ft = Unidad de medida (fuerza tangencial)

in = unidad de medida (pulgada)

$$d = 2 * r$$


Ecuación 9

Donde:

d= Diámetro

2 = Numero predeterminado

Π= Pi (3,1415)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

} **Factor de servicio**

Es necesario implementar la ecuación (10), para determinar el factor de servicio que debe tener el sistema de diseño.

$$Pd = P_{motor} \times F_{servicio}$$

Ecuación 10

Donde:

P_d = Potencia de diseño del sistema

P_{motor} = Potencia del motor

$F_{servicio}$ = Factor de servicio sacado de la tabla

} **Calculo para diámetros de poleas**

Para determinar el diámetro de la polea es necesario emplear la ecuación (11) que permite definir las incógnitas a utilizar, determinando los diámetros y velocidades por medio de la tabla (Interacciones entre diámetros, velocidades angulares y potencia suministrada)

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{W_1}{W_2}$$

Ecuación 11


Donde:

D_2 = Diámetro

W_2 = Velocidad

} **Calculo para distancia entre centros**

Para determinar la distancia entre centros es necesario emplear la ecuación (12) o la ecuación (13) determinando el caso.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$D_2 < C < 3 \times (D_2 + D_1)$$

Ecuación 12

Donde:

D_2 = Diámetro

D_1 = Diámetro

C = Centro

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32 \times (D_2 - D_1)^2}}{16}$$

Ecuación 13

Donde:

C = Centro

B = Diámetro

Números: son predeterminados

Se emplea la ecuación 14 para determinar la longitud de la polea

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} * (D_2 + d) + \frac{(D_2 + d)^2}{4C}$$

Ecuación 14

Donde:


L = Longitud de la correa en mm

C = Distancia entre ejes

D = Diámetro de polea mayor

d = Diámetro de polea menor

Se emplea la ecuación (15) para determinar el ángulo de contacto (θ) de la correa que se vaya a utilizar.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$\theta_1 = 180 - 2 \times \text{sen}^{-1} \left[\frac{D_2 - D_1}{2 \times C} \right]$$

Ecuación 15

θ_1 = Angulo de contacto

Sen^{-1} = Seno inverso

D = Diámetro

C = Centro

Se emplea la ecuación (15), para analizar una relación entre velocidades angulares

$$R = \frac{W_1}{W_2}$$

Ecuación 16

Donde:

R = Relación de velocidades

W = velocidad angular

Se debe emplear la ecuación (17), para determinar el número de correas necesarias que se deben emplear.


$$N_{\text{Correas}} = \frac{P_{\text{corregida}}}{H_p}$$

Ecuación 17

N_{correas} = Numero de correas

$P_{\text{Corregida}}$ = Potencia corregida

H_p = Caballos fuerza

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

} **Cálculo de reductor sin-fin corona**

Para definir y calcular el momento de torque es necesario emplear las siguientes ecuación (18 y 19), según los datos obtenidos.

$$\frac{T_1}{r_1} = \frac{T_2}{r_2}$$

Ecuación 18

T = Torque numerado por secuencia

r = Radio numerado por secuencia

Se determina la ecuación (20), para efectuar y calcular la relación de velocidad desde diferentes incógnitas, y se emplea la ecuación (19), para determinar la relación de torques desde diferentes puntos de vista

$$R_t = \frac{n_p}{n_G} = \frac{N_G}{N_p} = \frac{R_G}{R_p} = \frac{D_G}{D_p}$$

Ecuación 19

Donde:

R_t = Relación de torque

N_G = Numero de dientes del sin-fin

N_w = Numero de hélices del tornillo

n_p = Revoluciones de la corona


n_G = Revoluciones del sin-fin

R_G = Radio sin-fin

R_p = Radio corona

D_G = Diámetro sin-fin

D_p = Diámetro corona

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$VR = \frac{np}{nG} = \frac{NG}{Np} = \frac{RG}{Rp} = \frac{DG}{Dp}$$

Ecuación 20

Donde:

VR = Relación de velocidad

NG = Numero de dientes del sin-fin

Nw = Numero de hélices del tornillo

np = Revoluciones de la corona

nG = Revoluciones del sin-fin

RG = Radio sin-fin

Rp = Radio corona

DG = Diámetro sin-fin

Dp= Diámetro corona

Se determina el diámetro exterior de la corona empleando la ecuación (21).

$$Dw = \frac{c}{N}$$

Ecuación 21


Donde:

Dw = Diámetro exterior de la corona

C = Distancia entre centros

N = Constante

Empleada la ecuación anterior es necesario emplear la ecuación (22) para recalcular la distancia entre centros sumando el Dw y DG.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$C = \frac{Dw + DG}{2}$$

Ecuación 22

Donde:

C= Distancia entre centros

Dw = Diámetro exterior de la corona

DG = Diámetro sin-fin

Para determinar el diámetro exterior del tornillo es necesario emplear al ecuación (23).

$$Dow = Dw + 2a$$

Ecuación 23

Donde:

Dow = Diámetro exterior del tornillo

Dw = Diámetro exterior sin-fin

a = Addendum

Se emplea la ecuación (24), para determinar la profundidad total

$$hT = \frac{Dow^2 + Dw^2}{Pd}$$

Ecuación 24


Donde:

hT = Profundidad total

Dow = Diámetro exterior del tornillo

Dw = Diámetro exterior sin-fin

Pd = Factor de servicio

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Se emplea la ecuación (25) para determinar la fuerza en sin-fin

$$FG = (Dow^2 + Dw^2)^{0,5}$$

Ecuación 25

Donde:

FG = Fuerza en el sin-fin

Dow = Diámetro exterior del tornillo

Dw = Diámetro exterior sin-fin

Se utiliza la ecuación (26) para determinar el

$$a = \frac{1}{Pd}$$

Ecuación 26

Donde:

a = Addendum

Pd = Factor de servicio

Para calcular el diámetro primitivo es necesario emplear la ecuación (27)


$$Dt = DG + 2a$$

Ecuación 27

Donde:

Dt = Diámetro primitivo

DG = Diámetro exterior del sin-fin

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Se determina la fuerza sobre la corona empleando la ecuación (28)

$$F_w = k \left[\frac{Dt^2}{k} - \left(\frac{DG}{k} - a \right)^2 \right]^{0,5}$$

Ecuación 28

Donde:

F_w = Fuerza sobre la corona

K = Constante

Dt = Diámetro primitivo

DG = Diámetro exterior sin-fin

} **Calculo de engranajes**

Para calcular la potencia del sistema de engranajes se debe implementar la ecuación (29)

$$P_s = (N * H_p) * ef$$

Ecuación 29

Donde:

P_s = Potencia del sistema de engranajes

N = Numero de correas


H_p = Caballos fuerza (se toma de la placa del motor)

ef = eficiencia en porcentaje

Para definir le diámetro primitivo es necesario emplear la ecuación (30)

$$D_p = \frac{N_p}{P_d}$$

Ecuación 30

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Donde:

D_p = Diámetro primitivo

N_p = Revoluciones del piñón

P_d = Factor de servicio

Para determinar el paso circular es necesario emplear la ecuación (31)

$$P_c = \frac{\pi}{P_d}$$

Ecuación 31

Donde:

P_c = Paso circular

Π = Pi (3,1415)

P_d = Factor de servicio

Se debe emplear la ecuación (32) para definir el diámetro exterior del piñón

$$D_{oP} = \frac{N_p + 2}{P_d}$$

Ecuación 32


Donde:

D_{oP} = Diámetro exterior del piñón

N_p = Numero de dientes del piñón

P_d = Factor de servicio

Se emplea el cálculo del diámetro exterior del engranaje con la ecuación (33)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$DoG = \frac{Np + 2}{Pd}$$

Ecuación 33

Donde:

DoG = Diámetro exterior del engranaje

Np = Numero de dientes del piñón

Pd = Factor de servicio

Es necesario calcular la raíz de diente empleando la ecuación (34)

$$D \text{ raíz} = Dp - 2b$$

Ecuación 34

Donde:

D raíz = Raíz de diente

Dp = Diámetro primitivo

a = Addendum

Se define la altura total del diente mediante la implementación de la ecuación (35)

$$Ht = a_1 + a_2$$

Ecuación 35


Ht = Altura total del diente

a₁ = Addendum con número de secuencia por que se calculó en varios puntos

Se empleara la ecuación (36), para definir la profundidad del trabajo

$$Hk = 2a$$

Ecuación 36

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Donde:

Hk = Profundidad del trabajo

a = Addendum

Se define y se debe implementar la ecuación (37), para calcular el torque transmitido al engranaje recto

$$t = \frac{\pi}{2 * Pd}$$

Ecuación 37

Donde:

t = Torque transmitido al engranaje recto

Pd = Factor de servicio

$\Pi = \text{Pi (3,1415)}$

Se emplea la ecuación (38) para calcular la distancia entre centros en el engranaje

$$C = \frac{Np + NG}{2Pd}$$

Ecuación 38

Donde:


C = Distancia entre centro del engranaje

Np = Numero revoluciones del piñón

NG = Numero de revoluciones de la rueda

Pd = Factor de servicio

Para definir el diámetro del círculo de base del piñón se emplea la ecuación (39)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$DbP = Dp * \cos \phi$$

Ecuación 39

DbP = Diámetro de base del piñón

Dp = Diámetro primitivo

Cos θ = Coseno del ángulo

} **Análisis de torque y fuerza en un tornillo de potencia**

Es necesario emplear la ecuación (40) para determinar la carga que puede mover o desplazar el tornillo promedio de los torques, la ecuación (41) permite definir la fuerza que requiere para mover dicha carga, se emplean las ecuación (42,43,44) para determinar los torque de (desplazamiento, rotación y avance), empleando la ecuación (45) se obtendrá el torque total.

$$P = mx * g$$

Ecuación 40

Donde:

P = Carga a mover

m = Masa del cuerpo (kg)

g = Constante de la gravedad o aceleración (m/s)

$$Fx = mx * g$$


Ecuación 41

Donde:

F = Fuerza

m = Masa del cuerpo (kg)

g = Constante de la gravedad o aceleración (m/s)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$T_{ro} = \mu c * P_{carga} * \frac{dc}{2}$$

Ecuación 42

T_{ro} = Torque de rodamiento

μc = Carga

P_{Carga} = Potencia de carga

dc = Diámetro del centro

$$T_{de} = \frac{(P)(dp)}{2} \left[\frac{\mu \pi dp - L}{(\pi dp - \mu L)} \right]$$

Ecuación 43

Donde:

T_{de} = torque de desplazamiento

P =

dp = Diámetro primitivo

L = longitud

$\Pi = \text{Pi} = (3,1415)$

$$Tg \lambda = \frac{Lx}{\pi * dp}$$

Ecuación 44


Donde:

$Tg\lambda$ = Torque de avance

Lx = Longitud perpendicular

$\Pi = \text{Pi} (3,1415)$

dp = Diámetro primitivo

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$T_t = \sum T_{de} + T_{ro}$$

Ecuación 45

Donde:

T_t = Torque total

Σ = Sumatoria

T_{de} = Torque desplazamiento

T_{ro} = Torque de rodamiento

Calculado lo anterior se empleara las ecuaciones (46,47) que permitirá definir el esfuerzo en el tornillo y el factor de seguridad en el mismo.

$$\sigma_t = \frac{F}{A_t}$$

Ecuación 46

σ_t = Esfuerzo en el tornillo

F = Fuerza

A_t = área del tornillo

$$N = \frac{S_y}{\sigma_t}$$


Ecuación 47

Donde:

N = Factor de seguridad

S_y =

σ_t = Esfuerzo del tornillo

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

} Análisis y cálculo de la barra

Se emplea la ecuación (48) para iniciar con el cálculo de diseño desde la vista lateral.

$$M = F * d$$

Ecuación 48

Donde:

M = Momento

F = Fuerza

d = Distancia

Para el análisis en los puntos determinados se emplean las ecuaciones (49,50, 51, 52,53).

$$\tau = \frac{V * Q}{I * \tau}$$

Ecuación 49

Donde:

τ = Torque

T = Esfuerzo permisible


I = Punto de inercia

V = Vector fuerza

Q = Volumen de sección

$$I = \frac{\Pi}{64}$$

Ecuación 50

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Donde:

I = Punto de inercia

$\Pi = \text{Pi} (3,1415)$

$$Q = A * y$$

Ecuación 51

Donde:

Q = Volumen de sección

A = Área

y = Deformación unitaria

$$\frac{\tau}{y_z}$$

Ecuación 52

Donde:

$\tau = \text{Torque}$

$y_z = \text{Plano de análisis para esfuerzos}$

$$\tau_B = \frac{M * C}{I}$$

Ecuación 53


Donde:

$\tau_b = \text{Esfuerzo permisible en B}$

M = Momento

C = Esfuerzo a la tensión

I = Punto de inercia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Para definir los esfuerzos principales se emplean la ecuación (54).

$$T_{\text{Promedio}} = \frac{\sqrt{x} + \sqrt{y}}{2}$$

Ecuación 54

Donde:

P_{promedio} = Torque promedio

Se emplea la teoría cortante máxima para definir resistencia de fluencia al corte empleando las ecuaciones (

$$\tau_{\text{max}} = \frac{Ssy}{N}$$


Ecuación 55

Donde:

τ_{max} = Torque máximo

Ssy = resistencia de fluencia al corte

N = Factor de seguridad

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diseño conceptual


Inicialmente se realiza una matriz morfológica que va a permitir identificar los pasos para realizar el un proyecto.

Se explica de manera muy superficial la distribución de la matriz morfológica, con el fin de que en la explicación literal se pueda interpretar de una manera más fácil su desarrollo.

Inicialmente se habla de la línea amarilla, este color representa una propuesta de elementos con tendencias a hacer una máquina de mayor precisión; Después se encuentra la franja roja, la cual pretende manejar mecanismos muy robustos pero posiblemente con menos detalle de precisión que la anterior; Para continuar hablando de las virtudes de cada color se pretende generar una línea muy académica de color verde, este color represente la tendencia a elementos muy delicados y poco industriales; También se genera una línea café que representa a los elementos más viables para ejecutar el proyecto; También como se tienen sugerencias que por el contrario son poco viables, se genera un color purpura que representa una idea que puede dejar una propuesta diferente a futuro.

4.1.1. Función 1 Tipos de energía:

} **Térmica:** A pesar de ser una fuente de energía muy común en la ciudad, para este caso no tiene mucha aplicación, pero se puede tener presente para mejoras posteriores en la máquina.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

} **Mecánica:** Es una fuente muy común de energía no solo en la ciudad sino en todo el país, inicialmente para este caso la energía mecánica puede ser una buena alternativa debido a que todavía es una maquina convencional de la industria y cuenta con muchos sistemas mecánicos.

} **Eléctrica:** Esta es de las formas más fácil de transportar la energía en la industria ya que EPM cuenta con líneas de transmisión muy buenas.

} **Solar:** Este tipo de energía es muy nueva, todavía tiene un mundo grande por explorar lo que la hace viable, pero con tremendas mejoras por delante para tener presente.


4.1.2. Función 2: Fuente de energía

Pilas: Son objetos muy comerciales y utilizan poco espacio, pero tienen la gran limitación de manejar voltajes muy pequeños y esto la hace casi inútil para el proyecto.

} **Paneles Fotovoltaicos:** Son tableros que utilizan la radiación solar para transformarla en energía eléctrica, a pesar de ser viable genera desconfianza debido a que no todos los días todo el día se cuenta con una radiación constante.

} **Red pública:** En este caso es bastante viable este ítem gracias a que la ciudad cuenta con una distribución de energía muy alta, muy estable y muy económica a comparación con otras fuentes.

} **Fuente de 24V DC:** Este tipo de fuentes son conocidos también como convertidores, tienen la gran limitante que entregan voltajes muy bajos cuando se habla de fuentes económicas, por ello se considera poco viable para abastecer una máquina de gran envergadura.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

4.1.3. Función 3: Encendido y apagado

} **Pulsador manual:** esta solución es bastante sencilla, consta en interrumpir o permitir el paso de la corriente con un pulsador de enclavamiento mecánico, para dar función a la estructura mecánica.

} **Celular:** Esta propuesta puede dar función de una manera remota al mecanismo, consta en tener un control remoto por medio de una llamada telefónica, es aprovechar la tecnología innata en beneficio de la seguridad y la protección.


} **Computador:** Es muy similar a la solución anterior con esta solución se puede dar función de una manera remota al mecanismo, consta en tener un control remoto por medio de internet, es aprovechar la tecnología Ethernet en beneficio de la integridad física de los operarios.

} **HMI:** Esta opción es bastante buena, pero requiere de un controlador de mucha potencia para trabajar en conjunto, esta interfaz requiere de una gran inversión económica que la hace quedar a un lado de la propuesta.

4.1.4. Función 4: Controlador

} **Micro procesador:** Es un dispositivo bastante potente, pero tiene la gran falencia que su manipulación es muy costosa ya que requiere de otros dispositivos, normalmente este dispositivo se fabrica cuando son cadenas de producción para muchas máquinas y esto lo vuelve en algo poco útil para este caso.

} **Variador:** Es un dispositivo bastante útil en la industria, es muy comercial y de fácil manipulación, este equipo funciona como controlador y protección de la máquina, es

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

por esta razón que hace parte de los accesorios a tener presentes para la fabricación de este proyecto.

} **PLC:** Este dispositivo es muy robusto, lo cual, lo hace muy estable pero costoso, es de tener presente que la diferencia en precio es abismal respecto a otros elementos y la parte de comunicación remota está muy restringida, además, el volumen y peso es considerable a la hora de transportar.


} **Micro controlador:** Es un circuito electrónico integrado que maneja poco voltaje, este dispositivo es fácil de reemplazar y programar, llegada la necesidad de generar cambios en la secuencia y en los tiempos es muy fácil de modificar. Esta opción se asimila mucho a una tarjeta de Arduino uno y un micro procesador.

4.1.5. Función 5: Sensores de seguridad

} **Presión:** La variable de peso es muy común y útil, para esta aplicación se trabaja con celdas de carga que indican que el operario está bastante cerca a la máquina y se debe pausar el proceso del momento abriendo el circuito eléctrico.

} **Fotoeléctrico:** Un sensor fotoeléctrico es bastante útil para los sistemas debido a que no entorpece el proceso, es decir cuando se corta el reflejo de luz emitido, la máquina debe disminuir a una tercera parte la velocidad de su funcionamiento nominal, indicando de esta forma que el operario está en una zona de alerta.

} **Capacitivo:** Es un tipo de sensor eléctrico, en esta ocasión no va a ser de mucha utilidad debido a que su longitud o alcance de función es muy reducido, además, de que es un elemento muy costoso cuando se habla de equipamientos industriales.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

} **Presencia:** Es un dispositivo electrónico equipado de sensores que responden a un movimiento físico. Se encuentran generalmente en sistemas de seguridad o en circuito cerrado de televisión, su funcionamiento se produce más para zonas residenciales que industriales, debido a que se puede ver afectado por los ruidos generados por la inductancia de la máquina.

4.1.6. Función 6: Conversión de energía


} **Servomotor:** es un mecanismo bastante útil gracias a su gran torque y precisión, el volumen o espacio que ocupa es muy pequeño, a diferencia de otros motores es muy costoso, idealmente no se utiliza para altas velocidades.

} **Motor DC:** Es un motor muy utilizado para los casos donde se debe conectar y desconectar la energía con una alta frecuencia; este requiere normalmente de un reductor externo para incrementar el torque y su velocidad de trabajo es bastante buena.

} **Motor trifásico:** Es una máquina eléctrica rotativa, capaz de convertir la energía eléctrica trifásica suministrada, en energía mecánica. La energía eléctrica trifásica origina campos magnéticos rotativos en el bobinado del estator lo que provoca que el arranque de estos motores no necesite circuito auxiliar, son más pequeños y livianos que uno monofásico de inducción de la misma potencia, debido a esto su utilidad representa un costo menor y lo vuelve en una solución bastante viable para la roladora.

} **Motor pasó a paso:** Es un motor de alta precisión y fuerza, no es tan fácil de conectar como un motor DC ni maneja altas velocidades, representa mayor utilidad en procesos de control cerrado.

4.1.7. Función 7: Ubicación de los rodillos

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

} **Tornillo de sujeción:** en esta ocasión el tornillo cumple con su función de tornillo de potencia para desplazar el rodillo central de forma vertical, pero más importante que esto, es que funciona como tornillo de sujeción con el fin de evitar que la posición del rodillo tenga varianza.

} **Motor con tornillo:** Para poder tener una opción de control externo se propone un tornillo acoplado a un motor, para lograr de esta forma un control eléctrico o electrónico sobre la posición del rodillo superior.


} **Diferencial:** Esta opción de un diferencial se realiza con el fin de mejorar el control en la variable de longitud, teniendo una ubicación más precisa en la distancia entre centros de los rodillos dobladores.

} **Pistón hidráulico:** Los cilindros hidráulicos son mecanismos que constan de un cilindro dentro del cual se desplaza un émbolo o pistón, y que transforma la presión de un líquido mayormente aceite en energía mecánica (también llamados motores hidráulicos lineales) son actuadores mecánicos que son usados para dar una fuerza a través de un recorrido lineal, lo que no convence de esta opción es el requerir una bomba hidráulica y la falta de precisión en la ubicación del embolo.

4.1.8. Función 8: Velocidad en rodillos

} **Frecuencia:** La velocidad se puede controlar mediante el control de la frecuencia en el variador, esto refuerza la viabilidad en la compra de un variador de velocidad como dispositivo de control y protección.

} **Transmisión por banda:** Este sistema propone una variedad o cambios de velocidad mediante mecanismos, lo que se debe tener presente es que el montaje requiere de algo de tiempo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

} **Transmisión dentada:** Al igual que la transmisión por banda es un mecanismo que varía el torque o la fuerza del sistema, y también la velocidad de función, es algo muy común y sirve para mover varios mecanismos en paralelo o forma simultánea.

} **PWM:** Es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica, es decir, es un control electrónico que requiere de algunos dispositivos tanto para acondicionar su señal, como para controlar su salida en la potencia, por ser tan complejos estos sistemas no se recomienda esta solución.

4.1.9. Función 9: Medición de diámetros

} **Galga diametral:** la galga diametral consiste en tener una cantidad determinada de plantillas que forman una concavidad para entrar en cada diámetro designado, se consideran patrones de medidas fijas

} **Procesamiento de imagen:** El procesamiento digital de imágenes es el conjunto de técnicas que se aplican a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar la calidad o facilitar la búsqueda de información, esta solución no está limitada ni por precisión ni por tamaño, lo que la convierte en la solución número uno de esta propuesta

} **Flexómetro:** Una cinta métrica, un flexómetro o simplemente metro es un instrumento de medida que consiste en una cinta flexible graduada y que se puede enrollar, haciendo que el transporte sea más fácil. También con ella se pueden medir líneas y superficies curvas, desafortunadamente no es la solución más precisa que se propone.

} **Galga telescópica:** La galga telescópica se utiliza para medidas muy precisas, están fabricadas especialmente para adaptarse a las medidas de los diámetros internos, y luego ser medidas con un micrómetro, a pesar de ser una opción de mucha precisión, está muy limitada a tamaños muy pequeños.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

4.2. Matriz morfológica

La solución de color café por ser la más viable es la predilecta para la fabricación de la máquina, teniendo presente la economía del proyecto, la fuerza requerida, la precisión necesaria, la vida de utilidad de los componentes y en especial la seguridad de la integridad del operario, son parámetros esenciales para desarrollar los cálculos y diseños de los puntos más críticos del sistema.

Teniendo esto presente se propone el desarrollo del proyecto por medio de pautas dadas mediante la explicación de una matriz morfológica que se explica y se evidencia en la tabla 11, explicando la función y la solución por medio de nomenclaturas determinadas.


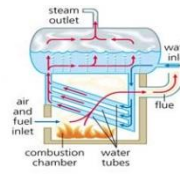















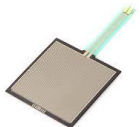





 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 1

Matriz morfológica

<i>Función/Solución</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Tipos de energía	Térmica 	Mecánica 	Eléctrica 	Solar 
Fuente de energía	Pilas 	Paneles fotovoltaicos 	Red pública 	Fuente 24V DC 
Encendido y apagado	Pulsador manual 	Celular 	PC 	HMI 
Controlador	Micro procesador 	Variador 	PLC 	Micro controlador 
Sensores de seguridad	Presión 	Fotoeléctrico 	Capacitivo 	Presencia 

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22


				
Conversión de energía	Servomotor	Motor DC	Motor trifásico	Motor a paso
Ubicación de los rodillos	Tornillo de sujeción	Motor	Diferencial	Pistón hidráulico
Velocidad en rodillos	Frecuencia	Transmisión banda	Transmisión dentada	PWM
Medición de diámetros	Galga diametral	Procesamiento de imagen	Flexómetro	Telescopio

Fuente. Eelaboración propia

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

4.2.1. La solución: ● En la solución de esta línea roja se comienza con un tipo de energía eléctrica, la cual es muy común en nuestro medio residencial e industrial; Después se transforma la energía alterna “AC” en una señal continua “DC” de 24V por medio de una fuente o conversor; Con este conversor se alimenta una pantalla HMI dactilar para controlar por medio de botones digitales el funcionamiento de la maquina; Como este artefacto HMI requiere de un controlador que la gobierne se conecta a un PLC con función de maestro; Para poder imitar la sensibilidad por medio de la electrónica se utiliza un sensor de presencia, el cual se conecta a la entrada del controlador PLC; El actuador a controlar para esta propuesta es un servomotor el cual más que robusto brinda una gran estabilidad en el sistema; Como esta línea es bastante industrial, se propone un cilindro hidráulico para el posicionamiento del rodillo central, es de tener presente que este requiere de una bomba hidráulica como fuente de su buen funcionamiento; Para la velocidad en los rodillos se propone un sistema de reducción de velocidad por medio de un sinfín piñón que brinda mucho torque; Por último se trabaja la medición de los diámetros en las láminas con galgas diametrales.


4.2.2. La solución: ● En la solución de esta línea verde se comienza con un tipo de energía solar el cual es muy rentable y poco contaminante; Esta energía solar se puede aprovechar por medio de paneles fotovoltaicos que convierten la energía solar a energía eléctrica; Como esta propuesta es bastante delicada se presta para ser una propuesta muy académica e investigativa, y a su vez se presta para ser encendida y apagada desde un computador ya sea por comunicación alámbrica o inalámbrica; El controlador para esta propuesta es muy pequeño como su nombre lo indica es un micro controlador, el cual brinda facilidad a la hora de ser reprogramable; El estudio del estado actual de la maquina lo brinda un sensor de presión, el cual debe estar muy cerca de la maquina; El actuador a controlar es un motor DC, el cual tiene la virtud de no sufrir mucho desgaste ante la conexión y desconexión rápida y frecuente; Para la ubicación de los rodillos se propone el juego de ruedas dentadas que pueden brindar una alta durabilidad sin requerir de mucho mantenimiento; Para el control de la velocidad se propone una transmisión por banda que

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

garantiza que la velocidad del sistema sea muy constante ya que se trata de un control netamente mecánico; Por último se propone una medición de los diámetros de una forma muy manual, económica y liviana con un flexo metro.

4.2.3. La solución: ● En la solución de esta línea amarilla se comienza con un tipo de energía mecánica, la cual puede provenir de generadores eólicos; como fuente de almacenamiento de energía en una segunda estancia se requiere de pilas recargables que tienen un problema hoy día por su alta contaminación al ambiente; Para su propósito de encendido y apagado se recomienda un control desde un dispositivo móvil “celular”, ya que este equipo es de fácil manejo y es portable; Como esta propuesta está muy enfocada a la alta precisión, se acompaña el proceso de un procesador para un control muy adecuado; Para el verificar el estado de la maquina se proponen los sensores capacitivos, los cuales tienen un problema de poco alcance en su campo de acción; Para el control de desplazamiento se proponen dos motores paso a paso tanto para el movimiento de los rodillos, como para la ubicación de estos, el propósito es tener un control de desplazamiento muy detallado; Para la velocidad de los motores se propone un control de velocidad con la técnica llamada PWM; Por ultimo en este proceso se requiere de una galga telescópica, la cual tienen un rango de acción muy limitado pero altamente preciso.

4.2.4. La solución: ● En la solución de esta línea café se propone un modelo muy viable, el cual consta inicialmente de un tipo de energía eléctrica; Su acceso es por medio de una red pública, que como su nombre lo indica es una alimentación publica y fácil de conseguir y maniobrar; El encendido y apagado de la maquina es muy mecánico y simple, se propone un pulsador manual; Para la etapa del control se propone un equipo llamado variador de velocidad o frecuencia el cual, más que un equipo de control es de protección; En la propuesta para sensor de seguridad, se requiere de un sensor fotoeléctrico ya que este cuenta con un alto rango de funcionalidad y requiere de poco mantenimiento por lo que funciona con luz infrarroja y su desgaste es mínimo; Como actuador se propone un motor trifásico que brinde mucha potencia a pesar de su carencia de precisión; Para la posición de

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

los rodillos se propone un tornillo de sujeción manual, el cual se convierte en la propuesta más económica para desempeñar esta función; Para la velocidad de motores se no se requiere de un equipo adicional ya que esta función puede ser generada por el mismo equipo de control “variador de frecuencia” y se genera de esta forma un control muy centralizado; Para el buen desempeño en este método se utiliza un método de dimensionamiento de los diámetros por medio de procesamiento de imágenes, lo que requiere de un equipo con pocas características, y representa el dimensionamiento altamente preciso casi que para cualquier tamaño de la lámina.

4.2.5. La solución: ● En la solución de esta línea purpura solo puede proponer una fuente térmica como es el caso de las calderas, esta iniciativa se deja abierta y solo hasta esta estancia, con el fin de que en un proyecto a futuro se pueda utilizar para otros métodos de rolado por temperatura o técnicas en el resto del proceso.

Para finalizar se recuerda que esta etapa es de un diseño conceptual, lo cual quiere decir que sus diversos procesos pueden variar o se pueden combinar con el propósito de una mejor propuesta de trabajo para la máquina.

4.3. Implementación de fórmulas utilizadas en el desarrollo del proyecto

4.3.1. Calculo del torque transmitido por el motor: Se entra a realizar los cálculos para definir que Motor eléctrico se debe emplear, ya que cualquier motor no puede ser el adecuado porque no cuenta con la capacidad necesaria para darle la potencia requerida a la máquina, de acuerdo a lo anterior se define que se requiere un motor eléctrico trifásico marca siemens con las siguientes características evidenciado su forma y placa en la figura 33.

- } Potencia: 12 HP o 9 KW
- } Volt: 220 voltios

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

- } Velocidad: 1750 RPM
- } Factor de potencia o $\cos \phi$: 0,89
- } Frecuencia: 60 Hz


Como se sabe, los motores eléctricos entregan grandes velocidades angulares, pero bajo torque, lo cual puede ser modificado con un variador de velocidad, el cual es el encargado de cambiar la velocidad angular variando su frecuencia.



Figura 33 Motor eléctrico trifásico marca siemens
Fuente: elaboración propia

Para el rolado de lámina lo importante es contar con el torque suficiente, capaz de generar esfuerzos de compresión y fuerzas axiales que superen el límite de fluencia del material; además esta máquina puede rolar diferentes tipos de láminas en las cuales debe variar el esfuerzo a que estas son sometidas.

- } Potencia: 12 Hp o 7,65 Hp
- } Velocidad: 1750 RPM

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Se calcula la potencia del motor con los datos de placa y empleando la ecuación (2), que permite convertir las unidades de Hp (Caballos fuerza) a Lbf. Ft/seg, denotada en el capítulo (3), que nos habla de la metodología y el método a emplear denotada en la solución (1), se emplea la ecuación (2) para pasar la velocidad dada en Rpm a rad/seg (radianes/segundos), expresada en la solución (2), se ejecuta la ecuación (1), ya que permite calcular el torque del motor sustituyendo los valores obtenidos en las soluciones (1,2), y determinando el valor del torque en la solución (3).

$$12 \text{ hp} \times \frac{550 \text{ Lbf.} \frac{\text{ft}}{\text{seg}}}{1 \text{ hp}} = 6600 \text{ Lbf.} \frac{\text{ft}}{\text{seg}}$$

Solución 1 (ecuación 2)


$$1750 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 183,2551 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

Solución 2 (ecuación 3)

$$T = \frac{6600 \frac{\text{Lbf.ft}}{\text{seg}}}{183,2551 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}} = 36,01 \text{ Lbf. ft}$$

Solucion 3 (ecuación 1)(solucion 1,2)

Es importante destacar que este torque puede variar, si varía la velocidad del motor, la cual es modificada cada vez que se altera su frecuencia mediante un variador ubicado en el sistema de control de la máquina. Por ejemplo, si la frecuencia aumenta el torque disminuye y si la frecuencia disminuye el torque aumentara, siendo directamente proporcionales una a la otra.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Definida ya la potencia del motor, el torque y la velocidad, se entra a calcular el sistema de transmisión que nos va a permitir conocer las correas a implementar.

4.3.2. Diseño del sistema del sistema de transmisión: Según lo recomendado se debe utilizar en la primera etapa un sistema de transmisión por correa el cual aumentará el torque y disminuirá la velocidad del motor (Mott, 2014), se debe emplear la ecuación (6), para pasar la velocidad tangencial a (fuerza tangencial/segundos); obteniendo su valor numérico en la solución (4), y empleando la ecuación (5), sustituyendo el valor de la solución (2) y la solución (4), para determinar el radio de transmisión se emplea la ecuación (7) para pasar el valor del radio de una unidad a otra, y así poder aplicar la ecuación (8), sustituyendo valores de la solución (6) para determinar el diámetro, denotando su expresión en la solución (7).

$$4000 \frac{ft}{min} \times \frac{1 min}{60 seg} = 66,667 \frac{ft}{seg}$$

Solucion 4 (ecuación 6)

$$r = \frac{66,667 \frac{ft}{seg}}{183,2551 \frac{rad}{seg}} = 0,3638 \frac{ft}{seg}$$


Solucion 5 (Ecuacion 5)

$$0,3638 ft \times \frac{12 in}{1 ft} = 4,3656 in$$

Solucion 6 (Ecuación 7)

$$d = 2 * 4,3656 = 8,73 in$$

Solucion 7 (Ecuación 8)(solucion6)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Se calcula un factor de servicio (Fs.) de 1,2 el cual corresponde a trabajo normal o menor a 6 hr/día. Ese valor es tomado de la tabla 2 (Intermec, 2016).


Tabla 2

Factores de servicio

TIPOS DE MÁQUINAS O EQUIPOS	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO
Agitadores para líquidos Sopladores y aspiradoras Transportadores de trabajo ligero Ventiladores de hasta 10 caballos de fuerza	1.1	1.2	1.3
Transportadores de banda para arena, grano, etc Bombas rotativas de desplazamiento positivo Máquinas herramientas Maquinaria de lavandería Mezcladores de masa Ejes de línea Generadores Maquinaria de imprenta Taladros-prensas-cortadores Cribas giratorias y vibratorias Ventiladores de mas de 10 caballos de fuerza	1.2	1.3	1.4
Maquinaria para aserrios y trabajos en madera Transportadores (arrastre o tornillo) Compresores de pistón Molinos de martillo Pulverizadores Excitadores Maquinaria textil Bombas de pistón Elevadores cangilones Maquinaria para ladrillos Sopladores de desplazamiento positivo	1.4	1.5	1.6
Trituradoras (giratorias-mandibula-rodillo) Extrusoras-molinos de caucho Molinos de bolas Malacates	1.5	1.6	1.8

Fuente. Extraída de Intermec, 2016)

4.3.3. Diseño y cálculo de la potencia del sistema o diseño: Comúnmente con la potencia de diseño y la velocidad angular de la polea de entrada se puede seleccionar el tipo de banda recomendada, existen diversos tipos de gráficas y tablas con las cuales se puede seleccionar un tipo de correa específica, una de ellas se denota en la fig. 33. Actualmente existen diferentes tipos según la potencia a transmitir, podemos encontrar desde trabajo liviano identificadas con número del (1 al 5), y la letra L, las clásicas identificadas por las letras (A, B, C, D y E), las de alta capacidad identificadas por números como (3, 5,8 y la letra V y X), si utilizamos las figuras 34, 35 y 36, sacadas de (Intermec, 2016), para

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

calcular que tipo de banda en V puede servir; se puede apreciar que una banda de (3V y 3VX) sería satisfactoria, debido a que es una banda recomendada, se calcula el factor de servicio empleando la tabla (2), se determina como factor de servicio el (1,2 de servicio normal), permitiendo determinar y calcular la potencia del sistema de diseño empleando la ecuación (9), y denotando su valor numérico en la solución (8).

$$P_d = 12 \text{ hp} \times 1,2 = 14,4 \text{ hp}$$

Solucion 8 (ecuación 9)

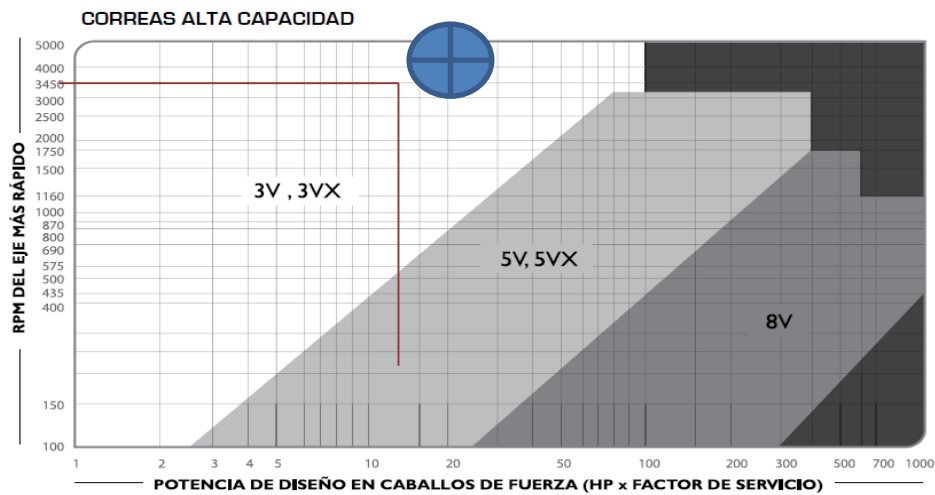



Figura 34 Tipo de banda recomendada
 Fuente:(Intermec, 2016)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

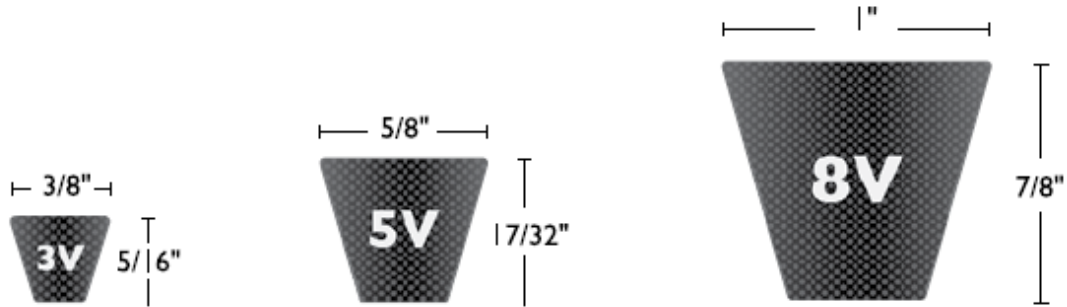


Figura 35 Tipo y dimensiones de bandas de alta capacidad
Fuente:(Intermec, 2016).

Obteniendo el tipo y las dimensiones de bandas detalla capacidad, se puede apreciar que una banda clásica tipo C la cual se puede visualizar en la figura 37, en tipos de bandas recomendadas.

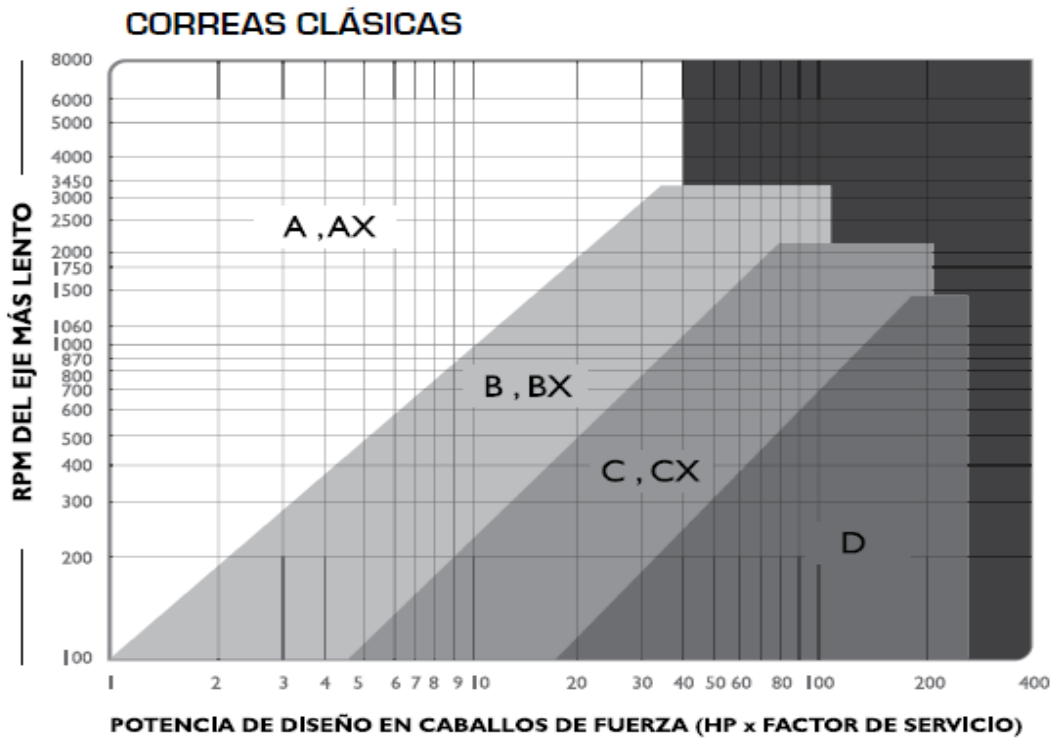



Figura 36 Tipo de banda recomendada
Fuente:(Intermec, 2016)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

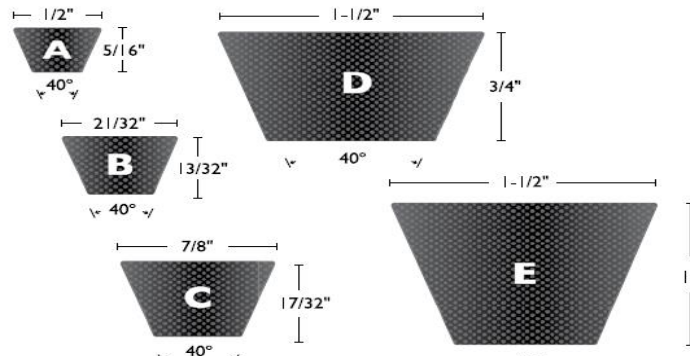


Figura 37 Tipos y dimensiones de bandas clasificadas

Fuente:(Intermec, 2016).

Como tenemos el diámetro de la polea menor $D1 = 9$ pulgadas y la velocidad angular $W = 1750 \text{ Rpm}$, podemos calcular la potencia que cada corra puede transmitir, se obtiene un valor de la potencia por correa, ya obtenido este valor se analizan las tablas (3,4 y 5) donde se define el valor obtenido; de la tabla 3, la cual especifica potencia de transmisión por correa de alta capacidad, ya definido esto se determina que tipos y diámetros de bandas son las clasificadas para entrar a seleccionar (Intermec, 2016).

Tabla 3
Potencia transmisión por correa de alta capacidad

TABLA DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL (EN HP)										CORREAS TIPO 3V
Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)										RPM del Eje más Rápido
115	120	125	135	140	150	165	175	200	270	
0.37	0.40	0.43	0.47	0.50	0.55	0.61	0.65	0.78	1.07	100
0.70	0.75	0.81	0.88	0.95	1.04	1.15	1.23	1.48	2.04	200
1.01	1.10	1.17	1.27	1.37	1.50	1.66	1.80	2.14	2.95	300
1.30	1.40	1.52	1.64	1.77	1.94	2.15	2.32	2.78	3.84	400
1.60	1.72	1.85	2.00	2.17	2.37	2.63	2.84	3.40	4.70	500
1.87	2.02	2.18	2.37	2.55	2.80	3.10	3.35	4.00	5.53	575
2.10	2.30	2.47	2.68	2.89	3.17	3.55	3.80	4.54	6.26	600
2.14	2.32	2.50	2.70	2.93	3.20	3.56	3.84	4.60	6.34	700
2.20	2.40	2.58	2.80	3.02	3.30	3.67	3.96	4.74	6.54	725
2.40	2.60	2.80	3.05	3.30	3.60	4.00	4.32	5.18	7.13	800
2.60	2.80	3.03	3.30	3.55	3.90	4.35	4.65	5.58	7.67	870
2.67	2.90	3.12	3.40	3.66	4.00	4.45	4.80	5.74	7.90	900
2.80	3.04	3.27	3.55	3.84	4.20	4.67	5.03	6.02	8.28	950
2.93	3.17	3.42	3.72	4.00	4.40	4.88	5.25	6.30	8.65	1000
3.18	3.45	3.72	4.04	4.35	4.78	5.30	5.72	6.84	9.37	1100
3.33	3.60	3.90	4.23	4.57	5.00	5.55	6.00	7.16	9.80	1180
3.43	3.72	4.00	4.36	4.70	5.15	5.75	6.17	7.37	10.07	1200
3.67	3.98	4.30	4.67	5.04	5.53	6.13	6.60	7.90	10.75	1300
3.90	4.25	4.58	4.98	5.37	5.90	6.53	7.03	8.40	11.40	1400
3.97	4.30	4.65	5.05	5.45	5.98	6.63	7.14	8.52	11.55	1425
4.15	4.50	4.85	5.28	5.70	6.24	6.90	7.45	8.88	12.02	1500
4.38	4.75	5.13	5.57	6.00	6.50	7.20	7.85	9.36	12.52	1600
4.60	5.00	5.40	5.86	6.35	6.90	7.65	8.25	9.85	13.03	1700
4.72	5.13	5.53	6.00	6.48	7.10	7.85	8.46	10.05	13.45	1750
4.83	5.25	5.65	6.15	6.63	7.25	8.04	8.65	10.27	13.73	1800
5.05	5.50	5.92	6.43	6.93	7.60	8.40	9.03	10.70	14.24	1900
5.27	5.72	6.17	6.70	7.22	7.95	8.75	9.40	11.15	14.72	2000
5.48	5.95	6.42	6.97	7.50	8.25	9.10	9.76	11.53	15.16	2100
5.70	6.18	6.66	7.23	7.80	8.52	9.42	10.10	11.92	15.57	2200

Fuente: (Intermec, 2016)


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Tabla 4
Potencia transmitida por correa de alta capacidad

TABLA DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL (EN HP)										CORREAS TIPO 3VX	RPM del Eje más Rápido
Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)											
115	120	125	135	140	150	165	175	200	270		
0,39	0,42	0,45	0,48	0,52	0,56	0,62	0,67	0,79	1,08	100	
0,74	0,80	0,85	0,92	0,98	1,07	1,18	1,27	1,50	2,05	200	
1,07	1,16	1,24	1,33	1,43	1,56	1,70	1,84	2,18	2,98	300	
1,40	1,50	1,60	1,73	1,86	2,03	2,23	2,40	2,85	3,80	400	
1,70	1,84	1,97	2,13	2,28	2,48	2,74	2,94	3,50	4,77	500	
1,94	2,10	2,24	2,40	2,60	2,82	3,10	3,34	3,97	5,42	575	
2,02	2,17	2,33	2,50	2,70	2,93	3,23	3,47	4,13	5,63	600	
2,30	2,47	2,64	2,86	3,06	3,33	3,67	3,95	4,70	6,40	680	
2,32	2,50	2,68	2,90	3,10	3,38	3,72	4,00	4,75	6,48	700	
2,40	2,58	2,76	2,98	3,20	3,49	3,84	4,13	4,90	6,70	725	
2,62	2,82	3,02	3,26	3,50	3,80	4,20	4,50	5,36	7,30	800	
2,88	3,04	3,25	3,50	3,77	4,10	4,53	4,87	5,78	7,87	870	
2,90	3,13	3,35	3,62	3,90	4,24	4,67	5,02	5,96	8,10	900	
3,06	3,30	3,52	3,80	4,08	4,45	4,90	5,27	6,25	8,50	950	
3,20	3,45	3,70	3,98	4,27	4,65	5,14	5,52	6,55	8,90	1000	
3,48	3,75	4,02	4,34	4,65	5,07	5,59	6,00	7,13	9,88	1100	
3,53	3,83	4,20	4,55	4,98	5,32	5,87	6,30	7,47	10,13	1150	
3,76	4,05	4,34	4,70	5,03	5,48	6,04	6,50	7,70	10,43	1200	
4,04	4,35	4,65	5,03	5,40	5,93	6,50	6,97	8,25	11,15	1300	
4,32	4,65	4,98	5,37	5,77	6,30	6,93	7,43	8,80	11,88	1400	
4,38	4,72	5,05	5,46	5,86	6,38	7,03	7,55	8,94	12,05	1425	
4,60	4,94	5,30	5,70	6,13	6,68	7,36	7,89	9,34	12,57	1500	
4,85	5,23	5,60	6,04	6,48	7,05	7,78	8,35	9,87	13,25	1600	
5,12	5,50	5,90	6,37	6,83	7,45	8,20	8,80	10,40	13,90	1700	
5,25	5,65	6,05	6,53	7,00	7,63	8,40	9,00	10,64	14,22	1750	
5,38	5,80	6,20	6,70	7,18	7,82	8,60	9,23	10,90	14,53	1800	
5,64	6,07	6,50	7,00	7,52	8,20	9,00	9,66	11,40	15,14	1900	
6,30	6,84	7,30	7,83	8,36	9,15	10,00	10,78	12,37	16,72	2000	
6,14	6,60	7,08	7,64	8,20	8,90	9,80	10,50	12,34	16,25	2100	
6,40	6,88	7,37	7,94	8,50	9,26	10,18	10,90	12,80	16,80	2200	

Fuente:(Intermec, 2016)

Tabla 5
Potencia transmitida por correa clásica

RPM del Eje más Rápido	Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)							
	135	150	165	190	200	215	225	240
50	0,33	0,43	0,52	0,70	0,80	0,89	0,98	1,07
100	0,56	0,74	0,92	1,27	1,44	1,50	1,78	1,96
150	0,76	1,00	1,27	1,78	2,03	2,28	2,53	2,77
200	0,92	1,26	1,60	2,25	2,58	2,90	3,22	3,54
300	1,20	1,70	2,17	3,13	3,60	4,06	4,53	5,00
400	1,44	2,07	2,70	3,93	4,53	5,14	5,74	6,34
500	1,63	2,40	3,16	4,67	5,40	6,15	6,88	7,60
600	1,80	2,70	3,60	5,35	6,23	7,10	7,95	8,80
700	1,93	2,96	4,00	6,00	7,00	8,00	8,96	9,93
800	2,03	3,20	4,35	6,62	7,73	8,83	9,92	11,00
870	2,10	3,35	4,60	7,02	8,20	9,40	10,56	11,70
900	2,12	3,40	4,70	7,20	8,40	9,63	10,82	12,00
1000	2,18	3,50	5,00	7,72	9,05	10,37	11,67	12,95
1100	2,23	3,75	5,27	8,20	9,65	11,07	12,46	13,83
1160	2,24	3,84	5,42	8,50	10,00	11,45	12,90	14,33
1200	2,25	3,90	5,50	8,67	10,20	11,72	13,20	14,65
1300	2,25	4,00	5,73	9,10	10,72	12,32	13,88	15,40
1400	2,24	4,10	5,93	9,47	11,20	12,87	14,50	16,10
1500	2,20	4,17	6,10	9,82	11,60	13,36	15,07	16,72
1600	2,15	4,22	6,24	10,13	12,00	13,80	15,57	17,27
1700	2,08	4,24	6,35	10,40	12,33	14,20	16,00	17,75
1750	2,03	4,24	6,40	10,50	12,47	14,37	16,20	17,96
1800	1,98	4,24	6,43	10,62	12,60	14,53	16,38	18,15
1900	1,87	4,20	6,50	10,80	12,85	14,80	16,70	18,48
2000	1,74	4,17	6,51	10,95	13,03	15,02	16,92	18,72

Fuente:(Intermec, 2016)


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Tabla 6
Potencia transmitida por correa clásica

RPM del Eje más Rápido	Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)							
	135	150	165	190	200	215	225	240
50	0,44	0,53	0,53	0,81	0,90	0,99	1,08	1,17
100	0,78	0,96	1,14	1,50	1,66	1,83	2,00	2,18
150	1,10	1,35	1,60	2,10	2,36	2,60	2,86	3,10
200	1,37	1,70	2,04	2,70	3,03	3,36	3,68	4,00
300	1,90	2,38	2,87	3,82	4,30	4,77	5,24	5,70
400	2,36	3,00	3,63	4,87	5,48	6,10	6,70	7,30
500	2,80	3,57	4,34	5,86	6,60	7,36	8,10	8,83
600	3,20	4,12	5,02	6,80	7,70	8,57	9,44	10,30
700	3,58	4,63	5,67	7,72	8,73	9,73	10,72	11,70
800	3,94	5,12	6,29	8,60	9,72	10,84	11,95	13,06
870	4,17	5,45	6,70	9,18	10,40	11,60	12,80	13,97
900	4,27	5,58	6,88	9,42	10,68	11,90	13,14	14,35
1000	4,60	6,02	7,44	10,23	11,60	12,94	14,28	15,60
1100	4,88	6,44	7,98	11,00	12,47	13,93	15,37	16,80
1180	5,05	6,68	8,29	11,73	12,98	14,50	16,00	17,47
1200	5,16	6,84	8,49	12,44	13,30	14,87	16,40	17,92
1300	5,42	7,22	8,98	13,11	14,12	15,78	17,40	19,00
1400	5,66	7,57	9,45	13,75	14,90	16,63	18,35	20,02
1500	5,90	7,90	9,89	14,35	15,62	17,45	19,24	21,00
1600	6,10	8,23	10,31	14,94	16,30	18,22	20,08	21,90
1700	6,30	8,53	10,71	15,53	16,96	18,94	20,87	22,74
1750	6,40	8,67	10,90	15,20	17,27	19,28	21,24	23,14
1800	6,47	8,80	11,08	15,46	17,57	19,62	21,60	23,52
1900	6,63	9,06	11,43	15,97	18,14	20,24	22,28	24,24
2000	6,78	9,30	11,75	16,43	18,67	20,82	22,90	24,88


Fuente:(Intermec, 2016)

Para calcular el diámetro de la polea D2 y la velocidad angular se calcula por medio de la ecuación 66, sustituye valores en la solución (9) y obteniendo un resultado el cual se entra analizar en las tablas (5, 6, 7), las cuales tratan de (Potencia transmitida por correa clásica e iteraciones entre diámetros, velocidades angulares y potencia suministrada).

Tabla 7
Iteraciones entre diámetros, velocidades angulares y potencia suministrada.

Tabla	D1(cm)	D2(in)	D2(cm)	W1(RPM)	W2(RPM)	P x correa (hp)	N correas
6. 1(in)							
9	22,86	12	30,48	1750	1312,5	10,5	1,51
9	22,86	18	45,72	1750	875	10,5	1,51
6	15,24	9	22,86	1750	1166,66	7,65	2
6	15,24	12	30,48	1750	875	7,65	2

Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Definido lo anterior por medio de las tablas empleamos la ecuación (10), que permite calcular la polea.

$$\frac{22,86}{22,86} = \frac{1750}{1750} = (1 = 0,6666)$$

Solucion 9 (Ecuación 11)

Como se puede apreciar si se toma un diámetro $D_1 = 9$ pulgadas, el diámetro 2 sería $D_2 = 18$ pulgadas. Esto reduciría la velocidad a la mitad, pero aumentaría el torque el doble, pero un $D_2 = 18$ pulgadas, es equivalente a 45,72 cm lo cual sería una polea muy grande; por lo tanto, es más recomendable tomar un $D_1 = 6$ pulgadas y $D_2 = 12$ pulgadas, los cuales harían lo mismo pero los diámetros serían más pequeños; la nueva velocidad de la correa se calcula por medio de la ecuación (44) y toma valores matemáticos en la solución (10).

$$V_t = 10995,3 \frac{\text{rad}}{\text{min}} * 0,25 \text{ ft} = 2748 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$$


Solucion 10(Ecuacion 6)

Ya definido lo anterior se entra a calcular la distancia entre centros(C) según (Mott, 2014) empleando la ecuacion (12) y sustituyendo los valores matemáticos en la solución (11)

$$12 < C < 3 \times (12 + 6)$$

$$12 \text{ in} < C < 54 \text{ in}$$

Solucion 11(Ecuación 12)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Ya definida la distancia entre centros se debe emplear nuevamente la ecuación (12) para obtener la distancia recomendada entramos a despejar C y esta toma valores matemáticos en la solución (12)

$$C = 1,5 \times (D2 + D1) \text{ Distancia recomendada}$$

$$C = 1,5 \times (12 + 6) = 27\text{IN}$$

$$C = 2 \times (D2 + D1) \text{ Distancia máxima}$$

$$C = 2 \times (12 + 6) = 36 \text{ in}$$

$$C = 0,7 \times (D2 + D1) \text{ Distancia mínima}$$

$$C = 0,7 \times (12 + 6) = 12,6\text{in}$$

Solucion 12 (Ecuación 12)

Como este es un proceso interactivo parto de $C = 30 \text{ in}$ y con esto cálculo por medio de la ecuación (14) despejando L y expresando su respuesta en la solución (13) obtendremos la longitud de la banda.

$$L = 2 \times 30 + 1,57 \times (12 + 6) + \frac{(12 + 6)^2}{4 \times 30}$$

$$L = 88,56 \text{ in}$$

Solucion 13 (Ecuación 14)

Verifico que la longitud calculada entre las longitudes estándar de poleas 3V, estos valores se entran a verificar en la tabla 8 la cual habla de (longitud de correa estándar) (Intermec, 2016); veo que no está y escojo una por encima de esta $L = 90 \text{ in}$ y recalculo la distancia entre centros.


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Tabla 8
Longitud de correas estándar

Sólo 3V	3V y 5V	3V, 5V y 8V	5V y 8V	Sólo 8V
25	50	100	150	375
26.5	53	106	160	400
28	56	112	170	425
30	60	118	180	450
31.5	63	125	190	475
33.5	67	132	200	500
35.5	71	140	212	
37.5	75		224	
40	80		236	
42.5	85		250	
45	90		265	
47.5	95		280	
			300	
165			315	
			335	

Fuente: (Mott, 2014)

Entonces recalculo la nueva distancia entre centros empleando la ecuación (11) y esta toma valores numéricos en la solución (14), la B se emplea como distancia entre centros para que no se confunda se le da diferentes letras cada que se utilice.

$$B = 4 \times 90 - 6,28 \times (12 + 6)$$

$$B = 246,96 \text{ in}$$


Solucion 14(Ecuacion 11)

Entonces la nueva distancia entre centros será denotada en la solución (15), y empleando la ecuación (13), y sustituyendo valores de la solución (14).

$$C = \frac{246,96 + \sqrt{246,96^2 - 32 \times (12 - 6)^2}}{16}$$

$$C = 30,72 \text{ in}$$

Solucion 15(Ecuación 13)(solución 14)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Por recomendación de (Intermec, 2016), la distancia debe tener una holgura entre:

$$C - 1,5 \text{ in} < C < C + 3 \text{ in}$$

$$29,22 \text{ in} < C < 33,72 \text{ in}$$

Solucion 16_(Ecuación 12)

Calculo el ángulo de contacto (θ) de la correa D1 se realiza por medio de la ecuación (15) y se da respuesta en la solución (17).

$$\theta_1 = 180 - 2 \times \text{sen}^{-1} \left[\frac{12 - 6}{2 \times 30} \right]$$

$$\theta_1 = 168,52^\circ$$

Solucion 17_(Ecuación 15)


Calculo los factores de corrección por longitud de banda (CL) y por el ángulo θ ($C\theta$) sacados de las figuras 7.14 y 7.15 (Intermec, 2016); de donde $CL = 1,02$ y $C\theta = 0,96$. Además se calcula la potencia agregada según la relación de velocidades que en este caso es 2 la cual se determina por medio de la ecuación (16) y se evidencia el valor en la figura 36 la cual se denota en la solución (18), se demuestra cómo se calcula los Hp requeridos empleando la ecuación (4), se reemplaza los hp en la solución (19) para determinar el número de correas.

$$R = \frac{1750 \text{ RPM}}{875 \text{ RPM}} = 2$$

Solucion 18_(Ecuación 16)

$$P_{\text{corregida}} = (14,4 + 1,8) * 1,02 * 0,96 = 15,86 \text{ hp}$$

Solucion 19 _(Ecuación 4)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Determinada y corregida la potencia se emplea la ecuación (17) que permite definir el número de correas necesarias como se denota en la solución (20)

$$N_{\text{correas}} = \frac{15,86 \text{ hp}}{7,65 \text{ hp}} = 2,07 \text{ correas}$$

Solucion 20(Ecuacion 17)

El factor de corrección de arco permite definir qué tan amplio llega hacer el Angulo de contacto de la correa, este valor se puede encontrar en la tabla 9 y se puede verificar su ancho de longitud mediante la figura 38, que permite realizar un análisis entre factor de corrección por longitud y de banda en pulgadas para determinar el punto de mayor resistencia para cada polea.

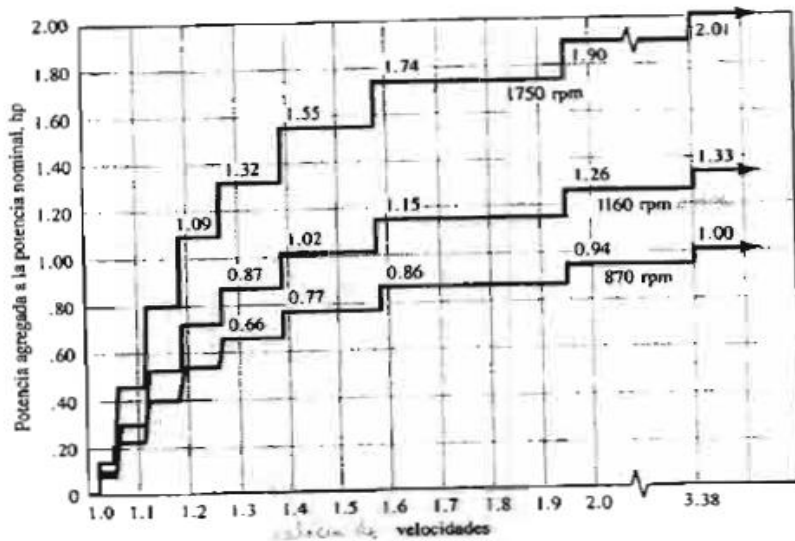


Figura 38 Potencia agregada

Fuente:(Mott, 2014)


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Tabla 9
Factor de corrección de arco

$\frac{(D-d)}{c}$	Arco de contacto [Grados]	Factor de corrección
0.00	180	1.00
0.10	174	0.99
0.20	169	0.97
0.30	163	0.96
0.40	157	0.94
0.50	151	0.93
0.60	145	0.91
0.70	139	0.89
0.80	133	0.87
0.90	127	0.85
1.00	120	1.82
1.10	113	1.80
1.20	106	1.77
1.30	99	1.73
1.40	91	1.70
1.50	83	1.65

Fuente:(Intermec, 2016)

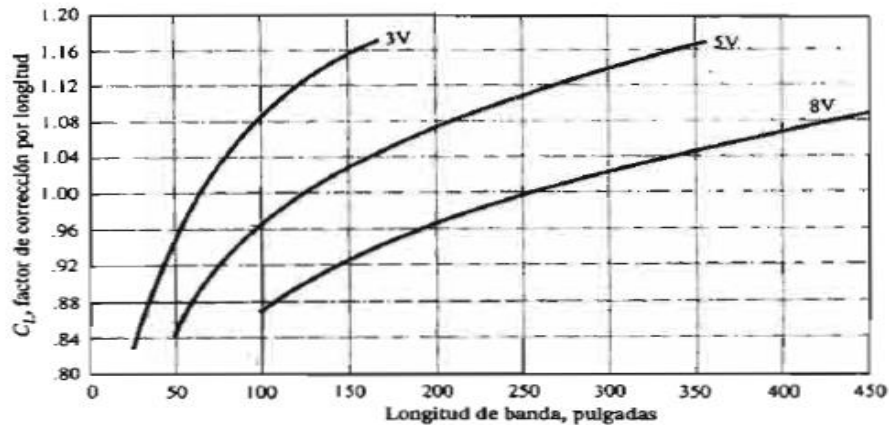


Figura 39 Factor de corrección por longitud

Fuente:(Mott, 2014)

En la tabla 10 se pueden ver las correas que se pueden utilizar según sus dimensiones y especificaciones dadas y obtenidas por medio de los cálculos realizados anteriormente, además teniendo el análisis de las longitudes de bandas se puede definir con mejor opinión la correa a seleccionar para que esta sea resistente según su trabajo a desempeñar.


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 10
Posibles correas a utilizar

CODIGO	P suministrad x correa	Dimensiones
PQ2-A150 o PQ2-AX150	6,20 y 6,70 hp	1/2 ancho y 5/16 grosor
PQ2-CX150	8,7 hp	7/8 ancho y 17/32 grosor
PQ2-3V150 o PQ2-3VX150	7,12 0 7,70 hp	3/8 ancho y 5/16 grosor

Fuente. Elaboración propia


Se toma la correa PQ2-CX150 sacada de la tabla de posibles correas a utilizar que es una correa en V tipo Cx con diámetro exterior de la polea igual a 150 mm o 6 in, con 7/8 ancho y 17/32 grosor. Para termina se debe escoger el tipo de material de la polea y su forma se debe analizar la tabla 11 que habla del tipo de material según la velocidad requerida y calculada anteriormente.

Tabla 11
Tipo de material según la velocidad

MATERIAL		VELOCIDAD
Fundición gris	GG 20	33 m/s
Fundición nodular	GGG 40	41 m/s
Aluminio	A329	33 m/s
Fundición de acero	1020	45 m/s
Acero laminado	1020	61 m/s

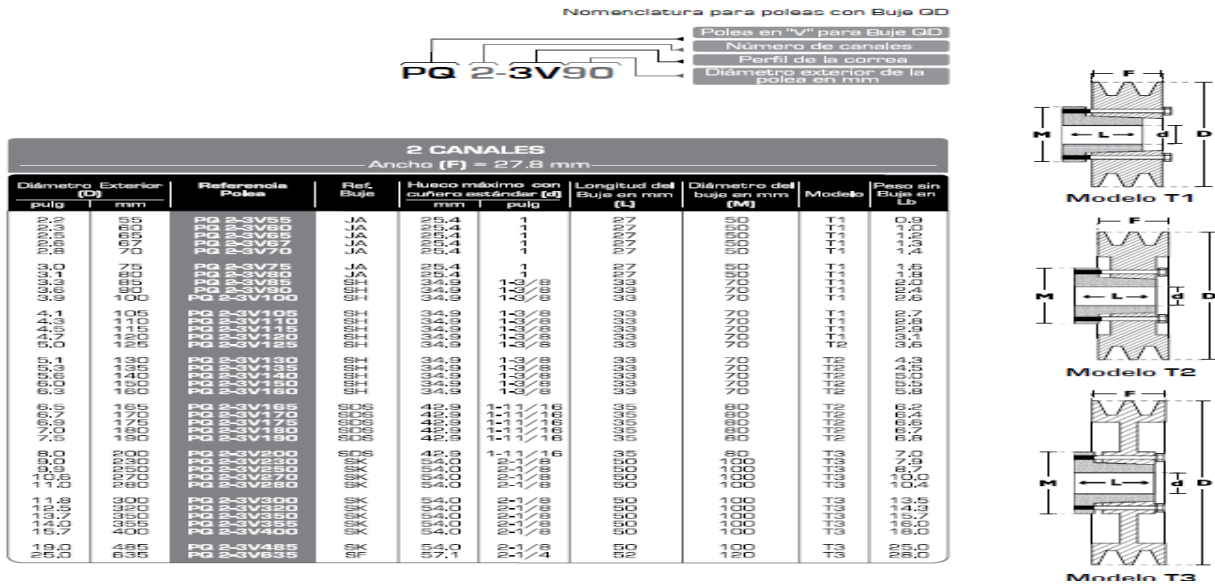
m/s= metros por segundo

Fuente:(Intermec, 2016)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Puede ser en aluminio o fundición gris cualquiera de las dos cumplen y la geometría será analizada y visualizada en la tabla 12.


Tabla 12
Tipo de poleas



Fuente:(Intermec, 2016)

Se selecciona la mediante la tabla 12 que dice que tipo de polea se requiere según sus cálculos definidos, teniendo esto ya se procede a definir que la polea elegida es PQ2-3V150 que quiere decir: polea de 2 canales tipo 3V para un diámetro exterior de 6 in o 150 mm la cual no es maciza.

4.3.4. Calculo reductor sin-fin corona: la relación de velocidad más alta es de 40 y el paso diametral más utilizado es 8 y con base en el par de torsión entregado por el sistema de poleas que se representa mediante la solución (3), utilizamos su valor numérico para emplear la ecuación (18) que permite definir el reductor sin correa y su valor se expresa por medio de la solución (21).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$\frac{36,01 \text{ Lbf. ft}}{3} = \frac{T2}{6} =$$

$$T2 = 72,02 \text{ Lbf. ft}$$

Solucion 21(Ecuacion 18)(Solucion 3)

Se calcula el diseño inicial con un tornillo de doble rosca $Nw = 2$, por lo tanto debe haber 80 dientes en la corona para obtener la relación de velocidades de 40 la cual se calculó por medio de la ecuación (20), con el paso diametral de 8 y se representa mediante la solución (22), se emplea nuevamente la ecuación (51), para determinar diámetro exterior sin-fin y se expresa su valor numérico por medio de la solución (23).

$$VR = \frac{80}{2} = 40$$


Solucion 22(Ecuación 51)

$$DG = \frac{80}{8} = 10 \text{ in}$$

Solucion 23(Ecuación 19)

Se emplea la ecuación 19 despejando la incógnita DG y se utilizan los valores que se requieren remplazar.

Con esto se puede estimar que la distancia entre centros sería mayor a 5 in que sería el radio de solo la corona, por lo tanto se tomó una distancia mayor y se escoge 6,5 in y se representa matemáticamente empleando la ecuación (21), dando respuesta en la solución (24)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$D_w = \frac{C^{0,875}}{3} = \frac{6,5^{0,875}}{3} = 1,7146 \text{ in}$$

Solucion 24(Ecuación 21)

Por recomendación el diámetro máximo del tornillo se calcula mediante la ecuación (21) y se denota en la solución (25)

$$D_w = \frac{C^{0,875}}{1,6} = \frac{6,5^{0,875}}{1,6} = 3,21 \text{ in}$$

Solucion 25(Ecuación 21)

Tomo la solución (25) y por lo tanto la distancia entre centros se calcula con la suma de la solución (23 y 25) dividido entre 2. El cálculo de la distancia entre centros se denota mediante la ecuación (22) donde se remplazan los valores ya obtenidos y se representa en la solución (26)

$$d_C = \frac{3,21 + 10}{2} = 13,1 \text{ in}$$


Solucion 26(Ecuación 22)

Para el cálculo del diámetro exterior del tornillo se utiliza la ecuación (23) y la solución (25), y se denota en la solución (27).

$$D_{ow} = 3,21 + 2 \left(\frac{1}{8} \right) = 3,335 \text{ in}$$

Solucion 27(Ecuación 23)

Su profundidad total se obtiene mediante la ecuación (24) y se denota en la solución (28).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$hT = \frac{4,268}{14,4} = 0,2963 \text{ in}$$

Solucion 28_(Ecuación 24)

El ancho de cara de la corona se calcula por medio de las ecuaciones (24), utilizando la solución (25) que nos da el valor de D_w , se emplea la solución (27), se eleva al cuadrado cada expresión y se suman entre sí, el resultado de esta suma se eleva de nuevo a $\frac{1}{2}$, se utiliza la solución (8) para dividir, el ancho de la cara se expresa mediante la Solucion (28).

Se procede a calcular el addendum empleando la ecuación (26), utilizando la solución (8) que nos da el P_d , y se denota su valor en la solución (29).

$$a = \frac{1}{14,4} = 0,069 \text{ in}$$

Solucion 29_(Ecuacion 26)

El diámetro de la garganta de la corona se calcula por medio de la ecuación (27), empleando las soluciones (23 y 27), dando respuesta en la Solucion (30)


$$Dt = 10 + 2(0,069) = 10,069 \text{ in}$$

Solucion 30 _(Ecuacion 27)

4.3.5. Calculo de engranajes: la velocidad a la entrada del sistema es de 21,88 RPM y una potencia de 15,3 hp equivalente a 2 correas con una potencia corregida de 7,65 hp y multiplicado por el 95% de eficiencias el cual se denota en la solución (31) aplicando la ecuación (29).

$$P_s = (2 * 7,65 \text{ hp}) * 0,95 = 14,54 \text{ hp}$$

Solucion 31_(Ecuación 29)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Las recomendaciones para el diseño de engranajes rectos se ven detallados en la tabla 13 que define que numero de dientes debe tener el piñón.

Tabla 13

Numero de dientes del piñón

TABLA 8-6 Número de dientes del piñón, para asegurar que no haya interferencia

Para un piñón engranado con una cremallera		Para un piñón de 20°, profundidad total, engranado con un engrane	
Forma del diente	Número mínimo de dientes	Número de dientes del piñón	Número máximo de dientes del engrane
Envolvente 14½°, profundidad total	32	17	1309
Envolvente 20°, profundidad total	18	16	101
Envolvente 25°, profundidad total	12	15	45
		14	26
		13	16

Fuente: (Mott, 2006).

Con un ángulo de 20°, altura completa, $N_p = 18$ dientes y $P_d = 2,5$ dientes/pul o un módulo de 10, que es grueso y normalizado el diámetro de los engranajes empleando la ecuación (30) y tomando valores numéricos en la Solucion


$$D_p = \frac{18}{2,5} = 7,2 \text{ in}$$

Solucion 32(Ecuacion 30)

Relación de velocidades (R_t) es igual a 2 para la primera etapa de engranajes rectos representados en las soluciones (32), empleando la ecuación (19) denotándose en las soluciones (33 y 34).

$$N_G = 18 \text{ dientes}$$

Solucion 33(Ecuacion 19)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$1 = \frac{np}{nG} \therefore \frac{21,88 \text{ RPM}}{1} = nG = 21,88 \text{ RPM}$$

Solucion 34(Ecuación 19)

Para determinar el diámetro del círculo se debe implementar la ecuación (31) y se demuestra numéricamente en la solución (35)

$$P_c = \frac{3,1416}{2,5} = 1,2566 \text{ in}$$

Solucion 35(Ecuación 31)

Para calcular del addendum se emplea la ecuación (26), tomando valores en la solución (36) y en la solución (37), se define el valor de la Holgura, se recalcula la Holgura en la solución (38)

$$a_1 = \frac{1}{2,5} = 0,4 \text{ in}$$

Solucion 36(Ecuación 26)


$$a_2 = \frac{1,25}{P_d} = \frac{1,25}{2,5} = 0,5 \text{ in}$$

Solucion 37(Ecuación 26)

$$a_3 = \frac{0,25}{P_d} = \frac{0,25}{2,5} = 0,1 \text{ in}$$

Solucion 38(Ecuación 26)

Para el diámetro exterior del piñón se emplea la ecuación (32)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$DoP = \frac{18 + 2}{2,5} = 8 \text{ in}$$

Solucion 39_(Ecuacion 32)

Se calcula el diámetro exterior del engrane empleando la ecuación (33), denotándose en la solución (40).

$$DoG = \frac{18 + 2}{2,5} = 8 \text{ in}$$

Solucion 40_(Ecuacion 33)

Diámetro de raíz del piñón se expresa empleando la ecuación (34), y denotando su respuesta en la solución (41).

$$D \text{ raiz} = 8 \text{ in} - (2 * 0,5 \text{ in}) = 7 \text{ in}$$

Solucion 41_(Ecuacion 34)

Para el diámetro de raíz del engrane, altura total (Ht) se emplea sumando las soluciones (36,37), dando como respuesta la Solucion (42).


$$Ht = a + b = 0,4 \text{ in} + 0,5 \text{ in} = 0,9 \text{ in}$$

Solucion 42_{(Ecuación 35) (Solucion 36,37)}

Profundidad de trabajo (H_k), se utiliza multiplicando (2* por la solución 36), la cual toma valor en la solución (43), empleando la ecuación (36).

$$Hk = 2(0.4 \text{ in}) = 0,8 \text{ in}$$

Solucion 43_{(Ecuación 65) (Solucion 36)}

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Espesor del diente (t), se calcula empleando la ecuación (37), y dando como resultado la solución (44).

$$t = \frac{3,1415}{2 * 2,5} = 0,628 \text{ in}$$

Solucion 44(Ecuación 37)

Es necesario calcular la distancia entre centros del engranaje empuendo la ecuación (38), y dando respuesta en la solución (45)

$$C = \frac{18 + 18}{2 * 2,5} = 7,2 \text{ in}$$

Solucion 45(Ecuación 38)

El cálculo del diámetro del círculo base del piñón se denota su proceso matemático empleando la ecuación (39), y se denota su valor matemático en la solución (46).


$$DbP = 7,2 \text{ in} * \cos 20 = 6,7657 \text{ in}$$

Solucion 46(Ecuación 39)

Se emplea la ecuación (1) que nos permite calcular la potencia en este caso se le determina T_a , para identificar que es la potencia del engranaje.

$$T_a = \frac{14,54 \text{ hp} * \frac{6600 \frac{\text{Lbf.in}}{\text{seg}}}{1 \text{ hp}}}{21,88 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}} = \frac{95964}{2,2912} = 41884 \text{ Lbf.in}$$

Solucion 47(Ecuacion 1)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Se emplea la ecuación (18) despejando el torque (b), denominado con letras para identificar que es el toque del engranaje.

$$Tb = \frac{Ta}{ra} * rb = \frac{41884 \text{ Lbf. in}}{3,6 \text{ in}} * 3,6 \text{ in} = 41884 \text{ Lbf. in}$$

Solucion 48 (Ecuación 18)

4.3.6. Análisis de torque y fuerza en un tornillo de potencia: se utilizaron tornillos de potencia de rosca cuadrada con un paso igual a 1,25 mm hechos de hierro dúctil Grado 60 y de la siguiente tabla se sacan los siguientes datos:


Para el hierro dúctil Grado 60:

- } St=414 Mpa
- } Sy=276 Mpa
- } E=152 Gpa
- } % de elongación: 18 %

De la tabla 1:

- } d= 8 mm
- } dr=6,47 mm
- } At=36, 61 mm²
- } P=1, 25 mm

El coeficiente de fricción del hierro para trabajar con hierro (tuerca) y el del rodamiento es:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

μ humedo=0,05

μ seco=0,15 -0,2

μ rodamiento = 0,02

Todos los tornillos poseen un solo hilo o rosca, carga a mover o desplazar este se calcula mediante la ecuación (40) y se expresa matemáticamente en la solución (49)

$$P = (11,4\text{kg}) * \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{seg}}\right) = 111.834 \text{ N}$$

Solucion 49(Ecuación 40)

Se calcula la fuerza aplicada al tornillo mediante la ecuación (41), y se denota su respuesta en la solución (50).

$$F = (111.834 \text{ N}) * \frac{(0,15)\cos1.8 + \text{sen}1.8}{\cos1.8 - (0,15)\text{sen}1.8} = 20,3815 \text{ N}$$

Solucion 50(Ecuación 41)

Se calcula el torque de avance aplicando la ecuación (42), obteniendo la solución (51) y el cálculo de rotación en la empleando la ecuación (43) y dando resultado en la solución (52)


$$dp = d - 0,649519p$$

Solucion 51(Ecuacion 42)

$$dr = d - 1.299038p$$

Solucion 52(Ecuacion 43)

Se demuestra matemáticamente su desarrollo y solución (53) aproximadamente.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$dp = d - 0,649519p$$

$$dp = 8 \text{ mm} - 0,649519(1,25\text{mm}) = 7,1881 \text{ mm} \cong 7,1881E - 3$$

Solucion 53 (Ecuacion 42)

Para determinar el avance se realiza por medio de la ecuación (44) y se demuestra en las en la solución (54).

$$Lx = 1,8 * 3,1415 * 7,1881 \text{ mm} = 0,7096 \text{ mm} \cong 7,096E - 4$$

Solucion 54 (Ecuacion 44)

Se emplea la ecuación (43) y se denota su valor matemático mediante la solución (55)

Tdesplazar

$$= \frac{(111.834 \text{ N})(0,0071881)}{2} \left[\frac{(0,15) * \pi * 0,0071881 - 0,0007096}{\pi * 0,0071881 - (0,15)(0,0007096)} \right]$$


$$T \text{ desplazar} = 4,78 \times 10^{-2} \text{ N.m}$$

Solucion 55 (Ecuacion 43)

$$T \text{ rodamiento} = (0,02) * 111.834 \text{ N} * \frac{0,00635}{2}$$

$$T \text{ rodamiento} = 7,1014 \text{ N.m}$$

Solucion 56 (Ecuacion 42)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$T_t = 4,78 \times 10^{-2} \text{ N.m} + 7,1014 \text{ N.m} = 7,1492 \text{ N.m}$$

Solucion 57 (Ecuacion 45) (Solucion 55,56)

Como se puede apreciar es más grande el torque que se debe generar por fricción en el rodamiento que en el tornillo y la tuerca.

Torque de acercamiento calculado mediante la ecuación (48):

$$T_{ac} = 0,402 \text{ N.m} + 7,1014 \text{ N.m} = 7,5034 \text{ N.m}$$

Solucion 58 (Ecuación 48)

El esfuerzo en el tornillo se denota en la solución (59), empleando la ecuación (46).

$$\sigma_t = \frac{20,3815 \text{ N}}{3,661 \times 10^{-5}} = 556,72 \text{ Kpa}$$


Solucion 59 (Ecuación 46)

Factor de seguridad para calcular se emplea la ecuación (47), se denota su respuesta en la solución (60).

$$N = \frac{276 \text{ Mpa}}{556,72 \text{ Kpa}} = 49,5$$

Solucion 60 (Ecuación 47)

El esfuerzo cortante en el tornillo y la rosca es el mismo, se define esto realizando un análisis entre las igualdades.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Se emplea la ecuación (48) para definir el torque de área, y se obtiene la solución (61), realizando un despeje de incógnitas.

$$A_t = 1,6 \text{ Mpa}$$

Solucion 61 (Ecuación 46)

El cálculo del área se denota en la solución (62)

$$A = 3,1415 * (6,47\text{mm}) * (0,50) * (1,25\text{mm}) = 12,7035\text{mm}^2$$

$$\cong 1,27 \times 10^{-5} \text{m}^2$$

Solucion 62 (Ecuación 51)

Se calcula nuevamente el factor de seguridad empleando la ecuación (47), expresándose en la solución (63).

$$N = \frac{0,5S_y}{\tau} = \frac{0,5 * 276\text{Mpa}}{1,6 \text{ Mpa}} = 86,25$$


Solucion 63 (Ecuación 68)

4.3.7. Análisis y cálculo de barra manual:

} **Vista ortogonal frontal:** Teniendo los diámetros de la barra como se muestra en la figura 40, se define el Acero que se requiere y la fuerza que necesita la barra manual

Se determina que:

Acero: AISI 1030, Debido al bajo carbono de los aceros, algunos fabricantes recomiendan el revenido como tratamiento opcional y otros sugieren que no es necesario.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Puesto que los aceros al boro son muy utilizados en aplicaciones mecánicas donde tienen exigencias de desgaste e impacto, es, entonces, conveniente evaluar las propiedades mecánicas del acero 15B30 con temple y temple más revenido a diferentes temperaturas. De los resultados obtenidos, se desprende que el revenido a 200°C después del temple es beneficioso ya que la energía absorbida en el ensayo de impacto es el doble de la obtenida.

F: 600 N

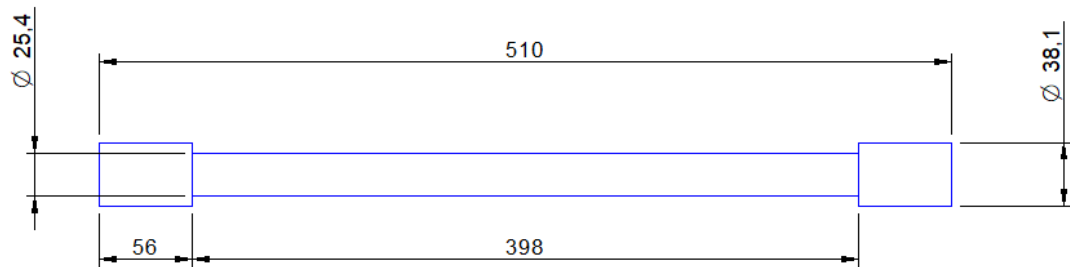


Figura 40 Barra manual

Fuente. Creación propia

)} **Vista isométrica:** permite visualizar la fuerza en tres (3) dimensiones y definir el sentido en que se aplica, como se muestra en la figura 41, que permite analizar la barra mediante la (vista isométrica de la barra manual)

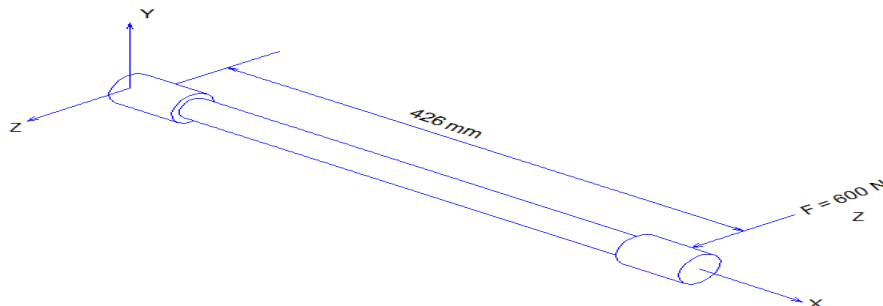



Figura 41 Vista isométrica Barra manual

Fuente. Creación propia

Se determina que:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$S_y = 64,8 \text{ MPa}$$

$$\% \text{ elongación} = 17\% \text{ (Richad G, 2008)}$$

)} **Diseño:** Se calcula el diámetro adecuado. Para definir que fuerza soporta antes de sufrir alguna deformación.

Análisis del punto A mediante las ecuaciones (69 y 70).

)} **Barra manual vista lateral:** por medio de esta vista puedo definir y visualizar como se aplican los torque para realizar los cálculos ver figura 42, donde se muestra la vista lateral de la barra manual.

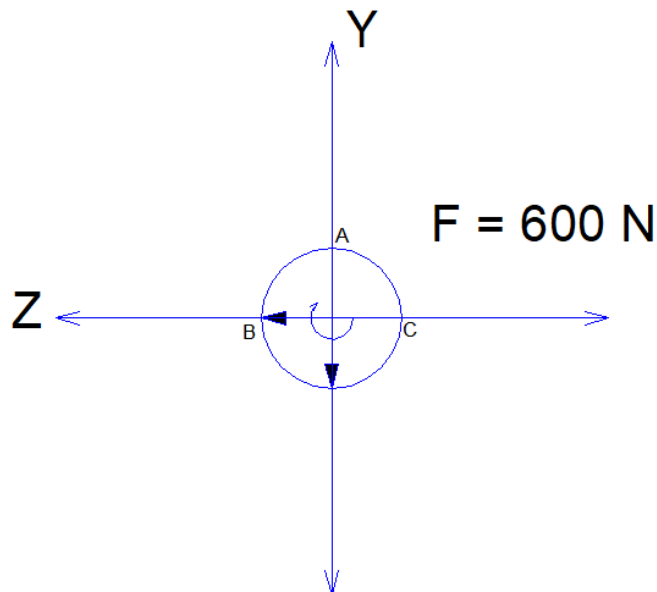



Figura 42 Vista lateral de la barra manual
Fuente. Creación propia

Se tiene que M_y equivale al momento donde este obtiene un valor y se emplea la ecuación (50) para definir el punto de inercia mostrado en la solución (64)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$M_y = 255,6 \text{ N} \cdot \text{M}$$

$$T = 0,025 \text{ M}$$

$$V = 600 \text{ N}$$

$$I = \frac{3,1415}{64} (0,025)^4 = 1,9174 \cdot 10^{-8} \text{ M}^4$$

Solucion 64_(Ecuación 50)

)} **Barra manual vista perfil:** por medio de esta vista se puede visualizar el área la cual se detalla en la figura 43, y se demarca sombreada en la ilustración

4. Φ : 0,025 m

5. r : 0,0125 m

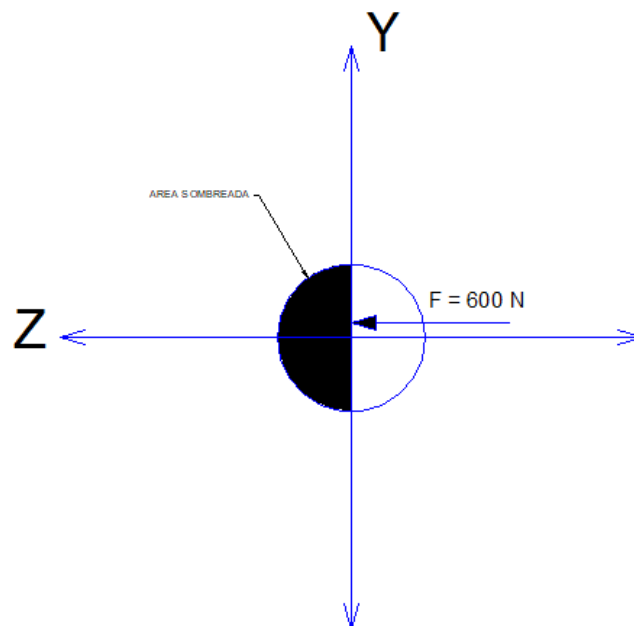



Figura 43 Barra manual vista perfil

Fuente. Creación propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Por medio de la ecuación (51) se denotan las formas de elongación y hasta qué punto se puede deformar la barra sin presentar ninguna alteración tomando valores matemáticos en la solución (65)

$$Q = (2,4543 * 10^{-4} = m^2 * (5,3053 * 10^{-3}))$$

$$Q = 1,3020 * 10^{-6} m^3$$

Solucion 65(Ecuación 51)

Se emplea la ecuación (52), para observar cuanto se deforma la barra manual en el plano denotando su valor por medio de la solución (66).

$$\frac{\tau}{y^z} = \left(\frac{1,3020 * 10^{-6} m^3 (600 n)}{(1,9174 * 10^{-8} m^{-4})(0,025 m)} \right) = 1,63 MPa$$

Solucion 66(Ecuación 52)

Análisis en el punto (B) y (C), para realizar este análisis es necesario emplear modelos matemáticos como la ecuación (52), y dando valores numéricos en la solución (67).

$$M = 255,6 N * m$$


$$C = 0,0125 m$$

$$I = 1,9174 * 10^{-8} m^4$$

$$T_B = \frac{(255,6 N * m)(0,01125 m)}{1,9174 * 10^{-8} m^4} = -166,63 GPa$$

Solucion 67(Ecuación 53)

Se determina el punto crítico por medio de la ecuación (53) y se denota en la solución (68), pasando (T_B a T_C).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$T_C = 166,63 \text{ GPa}$$

Solucion 68 (Ecuación 53)

Y lo anterior se denomina como el punto más crítico de toda la barra manual.

} **Esfuerzos principales:** permite verificar el funcionamiento de la palanca mediante las soluciones (69, 70, 71), denotadas a continuación y empleando las ecuaciones (54, 55) para su desarrollo.

$$T_{\text{Promedio}} = \frac{166,63 \text{ GPa}}{2} = 83,315 \text{ GPa}$$

Solucion 69 (Ecuación 54)

$$\tau_{\text{max}} = 166,63 \text{ GPa}$$

Solucion 70 (Ecuación 54)

$$\tau_{\text{min}} = 0$$


Solucion 71 (Solucion 72)

} **Teoría de cortante máxima:** la teoría nos dice que se utiliza únicamente para predecir fluencia y, por lo tanto, se aplica solo a los materiales dúctiles. La ecuación (55) remplazada en la solución (72), para denotar su valor numérico

$$N = \frac{(0,5)(648 \text{ MPa})}{83315 \text{ MPa}} = 3,888 * 10^{-3} \rightarrow \text{No cumple}$$

Solucion 73 (Ecuación 55)

Corrección: recalculando con un diámetro de 40 mm obtendremos los siguientes resultados denotados en la solución (73), empleando la ecuación (50)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

$$I = 1,2566 * 10^{-7} m^4$$

Solucion 74(Ecuación 50)

Como el punto crítico es (C) se recalcula el esfuerzo normal

$$T_C = \frac{(255,6 N * m)(0,020)}{1,2566 * 10^{-7} m^4} = 40,68 MPa$$

Solucion 75(Ecuación 53)

$$T_{Promedio} = \frac{40,68 MPa}{2} = 20,34 MPa$$

Solucion 76(Ecuación 54)

$$\tau_{max} = 20,34 MPa$$

Solucion 77(Ecuación 54)

$$N = \frac{(0,5)(648 MPa)}{20,39 MPa} = 15,92$$

Solucion 77 (Ecuación 54)

Los cálculos anteriores nos permiten obtener el factor de seguridad luego de haber recalculado la resistencia de fluencia al corte.

4.4. Diseño eléctrico

- } Capacidad del motor en HP: 12HP
- } Voltaje: 115V
- } Longitud del cableado: 7M

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

} Temperatura de operación: Ambiente

En estas condiciones se considera un margen de error por encima de la nominal, se sobredimensiona un poco por seguridad.

La recomendación del cable rígido en cobre es que sea calibre 10.

La recomendación del cable rígido en aluminio es que sea calibre 8.


Para el control del motor se conecta un variador micro master 440 Siemens, debido a que esta tecnología alemana está muy posicionada en el mercado a nivel global, y sus repuesto son fáciles de conseguir; Además son líneas muy completas enfocadas en todo el proceso de automatización, tanto desde sus sensores como sus controladores y actuadores a niveles académicos e industriales. La referencia de los sensores son (UMMYA-0300-0300-1; 3RG7301-1PH00).

Se deben considerar también algunas protecciones como es el caso del relé (Contactor) y el Breaker, con el fin de proteger la máquina, pero que su funcionamiento no se vea afectado por constantes sobrecargas en el sistema.

Breaker: de 350V y 15A

Contactor de 110V

Estos cálculos se establecen según la norma NEC y la NT2050, se recomienda que al dimensionar las potencias sean calculadas con el 125% de corriente continua más el 100% de corriente no continua. Además esta protección termo magnética, puede soportar con la corriente nominal según lo establece la norma.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

También se requiere de una fuente o convertor de 110V AC a 24V DC, con el fin de poder alimentar los respectivos sensores del sistema. La referencia es (S – 100 - 24).

4.4.1. Planos del sistema eléctrico de control: Con el fin de completar el diseño de la máquina, se propone un cuadro de nomenclatura inicialmente para identificar los componentes eléctricos con su respectiva simbología y código de colores como se puede evidenciar en la figura 43.
























SÍMBOLO	SIGLAS	DESCRIPCIÓN
	N/A	NODO FIJO.
	X#	BORNE, REOLETA O FICHA O FICHA DE CONEXION HORIZONTAL.
	F#	FUSIBLE
	U1	LINEA OFASE
	V2	LINEA OFASE DEL VARIADOR
	V3	LINEA OFASE DEL VARIADOR
	N	LINEA NEUTRA
	T	LINEA DE TIERRA
	TE	LINEA DE TIERRA DEL VARIADOR
	MT	LINEA DE TIERRA EN LA FUENTE 24V.
	T1	LINEA DE 24V.
	N/A	SALIDA SENSOR.
	CM	DISYUNTOR TRIPOLAR O TRIFASICO. TIENE LA PECULIARIDAD RESPECTO DEL MANDRIL TERMICO TRIFASICO DE PODERSE REGULAR LA INTENSIDAD NOMINAL QUE DEBE SOPORTAR SIN FALLO.
	K#	CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO ASOCIADO A OTRO ELEMENTO. LOS NUMEROS APARECEN SIMBOLIZANDO QUE SU NUMERACION DEPENDERA DE CADA CASO. (CONTACTOR).
	N/A	MANDO ELECTROMAGNETICO DESDE PRESION.
	M#	MOTOR TRIFASICO DE CORRIENTE ALTERNIA.
	K#	CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO ASOCIADO A OTRO ELEMENTO. LOS NUMEROS APARECEN SIMBOLIZANDO QUE SU NUMERACION DEPENDERA DE CADA CASO. (RELE DE 24V).
	CM	DISYUNTOR UNIPOLAR. TIENE LA PECULIARIDAD RESPECTO DEL MANDRIL TERMICO DE PODERSE REGULAR LA INTENSIDAD A LA QUE DEBE SALTAR.
	SM	PULSADOR DE MANDO MECANICO.
	K#	CONTACTO NORMALMENTE CERRADO ASOCIADO A OTRO ELEMENTO. LOS NUMEROS APARECEN SIMBOLIZANDO QUE SU NUMERACION DEPENDERA DE CADA CASO.
	K#	BORINA DE CONTACTOR O RELE DE MANIOBRA.
	CM	CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO ASOCIADO A OTRO ELEMENTO. LOS NUMEROS APARECEN SIMBOLIZANDO QUE SU NUMERACION DEPENDERA DE CADA CASO.
	N/A	SENSOR FOTOELECTRICO TIPO REFLEX.
	N/A	SENSOR DE PRESION (CELDA DE CARGA).
	N/A	CONTACTO DE ENTRADA EN DISPOSITIVO.

Figura 43 Cuadro de nomenclatura

Fuente. Creación propia

En la figura 43, se muestra el plano eléctrico de conexión en la fuente, permitiendo identificar cada componente y su conexión realizada. En la figura 44 se plasma el plano de conexión del variador el cual permite controlar la velocidad de la máquina y conocer sus variables. En la figura 45 se muestra la conexión de los sensores en la máquina.

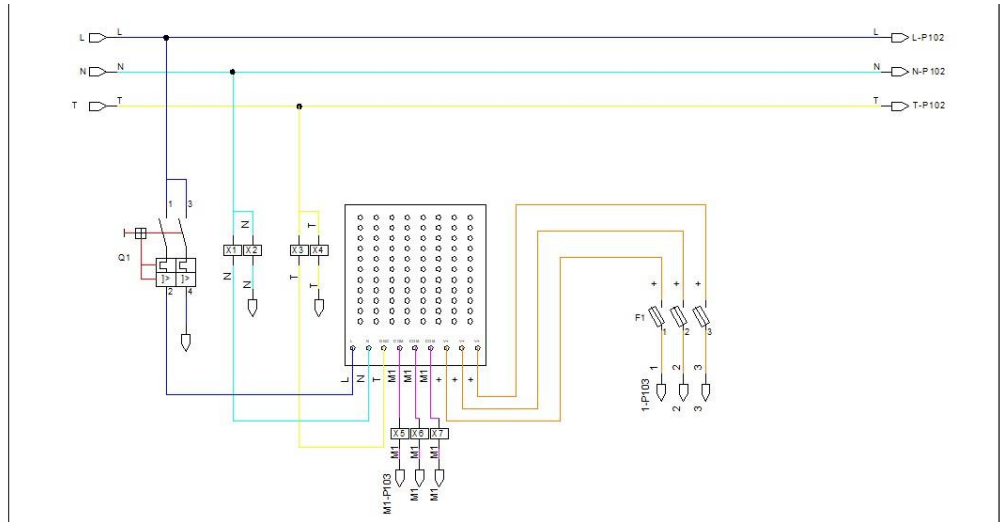
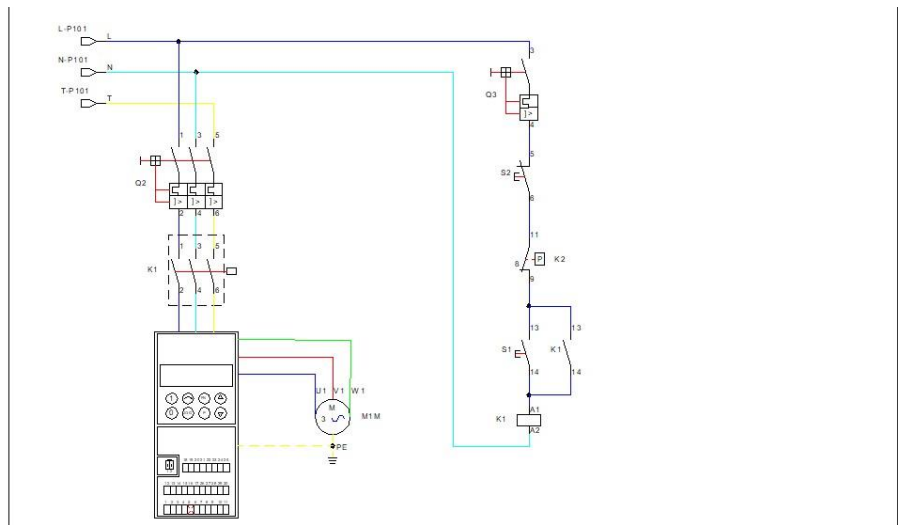


Figura 44 Conexión eléctrica en la fuente.
Fuente. Creación propia



Fuente. Creación propia

Figura 45 Plano de conexión del variador

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

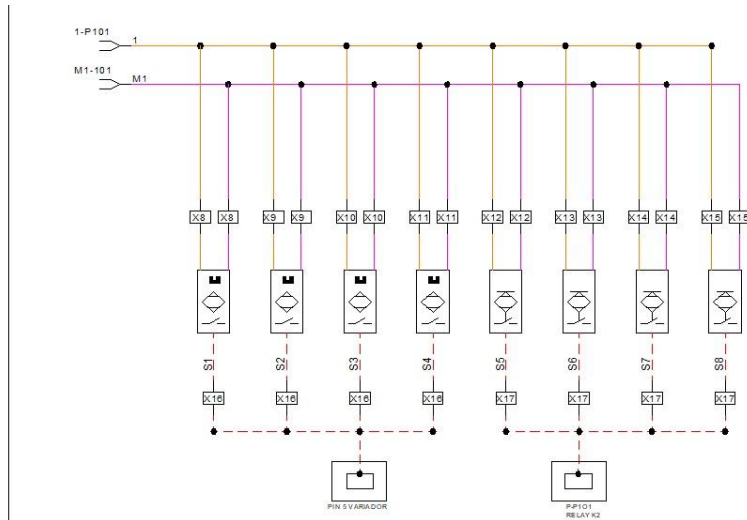


Figura 46 Conexión de sensores
Fuente. Creación propia

Se determinó desglosar los planos eléctricos debido a que se manejan voltajes bajitos pero diferentes, según lo requiera cada conexión y su potencia a entregar.

4.5. Diseño del dispositivo de medición.

Inicialmente se habla de que en el procesamiento de imágenes se trabaja solamente con lenguajes y programas gratuitos, con el fin de que la persona puedan verificar el funcionamiento de este se realiza un flujo grama del procesamiento que detalla su proceso como se puede evidenciar en la figura 47, con el fin de que el proyecto pueda acceder de forma rápida y legal a la competencia.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

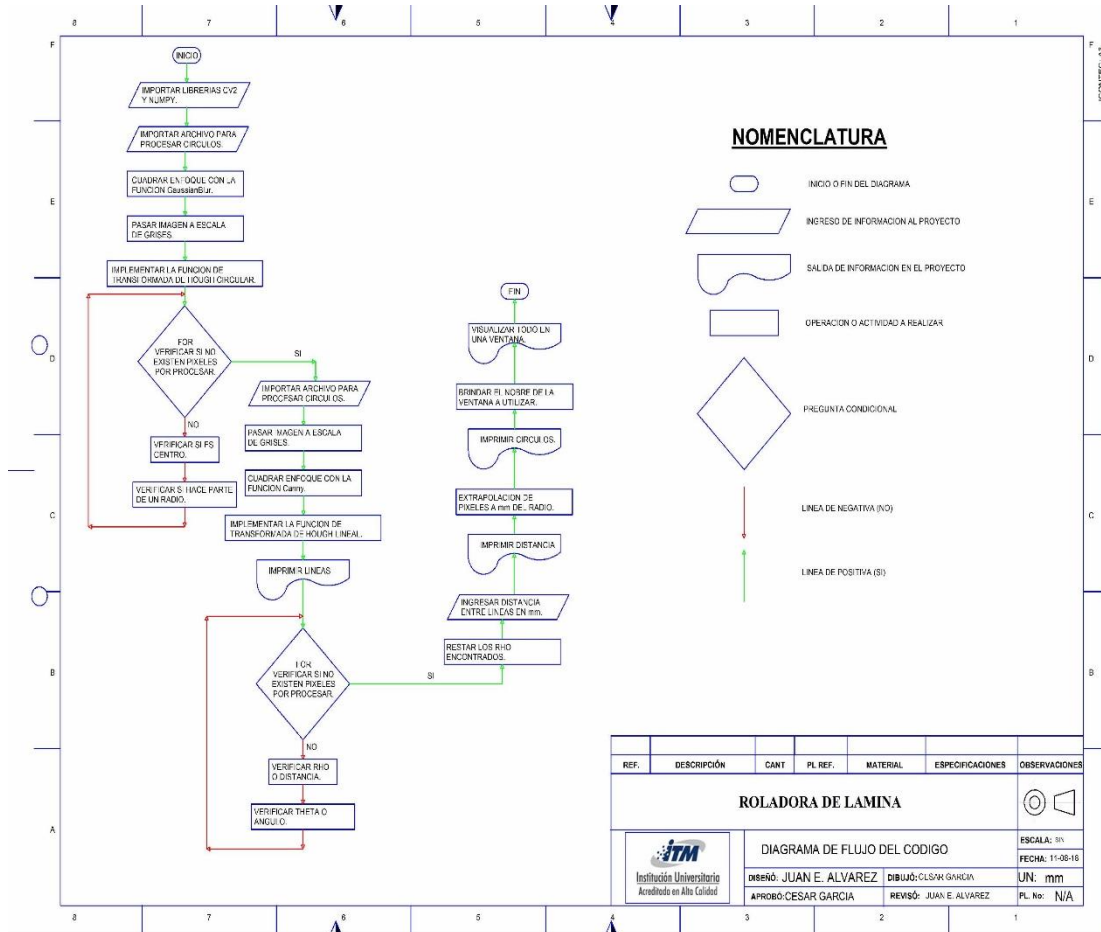



Figura 47 Flujo grama procesamiento
Fuente. Elaboración propia

En primera instancia se trabaja con un lenguaje muy común en el mundo académico para la época, estamos hablando del PYTHON, el cual, es un lenguaje avanzado que en diferencia con otros lenguajes genera mucha facilidad a la hora de compilar y verificar análisis en el algoritmo, también es de decir que la cantidad de información que existe tanto en libros como en el mundo virtual es bastante amplia; Este evento de la información se expande hasta el punto de generar una cantidad de librerías gratuitas y de fácil acceso para muchas tareas en particular, es decir, existen librerías de PYTHON para el mundo administrativo, ingenieril, diseño gráfico y en cualquier área científica que se requiera, en

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

este caso se utiliza una librería para el procesamiento de imágenes llamada OPEN CV, Es de tener presente que esta librería fue realizada en lenguaje C, pero es bastante compatible y amigable con el lenguaje a utilizar “PYTHON”.

Sin más preámbulos se realiza la compilación del reconocimiento de círculos por medio de un algoritmo en el siguiente orden lógico:


Se importa las librerías OPENCV y NUMPY; Luego se importa la imagen utilizando el nombre del archivo; Después se filtra la imagen con el “GaussianBlur” con el objetivo de quitar el ruido de alta frecuencia, esta función se puede reemplazar también con el “medianBlur” de acuerdo a la necesidad o tamaño de la imagen; A continuación se lleva la imagen a escalas de grises, con el propósito de identificar fácilmente las aristas de la imagen ;para completar esta etapa de configuración se aplica la transformada de Hough circular, la cual, identifica tanto el centro como el radio de un arco (es de tener presente que el programa compila la imagen de un arco y lo convierte en un círculo completo), todo esto es procesado con un ciclo FOR finito que estudia cada pixel de la imagen. Los parámetros más importantes a tener presente en este procesamiento son:

El fondo de la imagen, debe ser en crudo “Fondo entero” y con un color de tono muy claro, siempre con tendencia al blanco.

La extensión de la imagen, la cual para este caso en particular se utiliza la “JPG”, pero también se pueden utilizar otros formatos genéricos como lo es el caso de “BMP”.

El arco o círculo a demarcar, debe resaltar mucho en la imagen, en este caso la lámina rolada, no se requiere de un objeto con volumen “basta con una figura geométrica bidimensional”.

El tamaño de la imagen, hasta este momento se debe procesar con un programa de diseño gráfico llamado GIMP GNU, con el fin de poder escalar gráficamente la imagen sin

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

que se vea comprometida la cantidad de pixeles a contabilizar, lo que se realiza es que el tamaño de la imagen se reduce o amplía a un tamaño de 500PX x 500PX aproximadamente.

Rango del tamaño mínimo y máximo del radio a identificar se debe parametrizar desde el algoritmo, con el propósito de que el programa no se pierda y se quede procesando la información en un bucle.

El color de la línea a remarcar el círculo, este parámetro se modifica en el algoritmo con tres variables “cantidad de azul, cantidad de verde y cantidad de rojo”, Los cuales pueden tomar 256 posiciones.

El espesor de la línea thickness, se recomienda que no sea muy grueso para poder delimitar más fácil imagen y por estética.

Se debe decir cuál es el diámetro menor a reconocer en el proceso, al igual que el diámetro mayor con el fin de que el algoritmo no reconozca cualquier contraste como círculo, y que tampoco se quede buscando círculos sin enfoques.

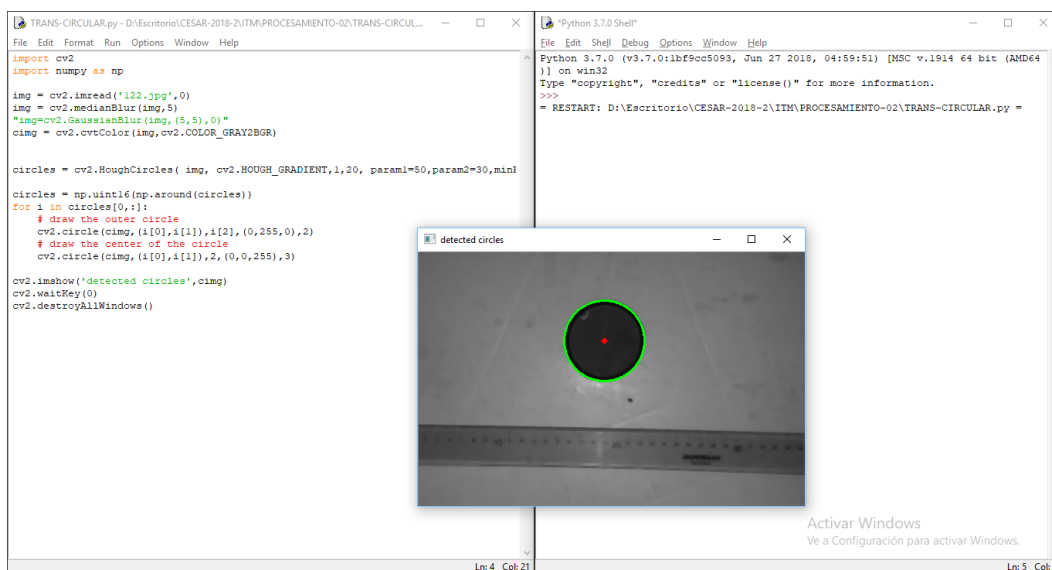


Figura 48 Identificación de diámetro por medio del código Fuente. Elaboración propia

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22


Hasta el momento solo se habló del reconocimiento de círculos en una imagen como se denota en la figura 48, de identificación de diámetro por medio del código a continuación, se habla del proceso empleado para la medición de dicho círculo.

El algoritmo en esta etapa trabaja con la transformada de Hough lineal para aprovechar al máximo el contenido de la librería OPENCV, el proceso es muy similar al anterior para el procesamiento y reconocimiento de bordes.

Para identificar los contrastes generados por los bordes se reemplaza la función “GaussianBlur o medianBlur” (solo se puede utilizar una de las dos), por la función canny, la cual se basa en las teorías del operador Sobel, y este a su vez se apoyó también en las teorías del gradiente para analizar las tendencias de los pixeles. Todo esto hace parte del pre-procesamiento de la imagen.

La diferencia entre los parámetros a tener presente en la transformada de Hough Lineal respecto a la transformada de Hough Circular, es que en la función de Hough se deben filtrar la cantidad de pixeles pertenecientes a la recta teniendo presente que:

Si el número de pixeles tiende a ser muy alto, el filtro será mayor y tendrá tendencia a no reconocer casi líneas como se evidencia en la figura 49, reconocimientos de líneas verticales y horizontales por pixeles.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

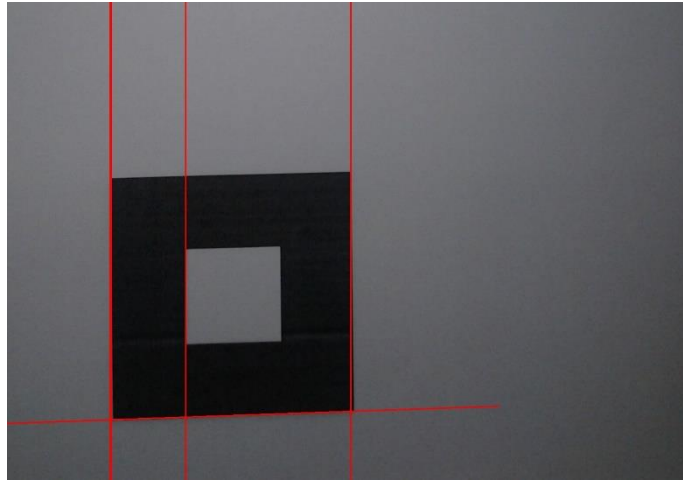


Figura 49 Reconocimiento de líneas verticales y horizontales por pixeles
 Fuente. Elaboración propia (ver Apéndice B pág. 272)

Si el número de pixeles tiende a ser muy bajo, el filtro será menor y tendrá la tendencia a reconocer casi todo como una línea como se prueba en la figura 50, que nos dice que es reconocimiento de pixeles líneas verticales y horizontales con un pixel muy bajo

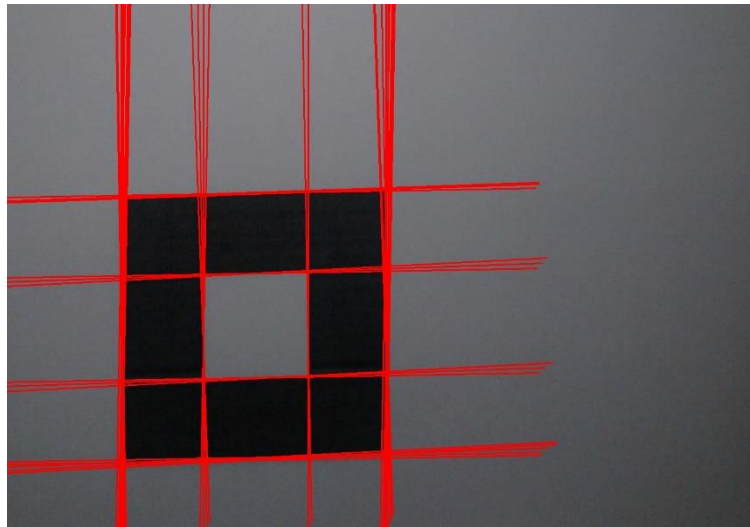



Figura 50 Reconocimiento de pixeles líneas verticales y horizontales con un pixel muy bajo
 Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

El trabajo del reconocimiento de líneas se realiza con el propósito de generar un patrón, es decir, si en la imagen aparecen dos líneas y se conoce la separación entre estas se puede realizar una simple extrapolación para decir de cuanto es el radio del círculo.

Es de aclarar que las propiedades de una línea para la función de Hough lineal son las variables Rho y Theta, entonces las distancias o diferencias de pixeles se realizan restando el Rho mayor menos el Rho menor.

Los dos algoritmos tanto de la transformada circular como la transformada lineal se combinan para dar paso al resultado esperado.

En el ejemplo que realiza a continuación está el algoritmo completo teniendo presente que la distancia entre las dos líneas ya se conoce “22mm”.

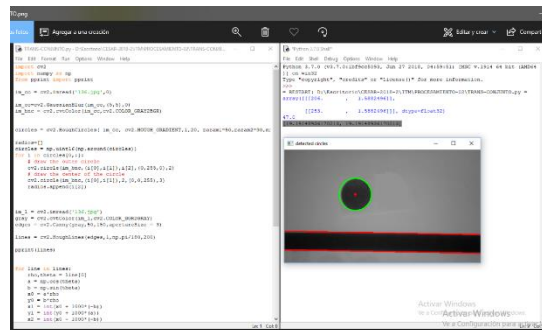



Figura 51 Código de procesamiento de imagen

Fuente. Elaboración propia)

En la figura (51), donde nos muestran el código del procesamiento de imagen más conocido como el algoritmo en sus dos etapas al lado izquierdo, mientras que en el lado derecho esta la ventana de resultados o ejecución, la cual, nos muestra el análisis de cuantos pixeles existen entre las dos líneas que se separan por 22mm, arrojando un resultado que se está resaltando o sombreando en gris indicando que el radio del círculo es de 19mm aproximadamente “es bastante certero”.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Todo es realizado con una cámara bastante deficiente de un celular SAMSUNG J1.

```

import cv2
import numpy as np
from pprint import pprint

im_cc = cv2.imread('136.jpg',0)

im_cc=cv2.GaussianBlur(im_cc, (5,5),0)
im_bnc = cv2.cvtColor(im_cc,cv2.COLOR_GRAY2BGR)

circles = cv2.HoughCircles( im_cc, cv2.HOUGH_GRADIENT,1,20, param1=50,param2=30,minRadius=40,maxRadius=100)

radios=[]
circles = np.uint16(np.around(circles))
for i in circles[0,:]:
    # draw the outer circle
    cv2.circle(im_bnc, (i[0],i[1]),i[2], (0,255,0),2)
    # draw the center of the circle
    cv2.circle(im_bnc, (i[0],i[1]),2, (0,0,255),3)
    radios.append(i[2])

im_l = cv2.imread('136.jpg')
gray = cv2.cvtColor(im_l,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
edges = cv2.Canny(gray,50,150,apertureSize = 3)

lines = cv2.HoughLines(edges,1,np.pi/180,200)

pprint(lines)

for line in lines:
    rho,theta = line[0]
    a = np.cos(theta)
    b = np.sin(theta)
    x0 = a*rho
    y0 = b*rho
    x1 = int(x0 + 1000*(-b))
    y1 = int(y0 + 1000*(a))
    x2 = int(x0 - 1000*(-b))
    y2 = int(y0 - 1000*(a))

    cv2.line(im_bnc, (x1,y1), (x2,y2), (0,0,255),2)
rho1=lines[0][0][0]
rho2=lines[1][0][0]
dist_px=abs(rho1-rho2)
dist_mm=22


pprint(dist_px)
radios_mm=[]
for radio_px in radios:
    radio_mm=(dist_mm*radio_px)/dist_px
    radios_mm.append(radio_mm)

pprint(radios_mm)

cv2.imshow('detected circles',im_bnc)
cv2.waitKey(0)
cv2.destroyAllWindows()

```

Figura 52 Código detallado del algoritmo
Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para la construcción de la base de la señal se determina que esta debe ser de vidrio para que no genere bordes como se denota en la figura 51, Evidenciando la figura 52, se puede observar paso a paso el logaritmo utilizado para el desarrollo del código a implementar con el fin de que este muestre un derrotero mientras se efectúa el trabajo y las pruebas de ensayo.

Para el caso de la roladora simulada en particular se utiliza un enfoque seccionado de la parte superior izquierda con los siguientes parámetros:

`minRadius=420`

`maxRadius=500`

`lines = cv2.HoughLines(edges,1,np.pi/180,190)`

Que permite evidenciarse en la figura 53 que nos denota las pruebas de mediciones de diámetros con arcos.

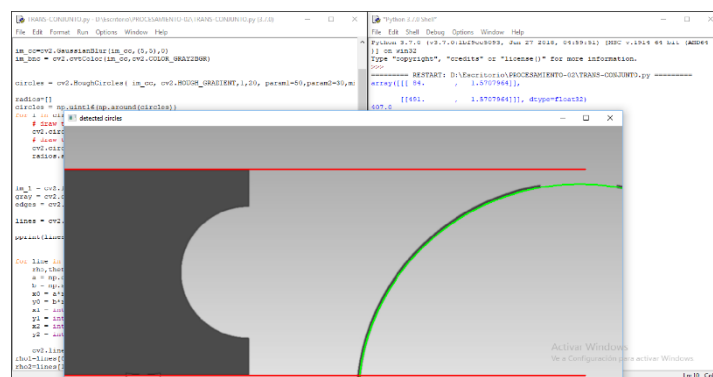



Figura 53 Pruebas de medición de diámetros con arco
Fuente. Elaboración propia (ver Apéndice B pág. 272)

La señal de proporción solo requiere demarcar dos líneas en el algoritmo, en este caso no se realizan planos de esta ya que en cada caso será distinto dependiendo el lugar y el espacio con que se cuenta.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

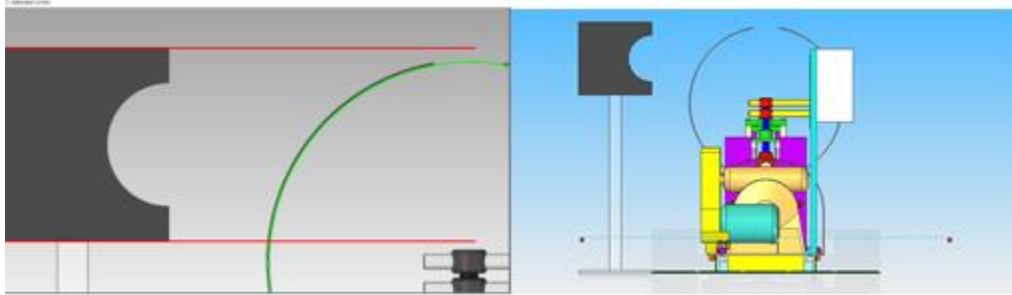


Figura 54 Medición de diámetro con ruido
Fuente. Elaboración propia

En la figura 54, nos habla de la medición de diámetro completo, se cambia el radio de la lámina y por lo tanto cambian los parámetros de ingreso en el algoritmo o código, además, también se observa que en la imagen se genera bastante ruido con la estructura mecánica y eléctrica de la máquina, pero el procesamiento no se ve afectado en lo más mínimo. Cuando se habla de ruido se habla de otras líneas rectas y de otros arcos o radios, pero el sistema se puede parametrizar para evitar inconvenientes con las imágenes a distancias considerables como se muestra en la figura 55.

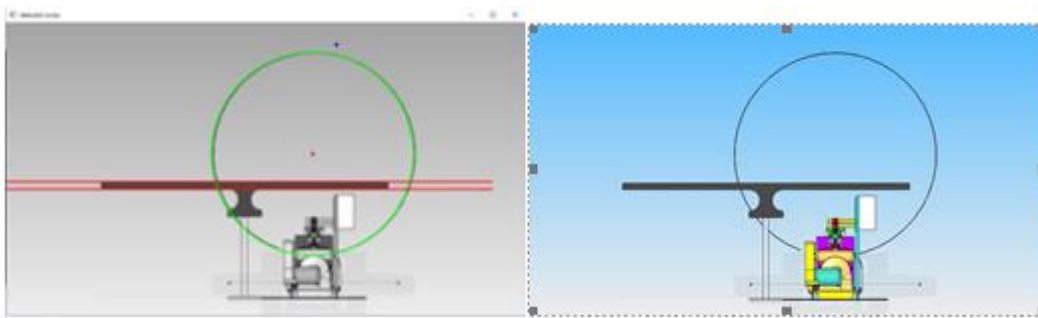


Figura 55 Medición de diámetro completo
Fuente. Elaboración propia

La idea es adecuar el espacio de la maquina como se habla anteriormente, y una aproximación muy buena es la simulación en un software tridimensional. Se debe tener muy presente como se ilustra en ambas imágenes, de acuerdo a la distancia de la foto se propone una silueta en la señal para generar las líneas rectas de medición. Además, también

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

es evidente que algoritmo reconoce tanto los diámetros de un círculo completo como de un arco.

Se plantea el diseño del plano de la maquina completa para poder evidenciar su tamaño y forma en cuanto al desarrollo o implementación como se muestra en la figura (55).


4.6. Modelo de ensamble completo

A continuación se muestra un modelo en la figura (56), que permite identificar el ensamble completo de la máquina, teniendo en cuenta los grandes diámetros y estructuras cilíndricas que puede alcanzar analizar, la gran magnitud de láminas que puede doblar, el dispositivo de medio de diámetros por medio de visión artificial es un dispositivo identificado como una cámara de video juego (Kinect) ver figura 57, esta es independiente del ensamble de la máquina, permitiendo poder ubicarse en cualquier lugar o enfocando mejor del objeto a reconocer.

Como se puede visualizar en la figura 57, es una cámara sencilla de video juegos con la que se realizaron pruebas de persecución de diámetros cilíndricos, se efectúan ensayos con circunferencias no cerradas totalmente, para determinar si esta puede visualizar todo el diámetro o solo una parte de él.

El ensamble general de la maquina se realiza y se presenta por medio de un software que permite realizar modelos o estructuras en 3D para obtener una mejor visualización de este e identificar cada componente que esto requiere.

El Kinect que se emplea para desarrollar las pruebas y en fallos del proyecto tiene un campo de visión horizontal de cincuenta y siete (57) grados y cuarenta y tres (43) grados verticales, además tiene un rango de inclinación físico de más o menos veintisiete grados (± 27), esta inclinación se puede determinar o configurar directamente desde el computador

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

u ordenar ya ubicado el Kinect en un punto determinado que requiera para su visualización o a criterio del operador.

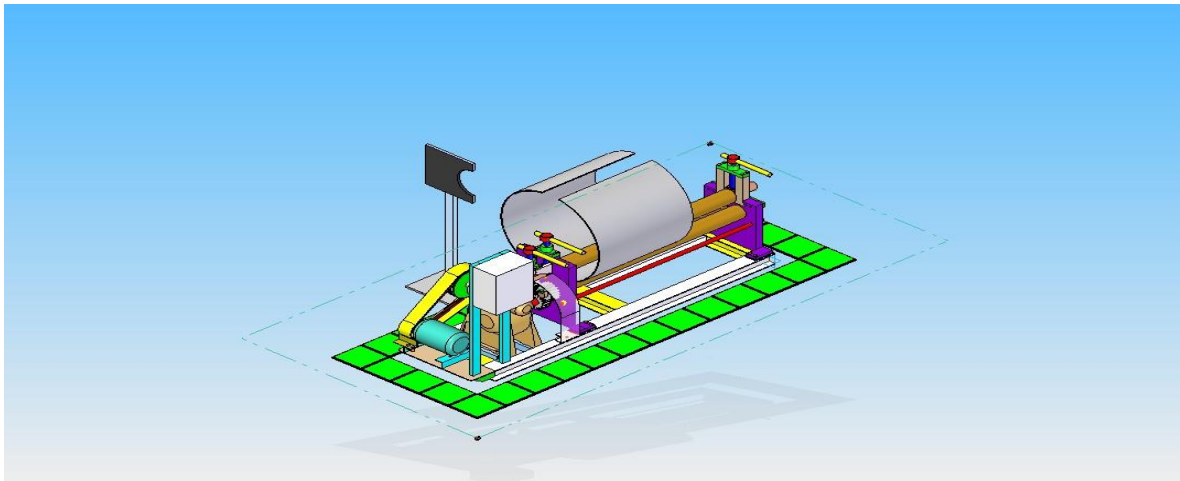



Figura 56 Ensamble general de una maquina roladora modelado en 3D
Fuente. Creación propia



Figura 57 Camara Kinect

Fuente. Extraída de. <https://es.wikipedia.org/wiki/Kinect>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO


1. Los sistemas de transmisión por banda pueden adquirir una mayor velocidad que los sistemas de transmisión de potencia por cadena.

2. Los tornillos se pueden emplear como elementos de transmisión de potencia o sujetadores, teniendo presente que los que pueden generar una mayor fuerza y precisión son los que tienen sección de rosca cuadrada.

3. En cuanto a los programas de diseño asistido por computador se puede hablar de una gran similitud, pero una de las principales diferencias entre el entorno de AutoCAD y Solid Edge es que AutoCAD solo requiere de un archivo para diseñar sus piezas, crear su ensamble, realizar los planos de fabricación, mientras que Solid Edge requiere de un archivo para cada pieza, otro para el conjunto, otro para el ensamble de soldadura.

4. Otra diferencia entre estos dos programas de diseño es que el AutoCAD puede ejecutar sus comandos de varias formas, de forma literal, con siglas, por el menú de herramientas, seleccionando sus iconos; Mientras que en el Solid Edge solo se puede seleccionar el comando por medio gráfico en un icono.

5. La gran ventaja que tiene el Solid Edge sobre AutoCAD, es que puede realizar desarrollos de láminas, módulo que es muy útil para la construcción de carcazas y materiales superficiales.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

6. Es muy importante a la hora de programar un algoritmo conocer la compatibilidad entre el lenguaje de programación a utilizar y la librería que se requiere cuando de funciones complejas se trata, ya que existe mucha información open source pero es muy complicado compactarla y aplicarla a lo que se requiere.

7. El factor de la diversidad de variadores en el mercado es muy positiva, pero como todo en la vida aplica el dicho “todo en exceso es malo”, ya que este efecto de diversidad también puede generar ignorancia respecto a las nuevas tecnologías y retarda los procesos de búsqueda.


8. Como también se trata de hablar de recomendaciones a futuro, se habla de posibles controles electrónicos para los tornillos de ubicación de los rodillos con el fin que la maquina cada vez sea más autónoma, a partir de las decisiones de una fotografía.

9. Otro aspecto a mejorar es la alimentación de la máquina, para protección de la fatiga muscular en los operarios y evitar posibles accidentes e incidentes en el proceso.


10. Otro posible aspecto a mejorar es la estabilidad de un silo cuando esta sujetado en la máquina, también se propone un sistema hidráulico que ayude con la sujeción del silo como especies de brazos que sostengan la lámina y lo conserven centrado respecto a los rodillos.

11. Los sistemas redundantes en la industria son muy necesarios, especialmente cuando se trata de la seguridad e integridad de un ser humano.

12. Para emplear un sistema cableado se recomienda utilizar tubería galvanizada y de seguridad contra incendio ya que la maquina debe quedar retirada de los muros.


	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

13. Como conclusión final se le da gran importancia a todos los procesos de estandarización tanto para las etapas de diseño mecánico y eléctrico, como para la parte literal de los informes. Estos procesos son complejos y rigurosos, pero son necesarios para unificar criterios.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

REFERENCIAS

- |, L. G. (2013). *Fotografía Digital. e-Portfolio*, 7-16.
- Aceros, L. y. (2 de Agosto de 2016). <http://blog.laminasyaceros.com/blog/el-acero-clasificaci%C3%B3n-segun-astm>. Obtenido de <http://blog.laminasyaceros.com/blog/el-acero-clasificaci%C3%B3n-segun-astm>
- aérea, H. d. (4 de 07 de 2014). *Airdroneview*. Obtenido de Airdroneview: <https://airdroneview.com/2014/07/04/historia-de-la-fotografia-aerea/>
- Alberso, C. (1990). *Soldadura TIG de aluminio y aleaciones*. europa: Ediciones paraninfo. s.a.
- BARAJAS, J. G. (2010). *ANALISIS DE TEXTURAS A TRAVES DEL PROCESAMIENTO DE IMAGENES*. EURPA: USTA.
- Carlos, R. (2008). Obtenido de https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ZFWVeqNd_zcJ:https://johnguiio.files.wordpress.com/2013/09/clase-magistral-laminac3b3n.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co
- Cheli.AntonioE. (2011). *Introducción a la Fotogrametría y su evolución*. Buenos Aires: AGRIMENSURA.
- E. Johnston, D. F. (2017). *Mecánica Vectorial para ingenieros. Estática* . EUROPA: 11ª edición Tapa blanda.
- Fabricator. (13 de 9 de 2011). *el fabricante*. Obtenido de <http://www.thefabricator.com/>
- Fabricator. (03 de Febrero de 2011). *Fabricator, 2011*). Obtenido de <https://www.thefabricator.com/publication/fab/february-2011>
- Ferdinand Beer, E. J. (2013). *DINAMICA MECANICA VECTORIAL PARA INGENIEROS DINAMICA*. EUROPA: Tapa blanda .
- Fidestec. (20 de Agosto de 2010). *Senores fotoelectricos indutriales*. Obtenido de <https://fidestec.com/blog/sensores-fotoelectricos-industriales-fotocelulas/>
- García, J. L. (2002). *Fotografía Moderna, Analítica y Digital*. Valencia: Universidad Politècnica.
- INGENIERIA MECANICA. (6 de ABRIL de 2011). <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn131.html>. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn131.html>
- Intermec. (23 de marzo de 2016). Obtenido de www.intermec.com.co

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

John, E. (1970). *CAD Fundamentals for Architecture*. EEUU: LAURENCE.

mapa, A. (10 de Enero de 1940).

<http://www.acerosmapa.com.co/index.php/productos/laminas/lamina-hr>. Obtenido de
<http://www.acerosmapa.com.co/index.php/productos/laminas/lamina-hr>

Mott, R. (2006). *Diseño de elemetos de maquinas 4 edision*. medellin: Pearson.

NOVACERO. (28 de FEBRERO de 2010). <http://www.novacero.com>. Obtenido de
<http://www.novacero.com/mproductos/agroindustriales/silos-y-tanques-right.html#especificaciones-t%C3%A9cnicas>


PULIDO, M. A. (2000). *CONVERTIDORES DE FRECUENCIA, CONTROLADORES DE MOTORES Y SSR*. EUROPA: S.A. MARCOMBO.

Richad G, B. y. (2008). *Diseño Mecanico de Shigley*. Mexico: Punta Santa Fe.

Salvadori y Heller, 1., & Timoshenko y Young, 2. (1998 - 2000). *ESFUERZO Y EFORMACION*. Madrid: issuu.

Scientia Et Technica. (24 de mayo de 2004,). *IMPLEMENTACIÓN DE LA TRANSFORMADA DE HOUGH PARA LA DETECCIÓN DE LÍNEAS*. Obtenido de
<http://www.redalyc.org/pdf/849/84912053025.pdf>

Village, H. (2000). *Jiangyin Huaxi International Trade Co. Ltd*. Obtenido de
<http://alznprecoatedsteel.es/1-1-cold-rolled-steel-sheet.html>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

APÉNDICE

Apéndice A: Los sistemas de entretenimiento para el hombre a través de la historia siempre están presentes, continuamente el ser humano piensa en que entretener el tiempo y esto lo ha llevado a desarrollar tecnología enfocada a diversos sistemas de distracción conocidos como consolas de videojuego, Como dato genérico, esta es una de las aplicaciones que pueden dar más aporte al desarrollo tecnológico de la humanidad, estas consolas además de regalar al hombre entretenimiento sano, genera desarrollo tecnológico.

Con el propósito de estandarizar el proceso, el equipo de trabajo decide que la mejor forma de garantizar el algoritmo en su máximo rendimiento es con una cámara de consolas de video juegos (Kinect).

Esta decisión se toma gracias que es una cámara muy potente; Es bastante estable su funcionamiento; Además de su gran comercialización a nivel mundial.

El proceso solo requiere de un computador con un respectivo compilador de algoritmos ya sea en una plataforma Windows, Linux, o Android, El algoritmo se desarrolla en lenguaje PYTHON ya que es bastante genérico y además, la librería de OPENCV está desarrollada en con un lenguaje nativo de C y C++, esto genera gran compatibilidad para el procesamiento de imágenes y en su defecto para el reconocimiento de círculos en una imagen.

De forma muy superficial el proceso lo que realiza es un conteo de pixeles y de acuerdo a esta cantidad se ofrece un gran acercamiento a lo que es la longitud del silo o el diámetro formado por la amina. Debido a esta resolución de pixeles es que la cámara no se recomienda que sea cualquiera ni muy ordinaria.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

Es bueno tener presente que tanto el lenguaje C como la librería OPENCV son de fácil acceso y gratuitas, y no requieren de una maquina muy potente.

La idea es que para efectos de calidad la información más que ser procesada pueda almacenada en una respectiva base de datos y de esta forma se comience por la automatización de un proceso tan complejo y tan variante.


Esta idea surge también bajo el concepto de la seguridad y la integridad de los operarios a la hora de no estar cerca de la maquina ni el sistema de rolado.

Apéndice B: En la imagen del plano nomenclador “1000” se encuentra el producto final con sus respectivos componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos con las respectivas medidas de su volumen (alto, ancho y profundo). En la imagen de color se encuentra su perspectiva isométrica, las demás vistas son las vistas ortogonales (frontal, lateral izquierda y superior).

La máquina está montada sobre unos perfiles W en forma de riel, tiene un cajón metálico donde se encuentran los controles eléctricos, tiene una guarda de protección para un sistema de banda, la parte externa está rodeada por unos cuadros que representan la distribución de los tapetes de seguridad o celdas de carga, por último se perciben en la vista superior unos cuadros muy pequeños ubicados en la parte inferior izquierda y superior derecha, estos representan la ubicación de los sensores fotoeléctricos tipo réflex.

Como la idea es proteger al operario técnico, se asume que el computador y los sensores se deben ubicar a cierta distancia del campo de acción de la máquina, igualmente que los botones de paro de emergencia, además, se debe tener presente que la cámara entre más retirada se encuentre puede brindar diámetros de medidas mayores.

Para completar la información del algoritmo se realiza un comentario tanto para el código como para el apéndice, con el fin de tener presente estos detalles:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Anexos

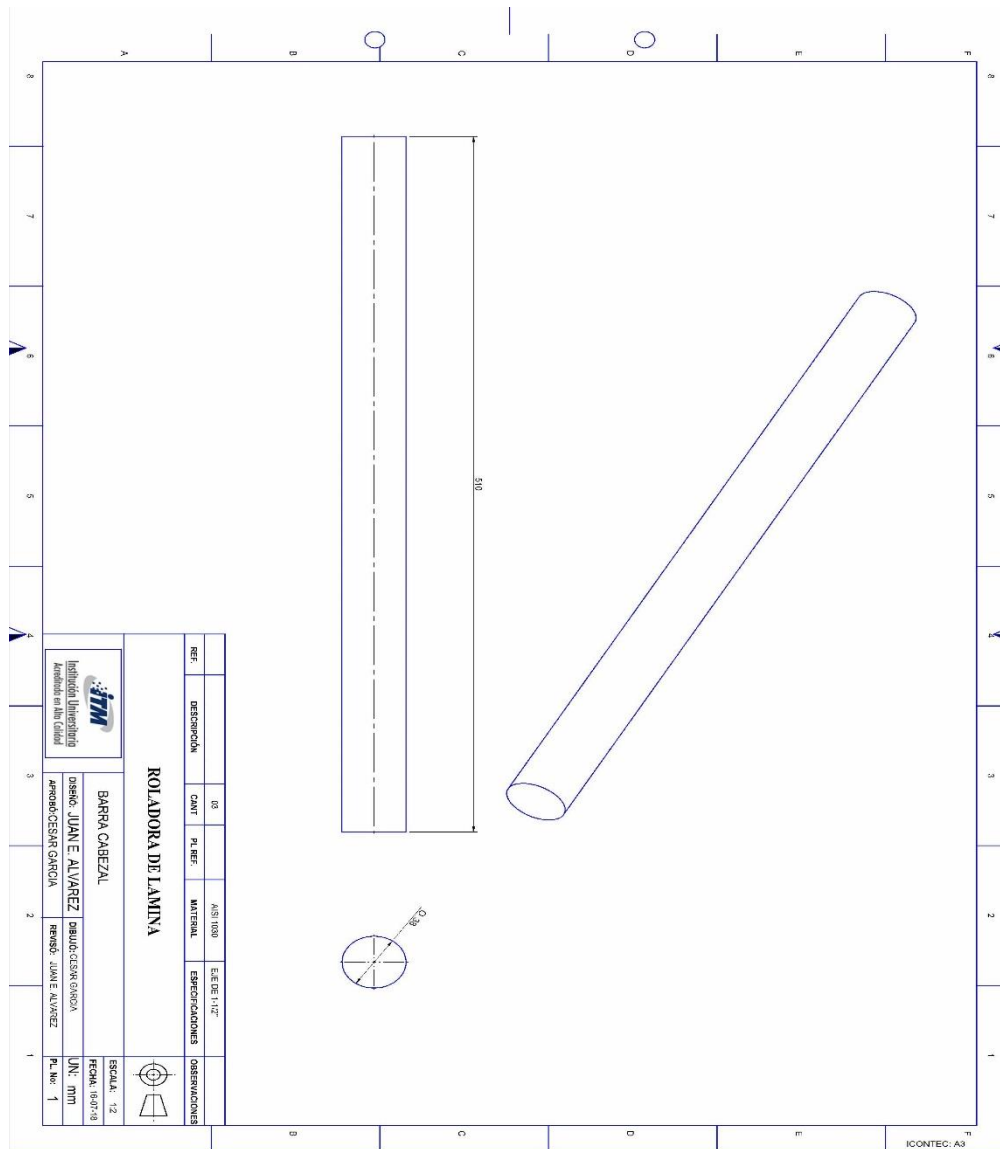



Figura 58 Plano de barra cabezal
Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

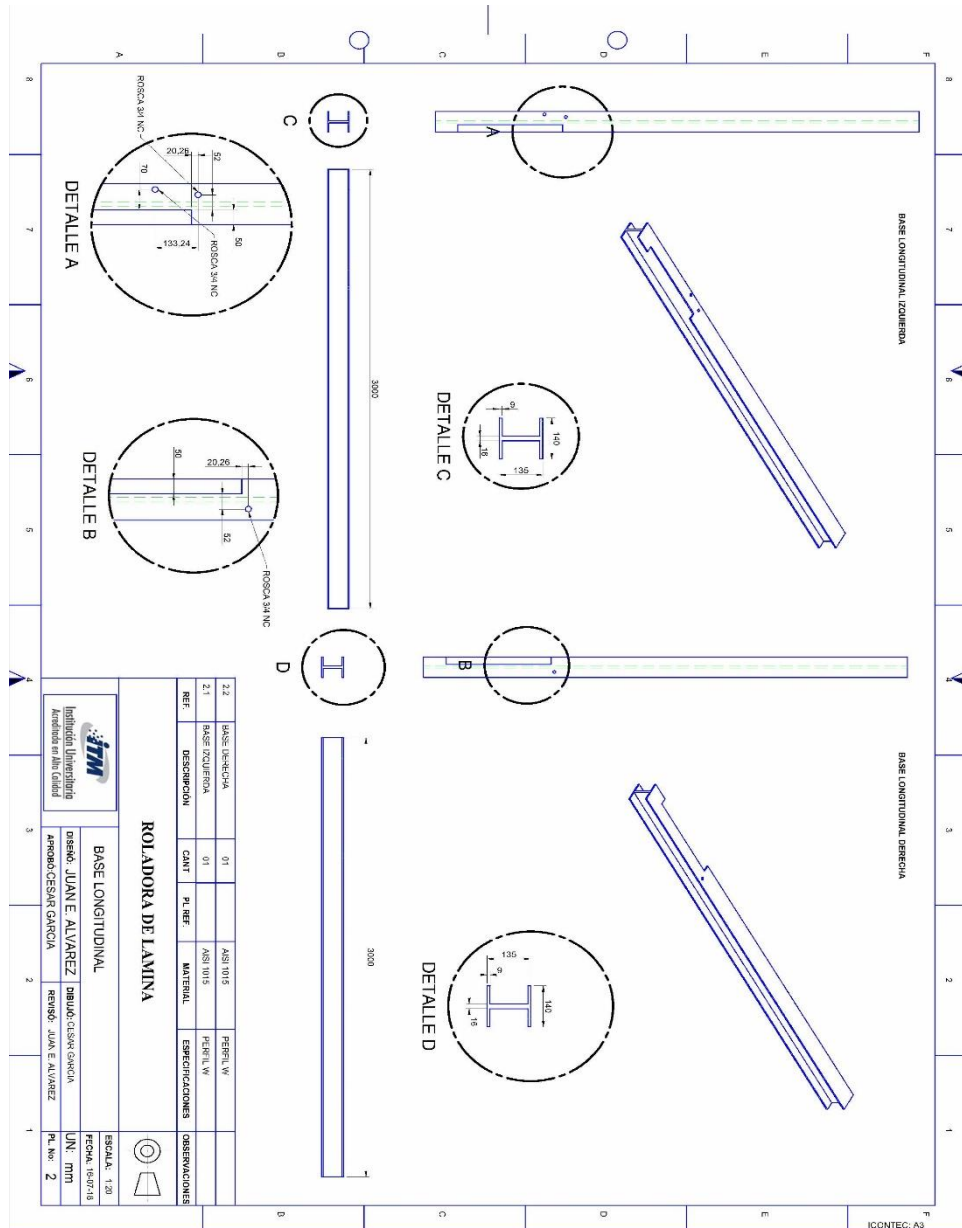



Figura 59 Plano de la base longitud
 Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

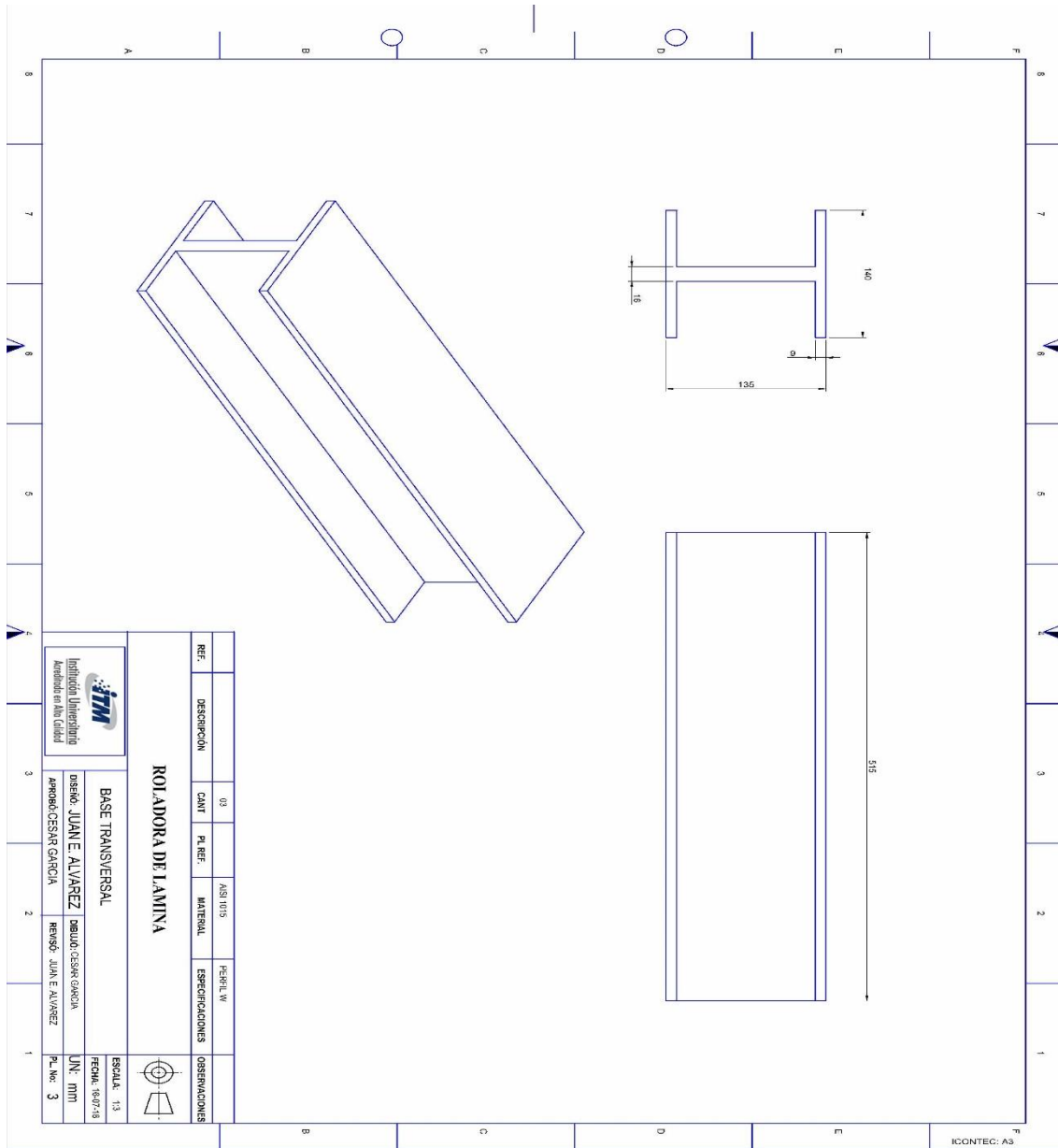



Figura 60 Plano de base transversal
 Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

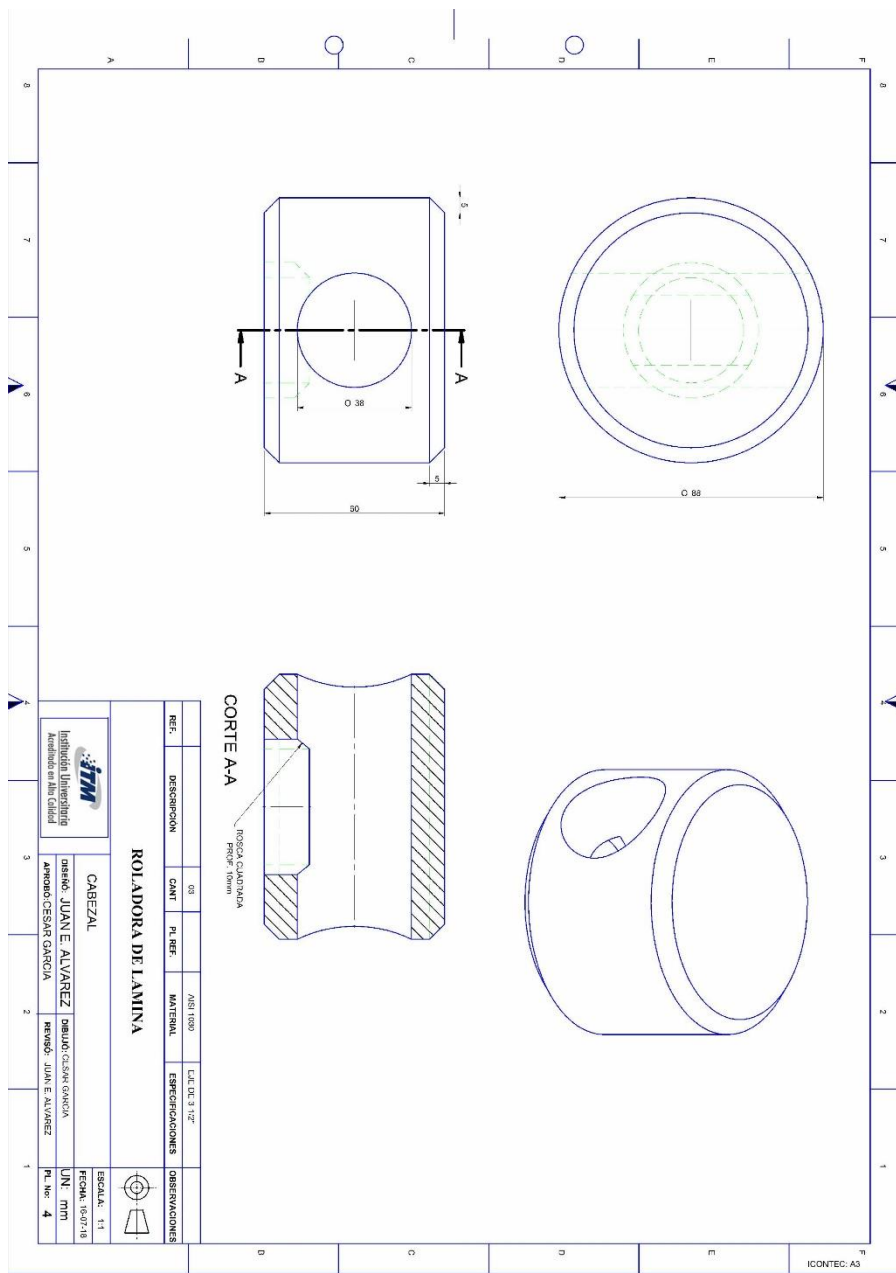



Figura 61 Plano de cabezal
 Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

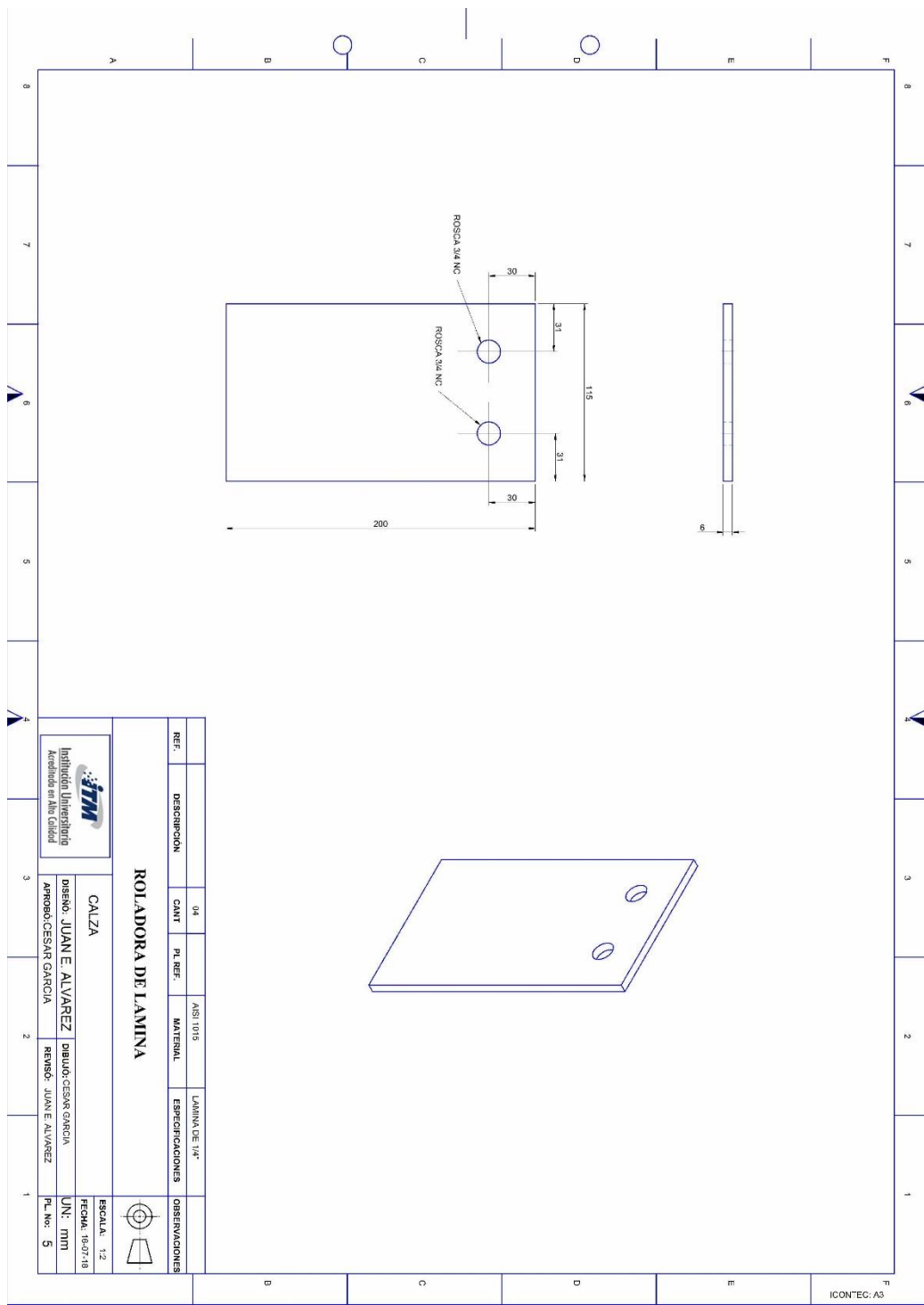



Figura 62 Plano de cabezal
Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

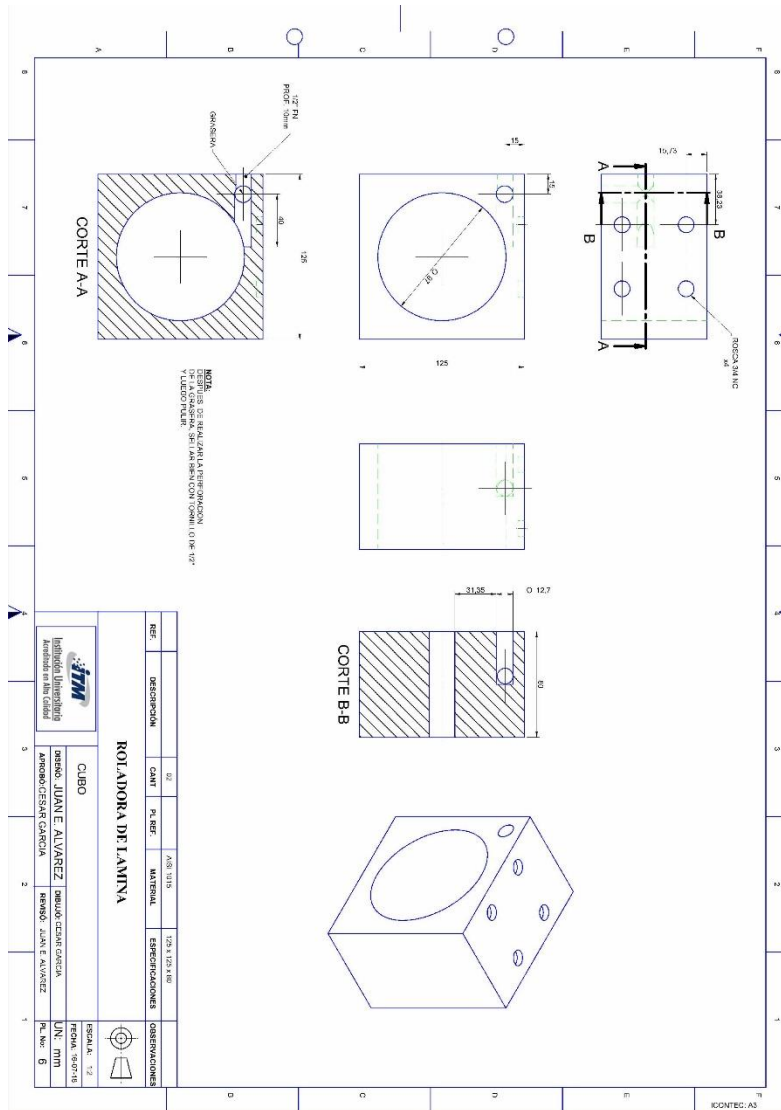



Figura 63 Plano de cubo
 Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

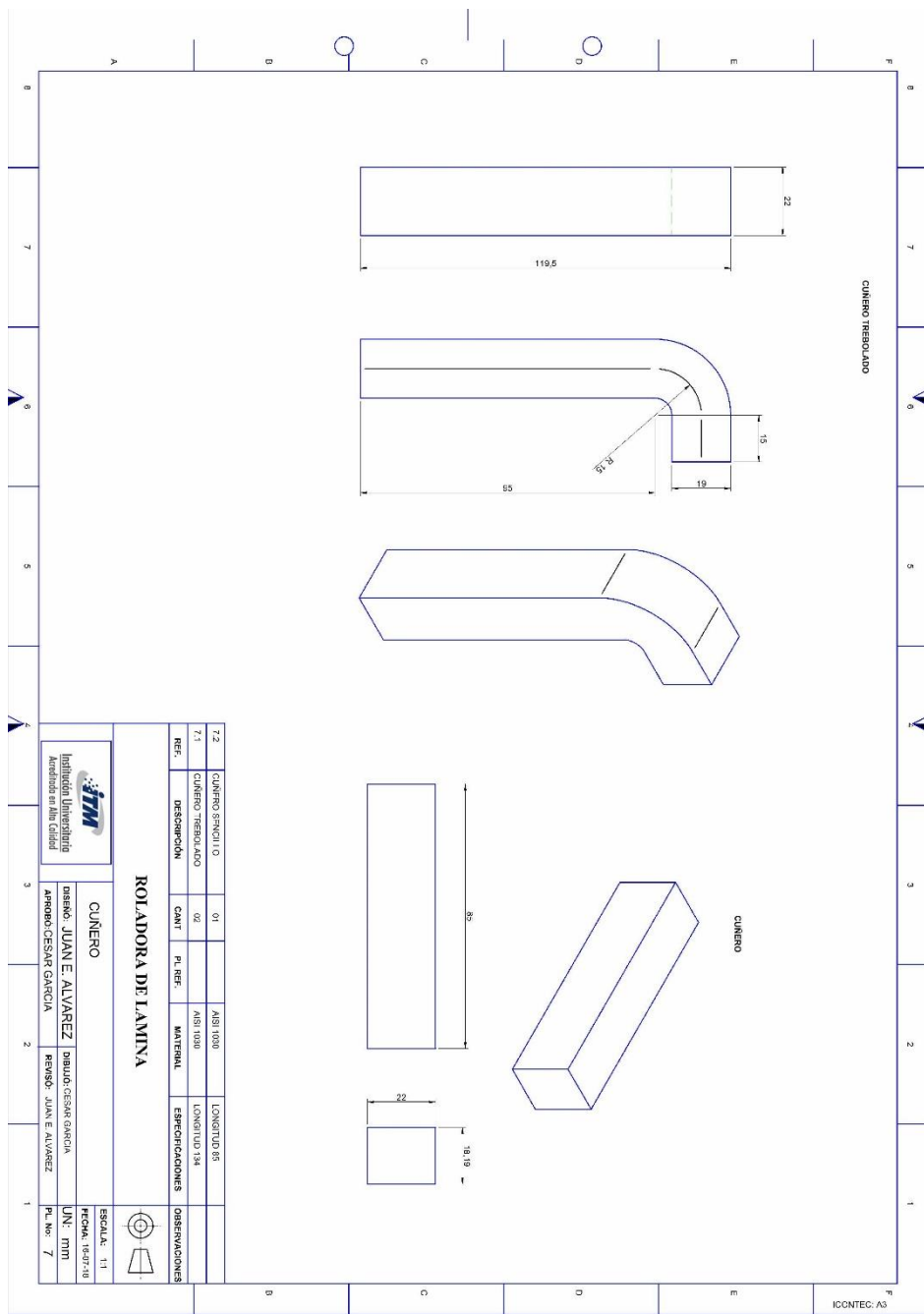



Figura 64 Plano de cuñero
Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

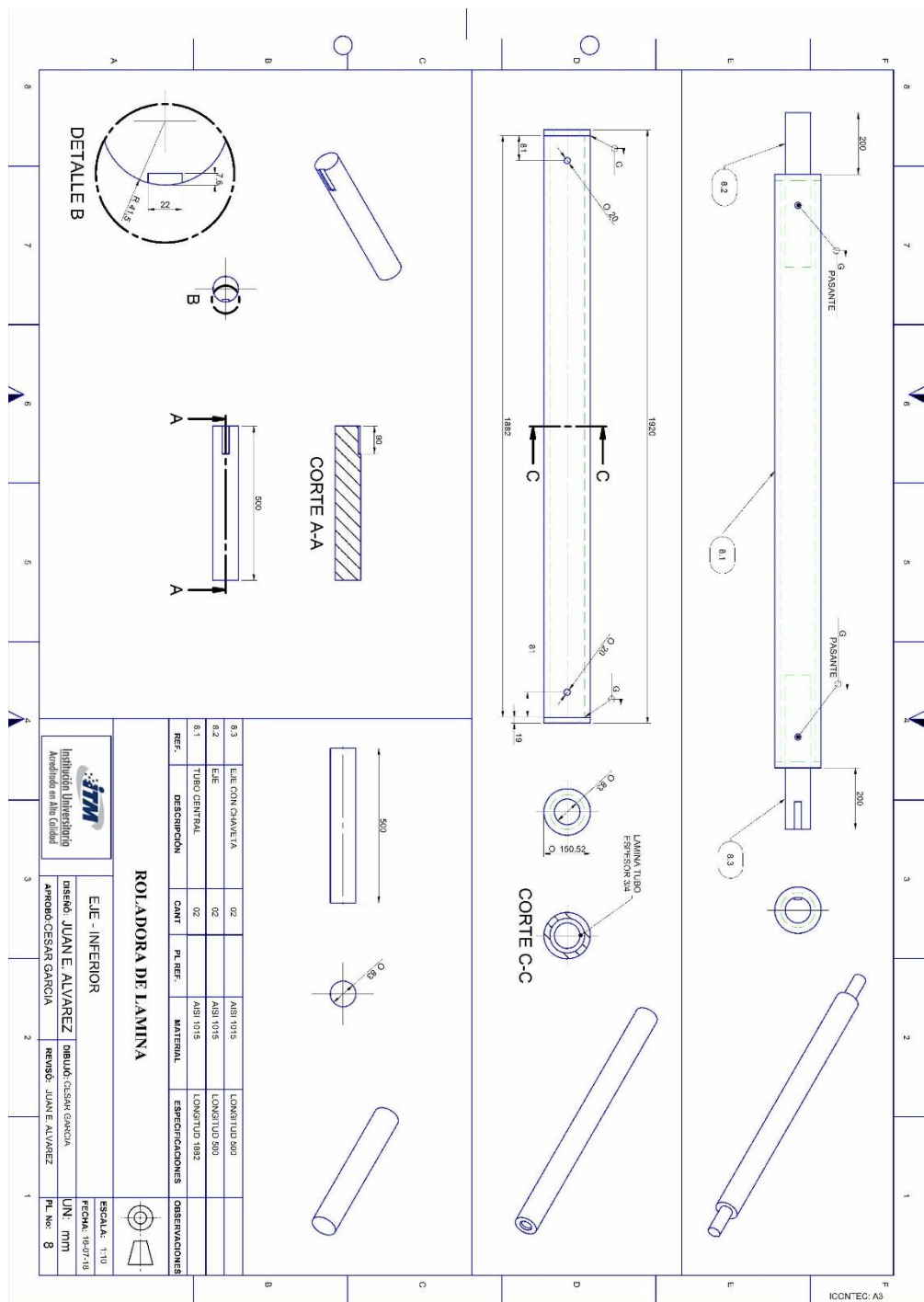


Figura 65 Plano de eje inferior
 Fuente. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

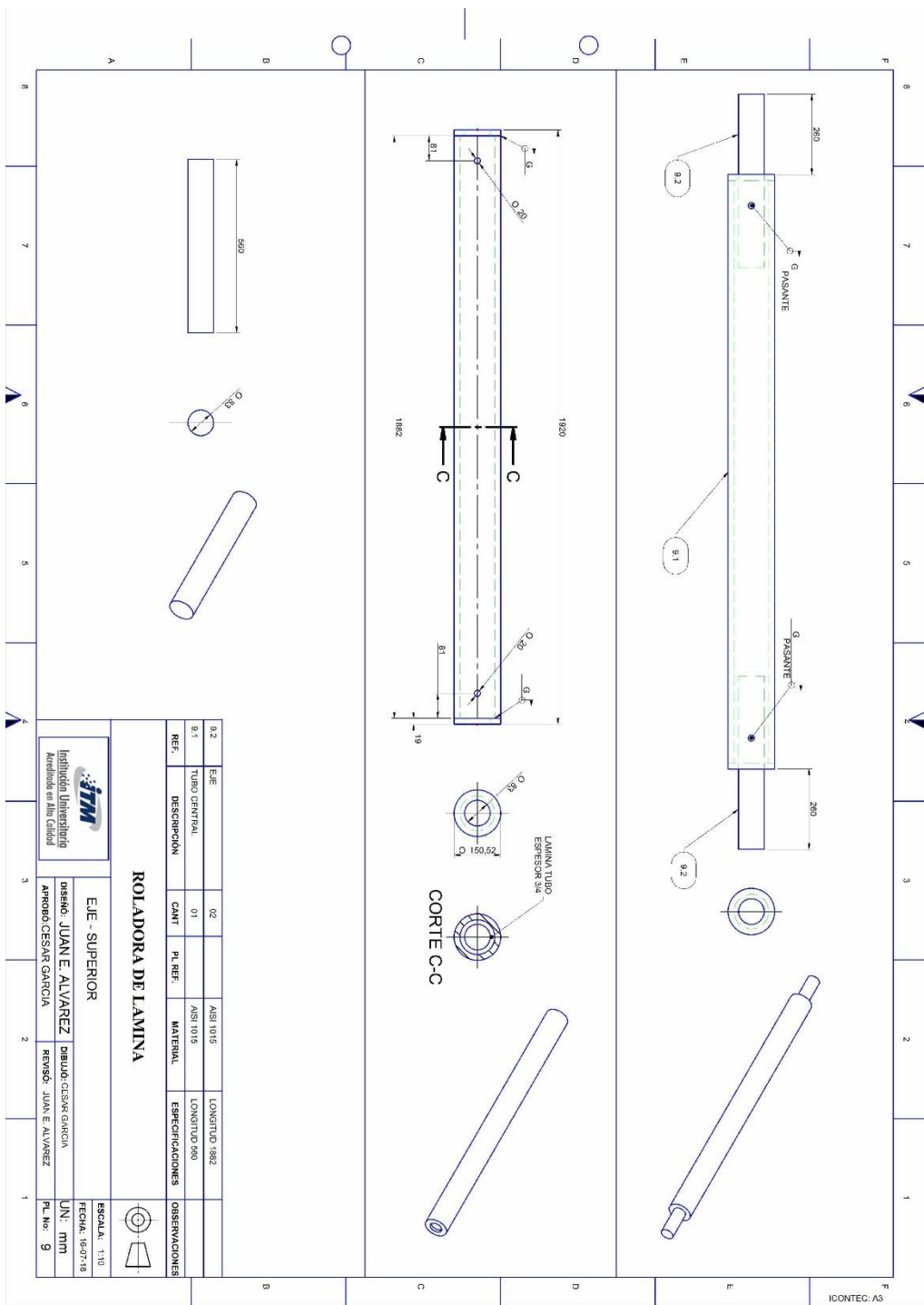



Figura 66 Plano de eje superior
Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

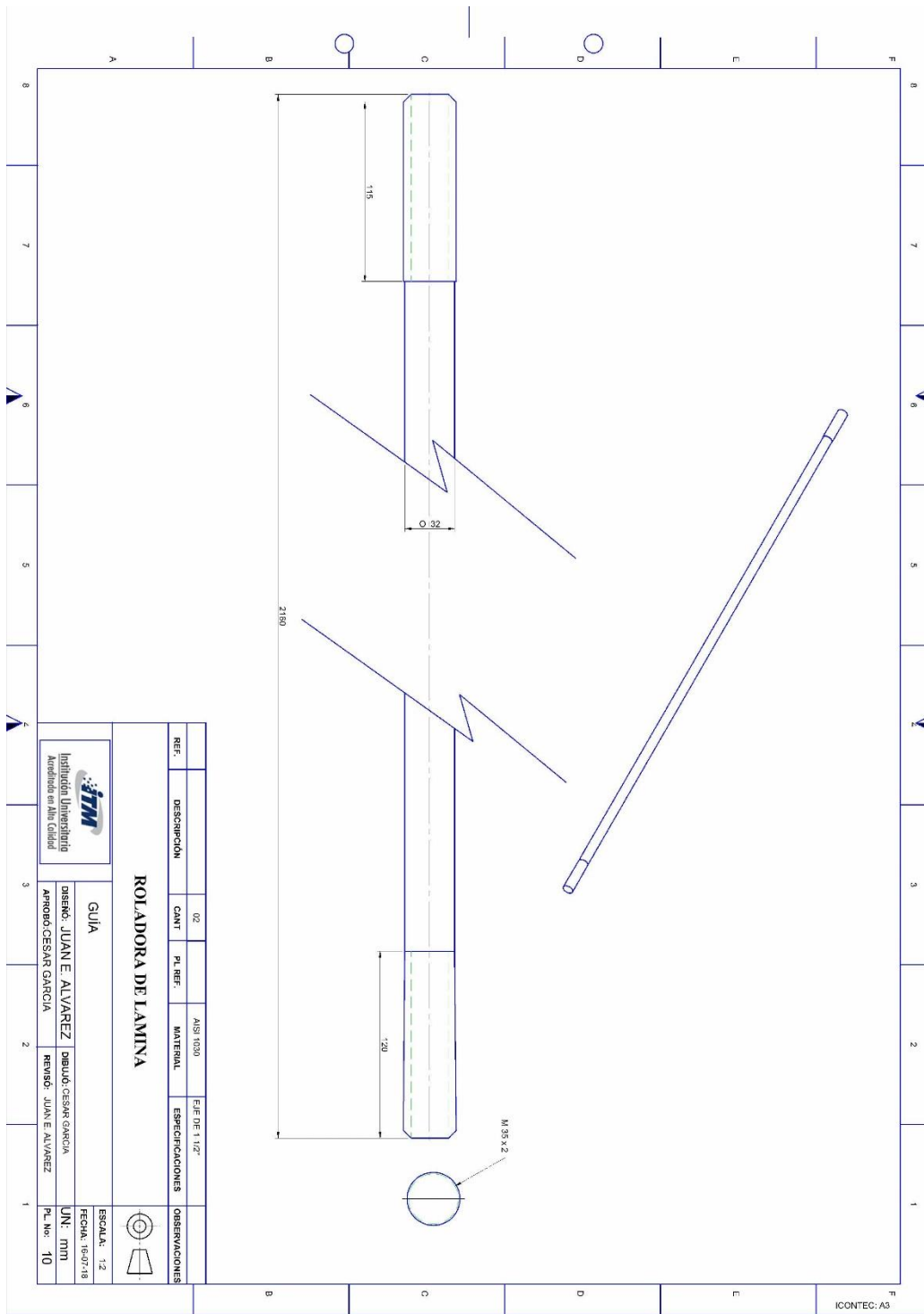


Figura 67 Plano de Guía
Fuente. Elaboración propia

<p>Institución Universitaria</p>	<p>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

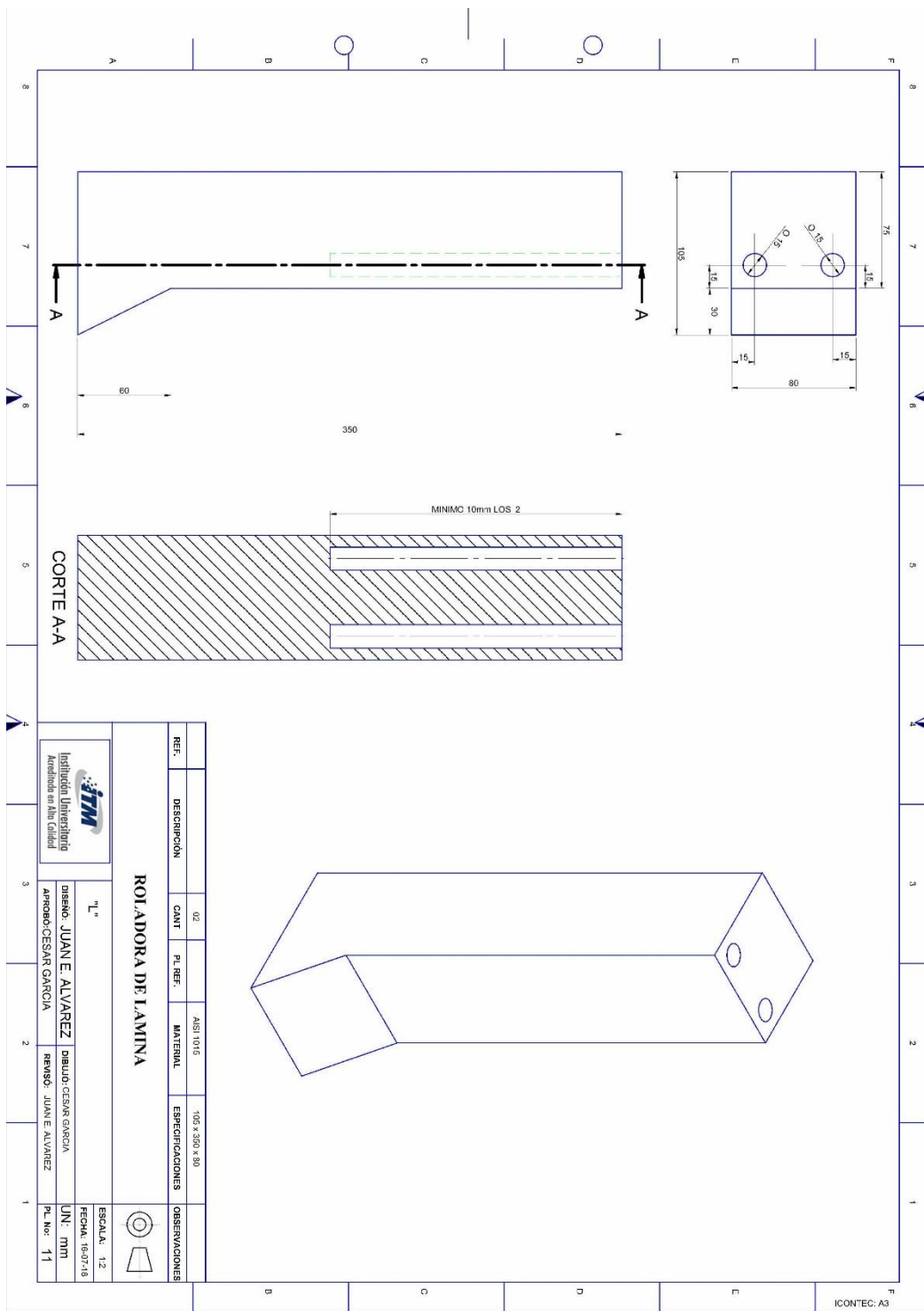


Figura 68 Plano de " L
Fuente. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

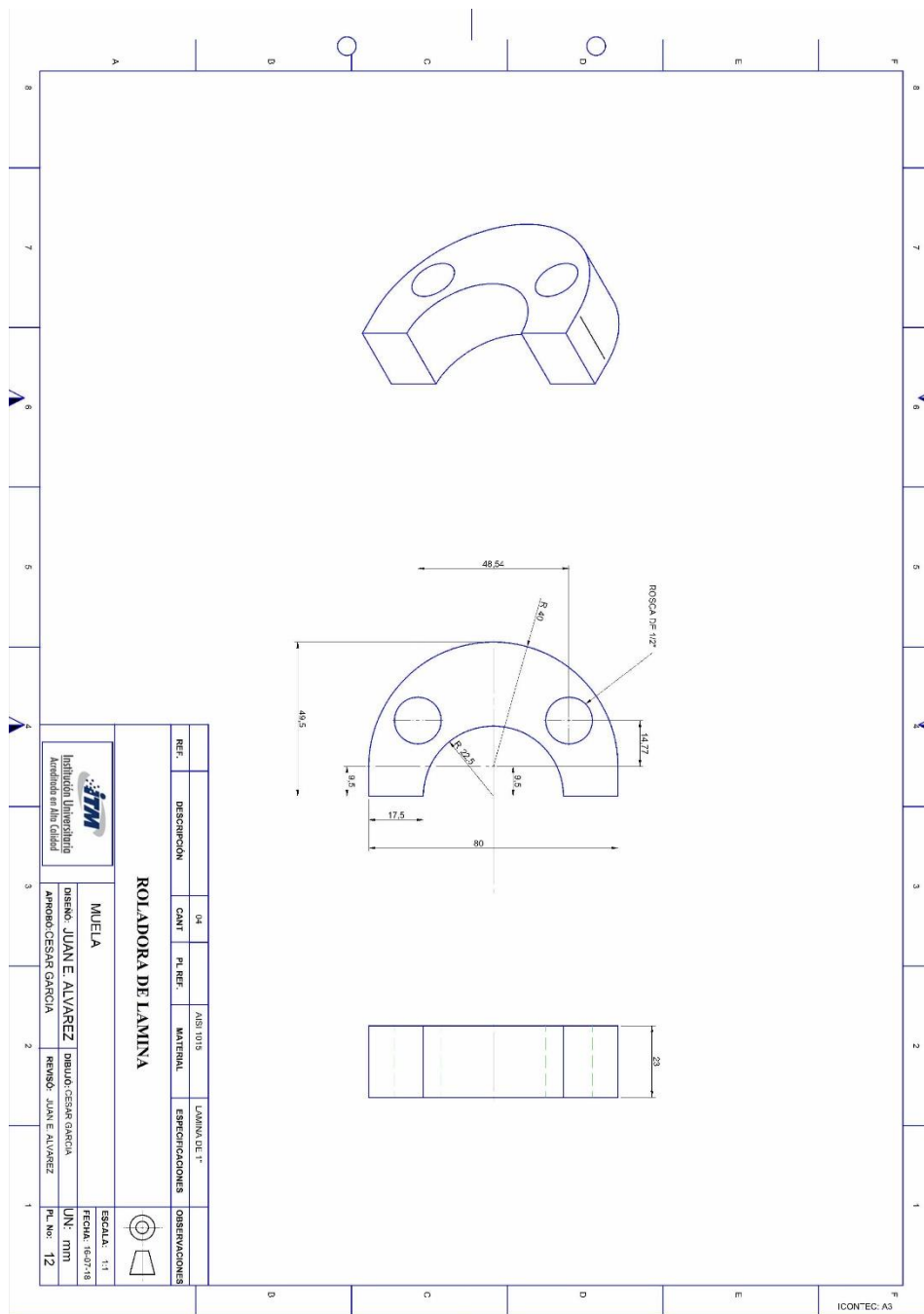


Figura 69 Plano de muela
Fuente. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

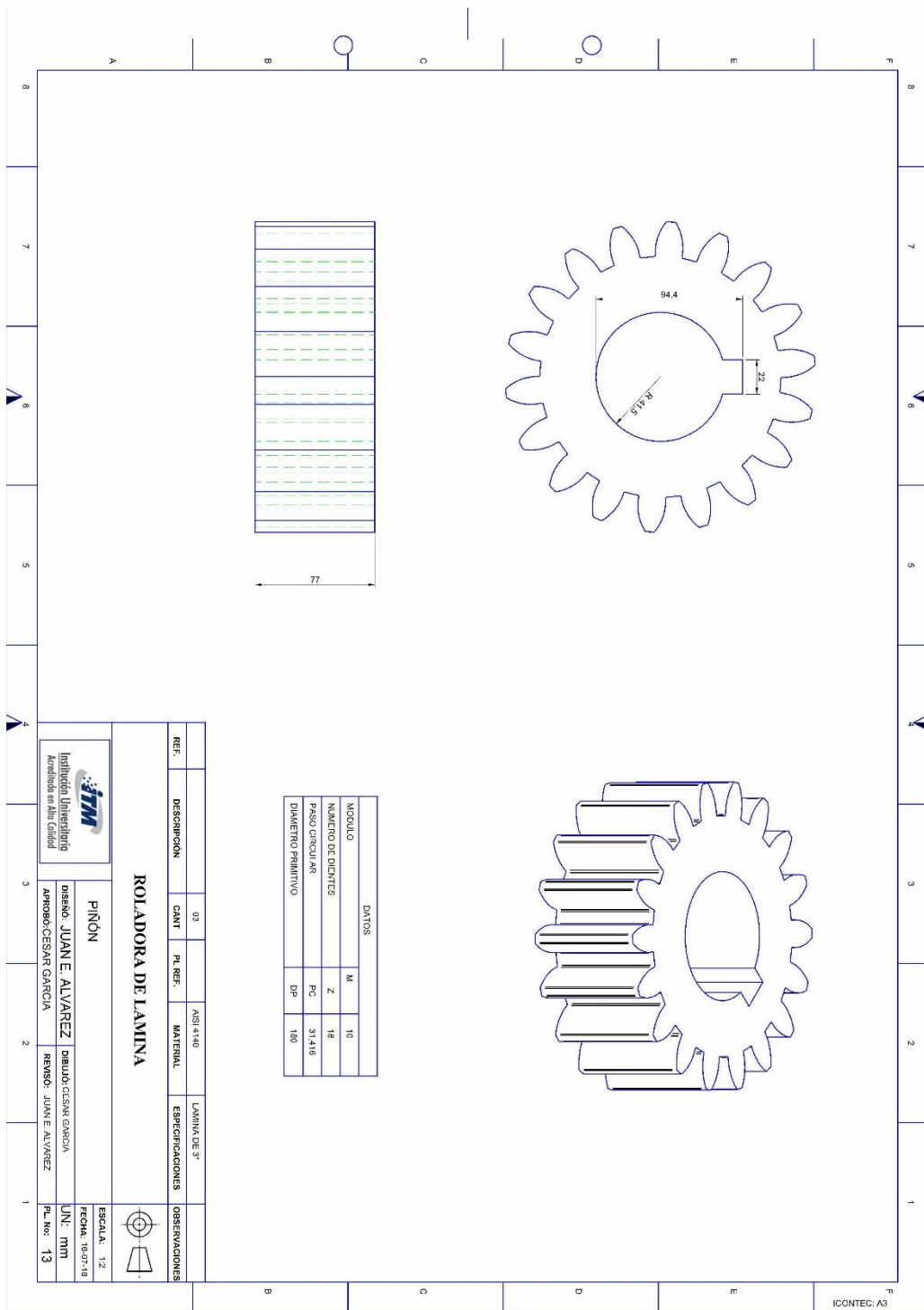


Figura 70 Plano de piñón
Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

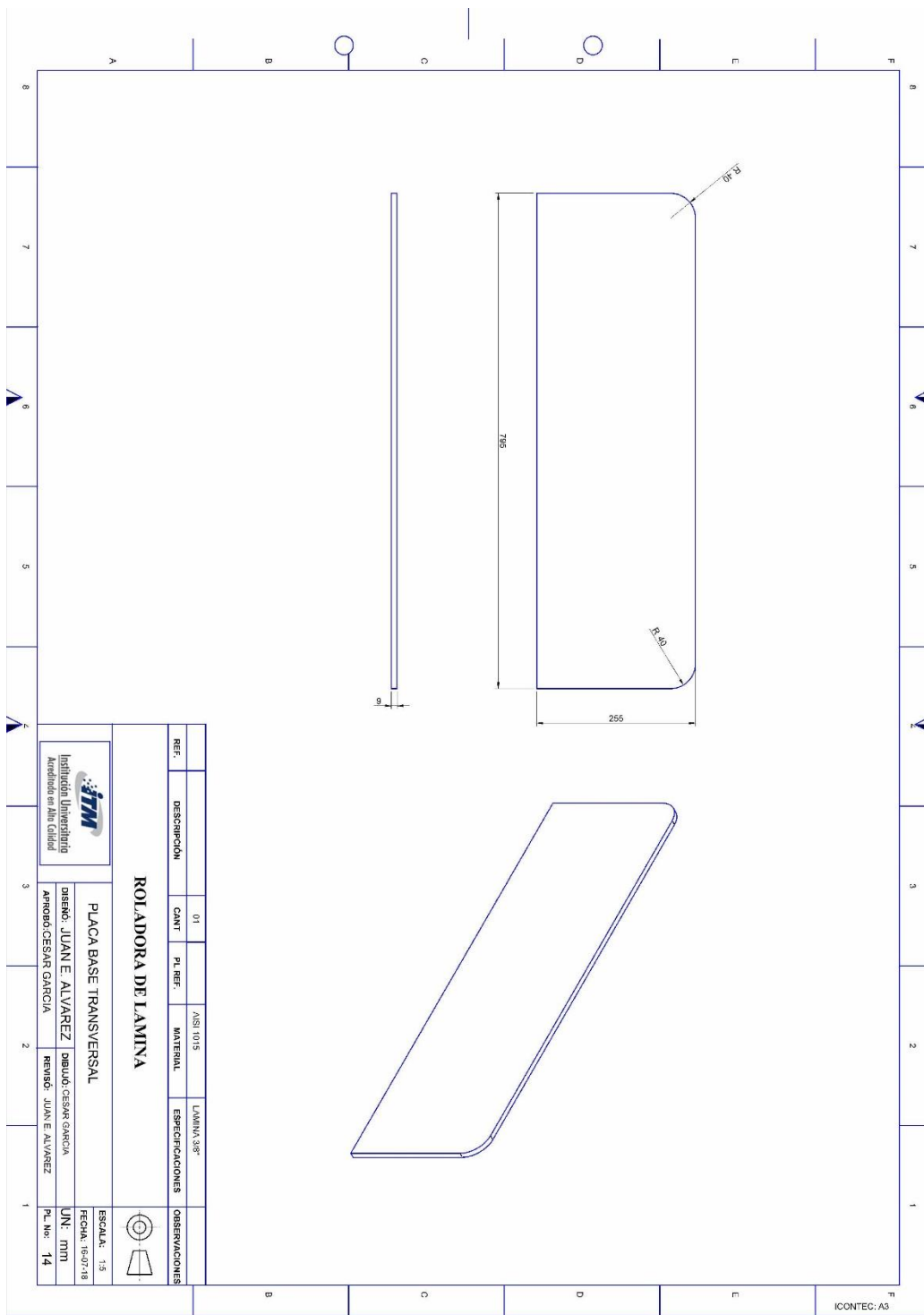



Figura 71 Plano de placa base transversal
 Fuente. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

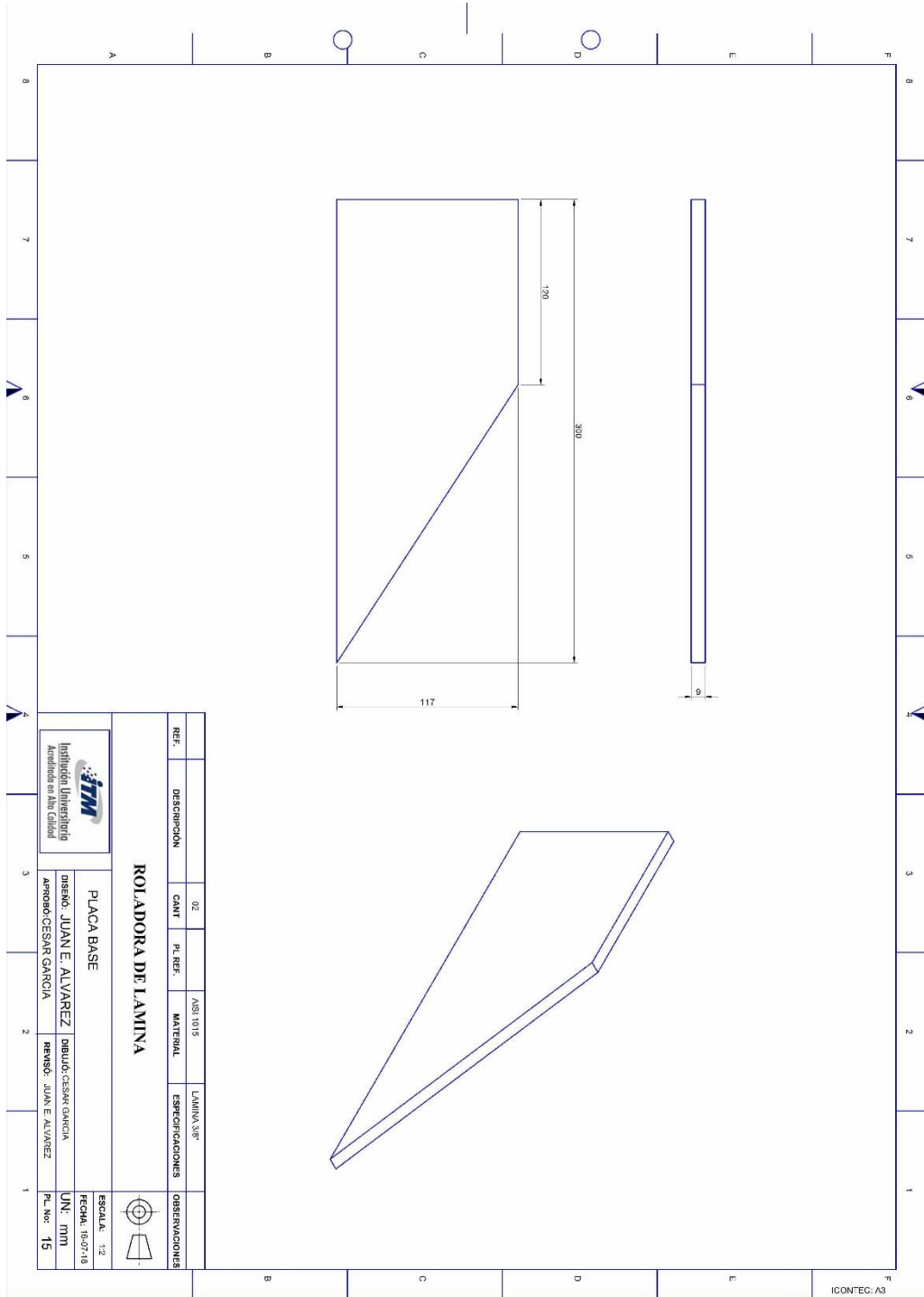



Figura 72 Plano de placa base
Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

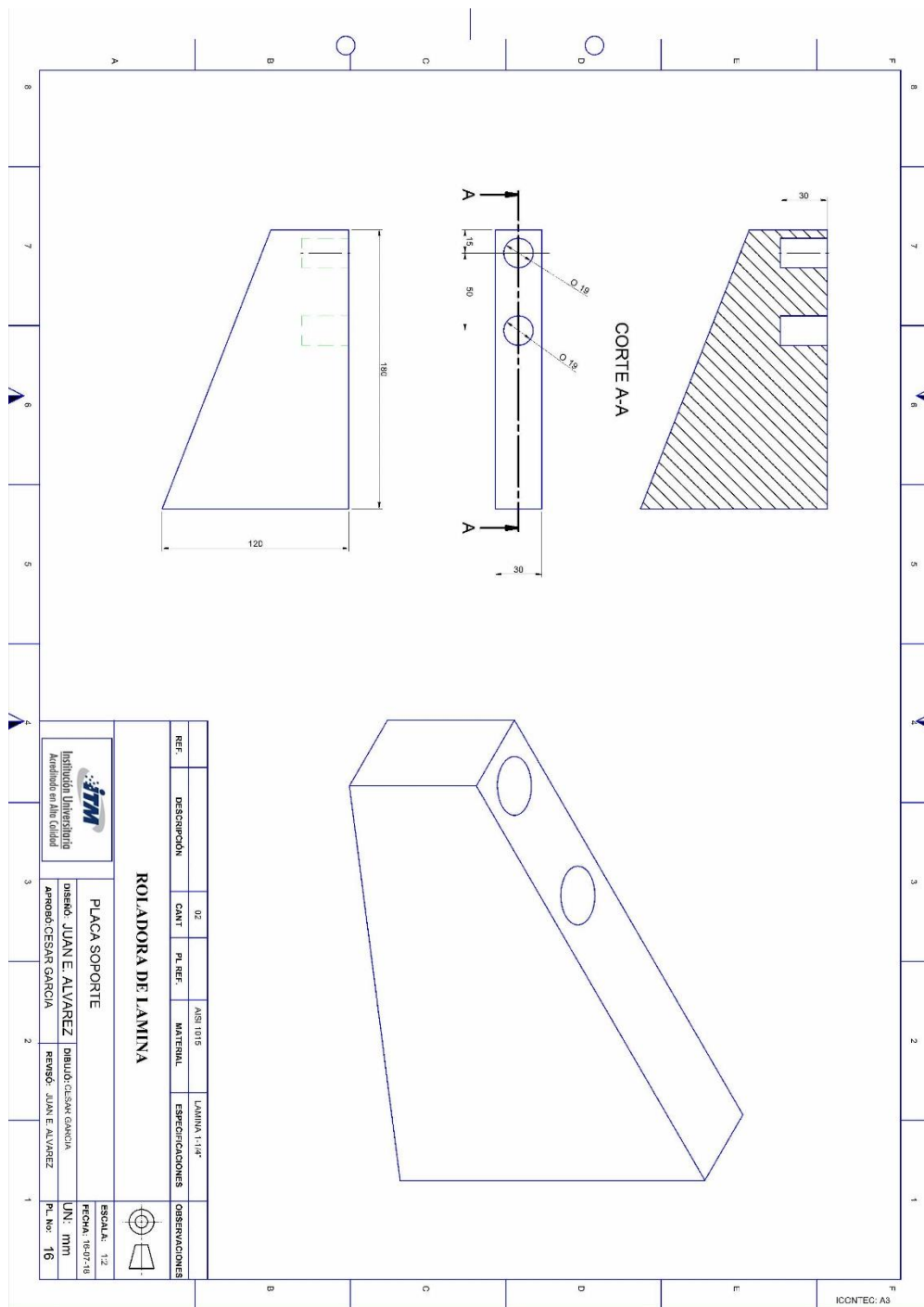



Figura 73 Plano de placa de soporte
Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

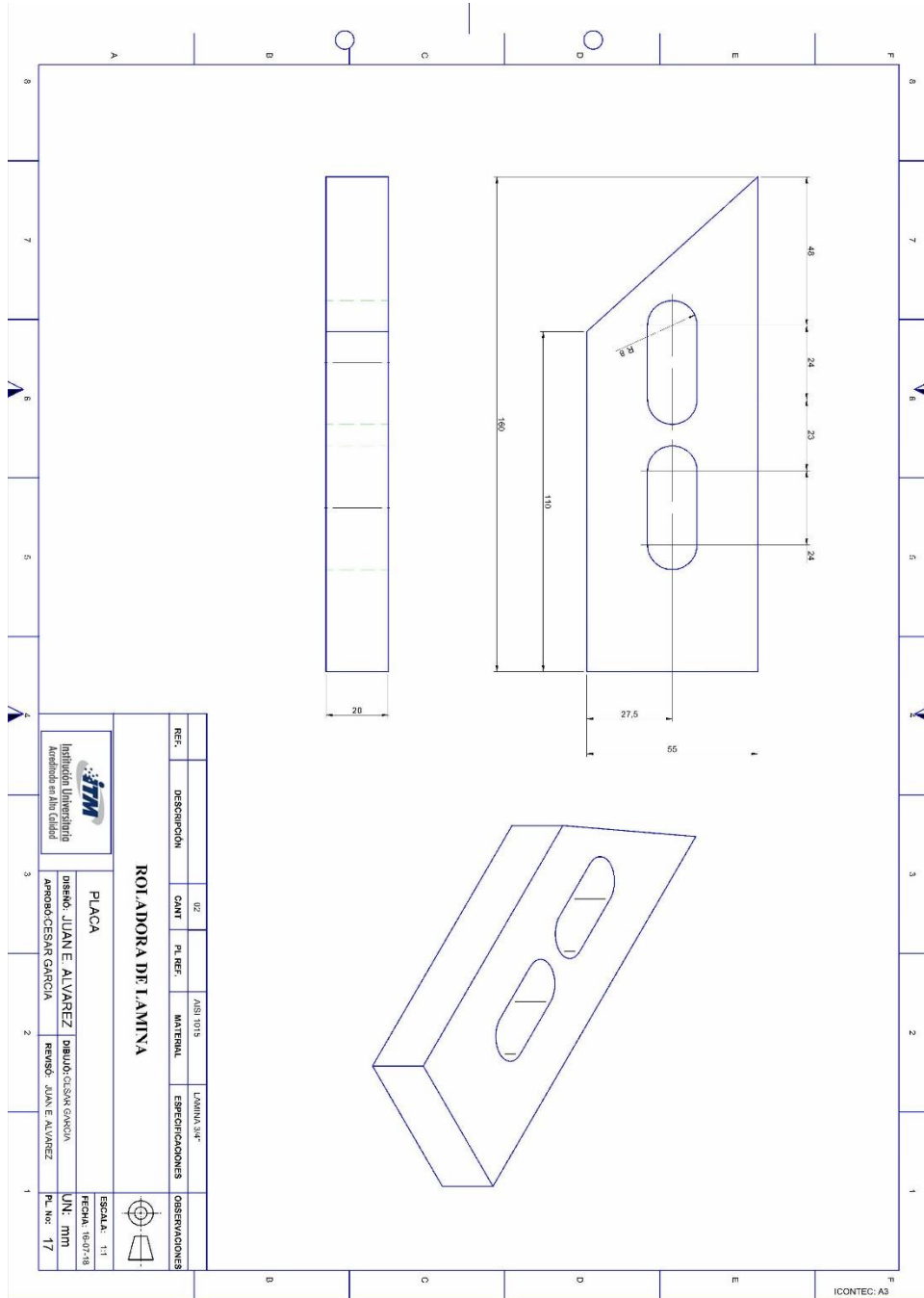



Figura 74 102 Plano de placa
Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

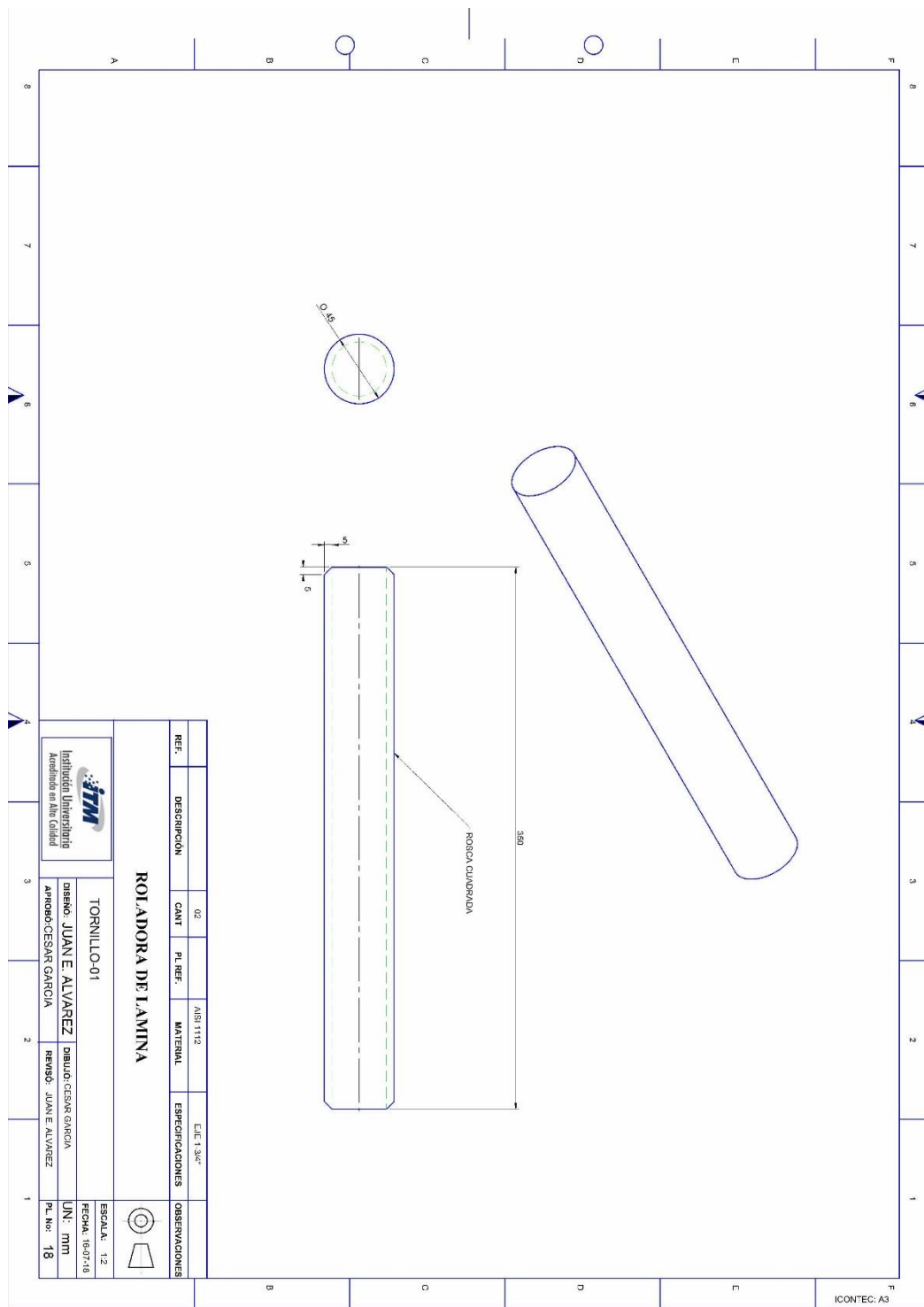



Figura 75 Plano de tornillo – 1
 Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

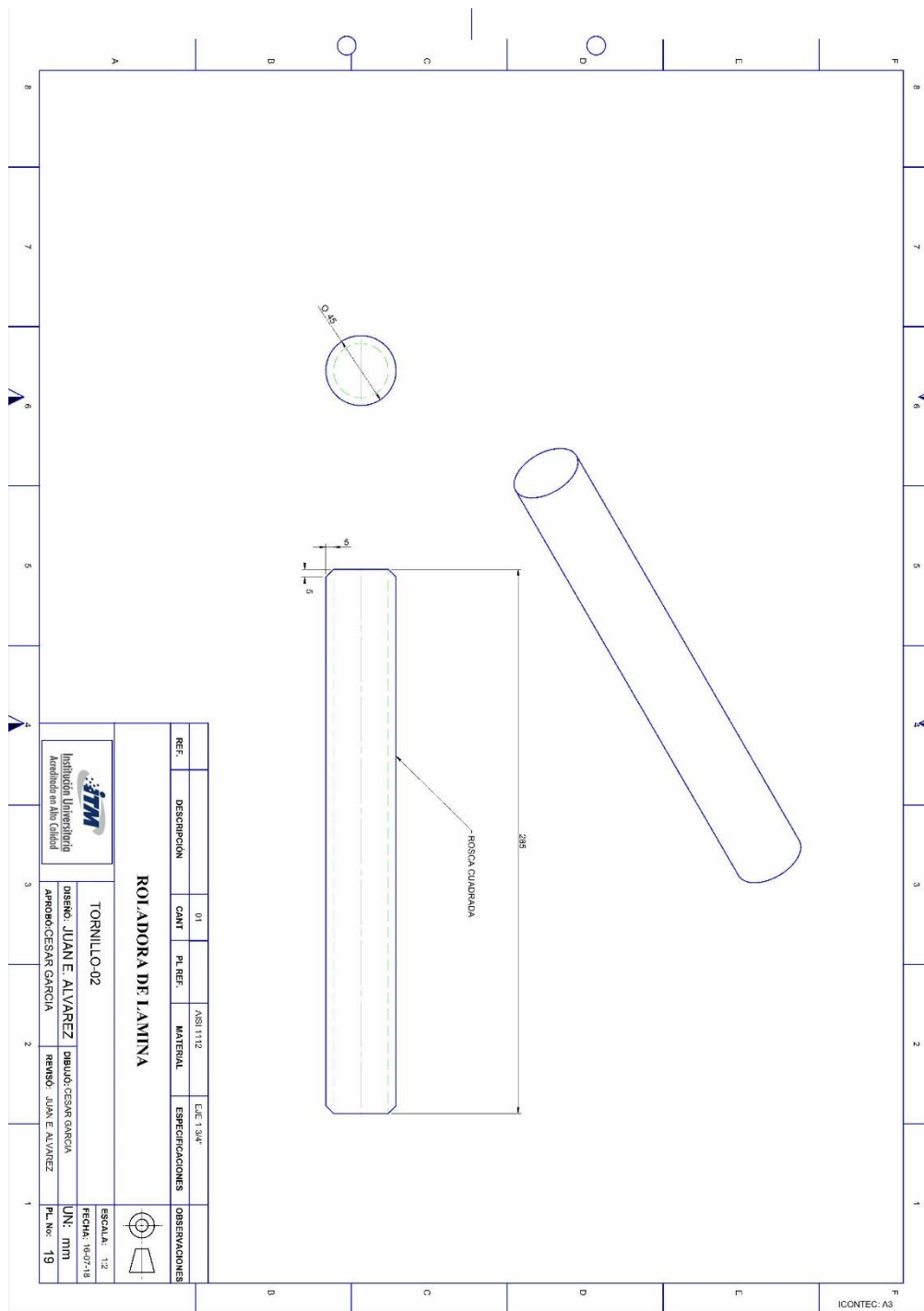



Figura 76 Plano de tornillo- 2
Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

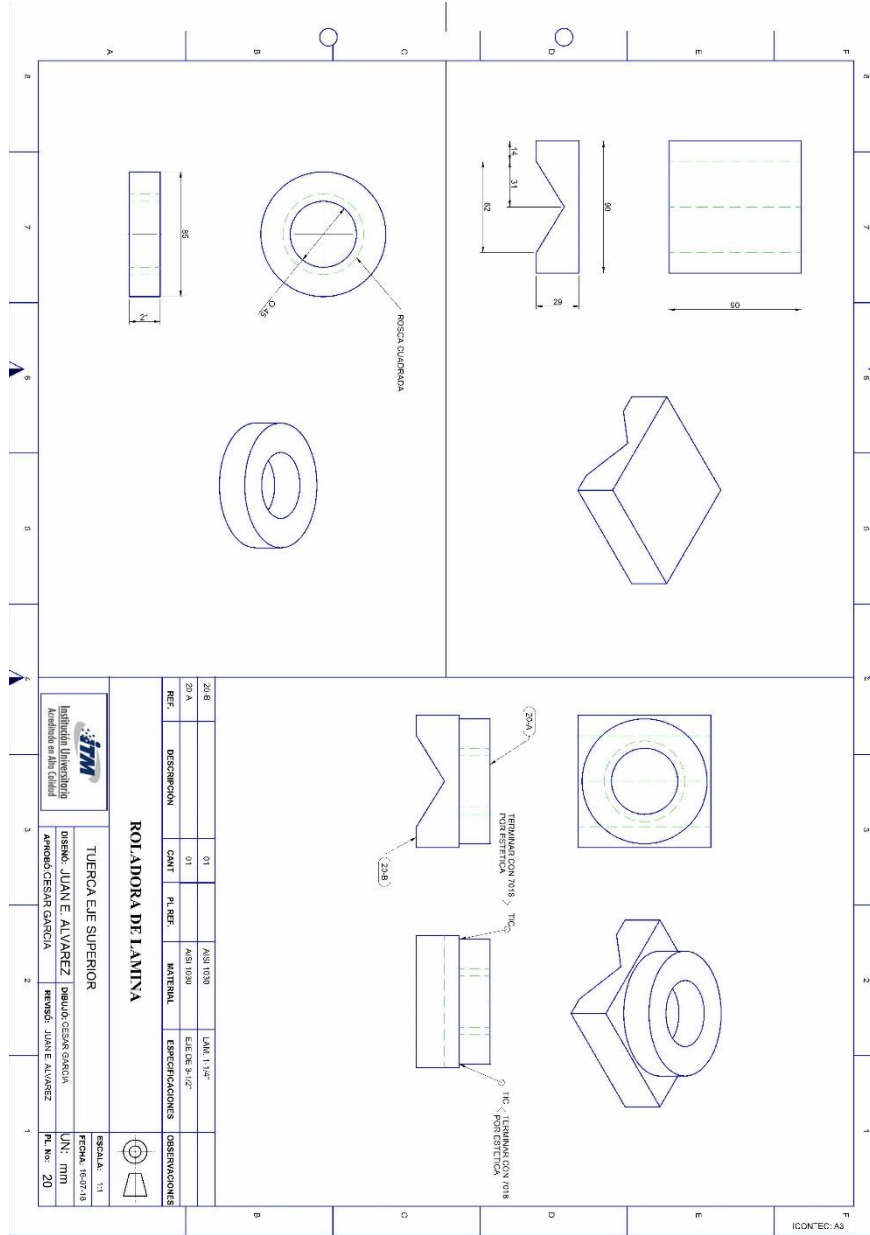


Figura 77 Plano de tuerca eje superior.
Fuente. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

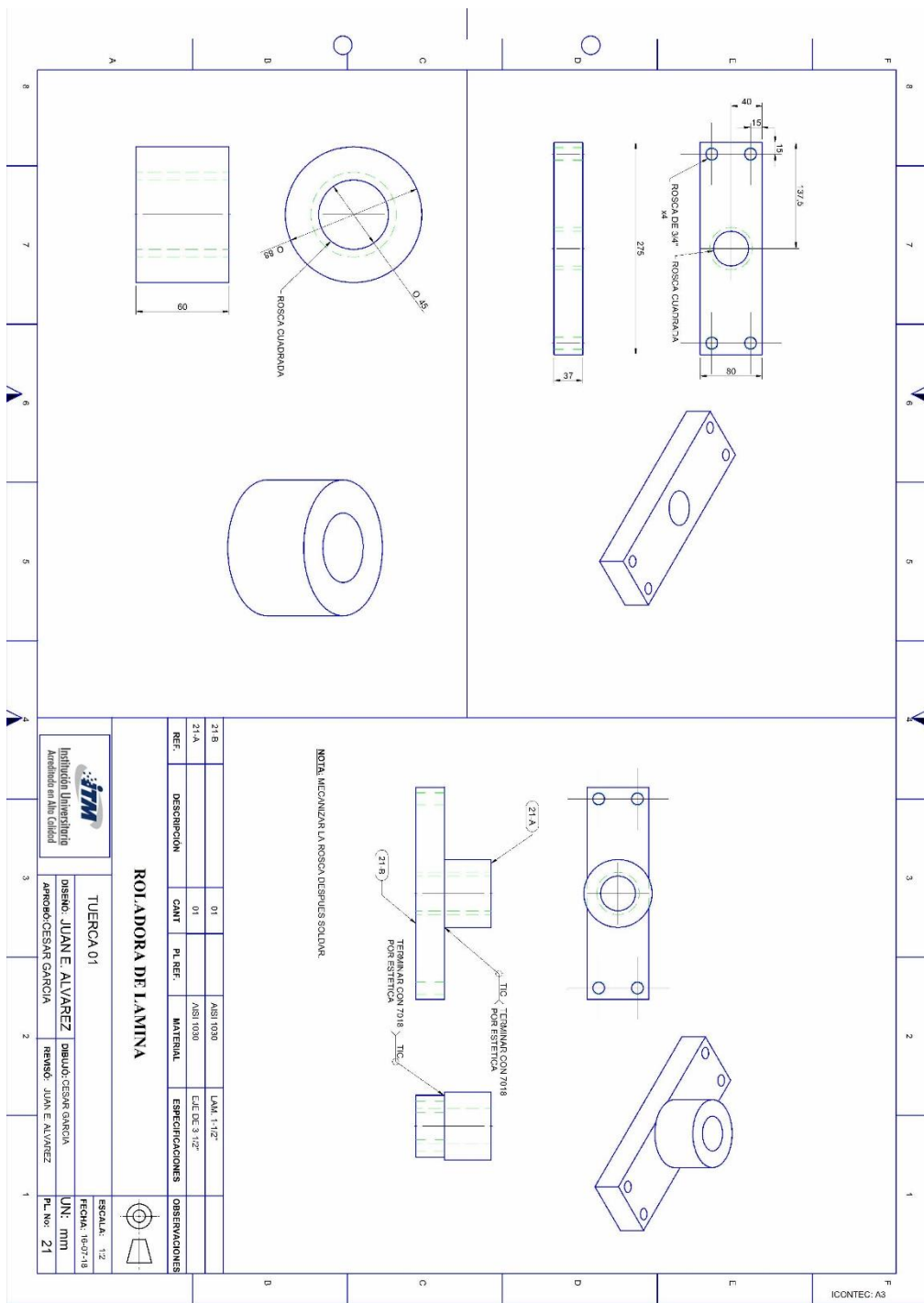



Figura 78 Plano de tuerca – 01
 Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

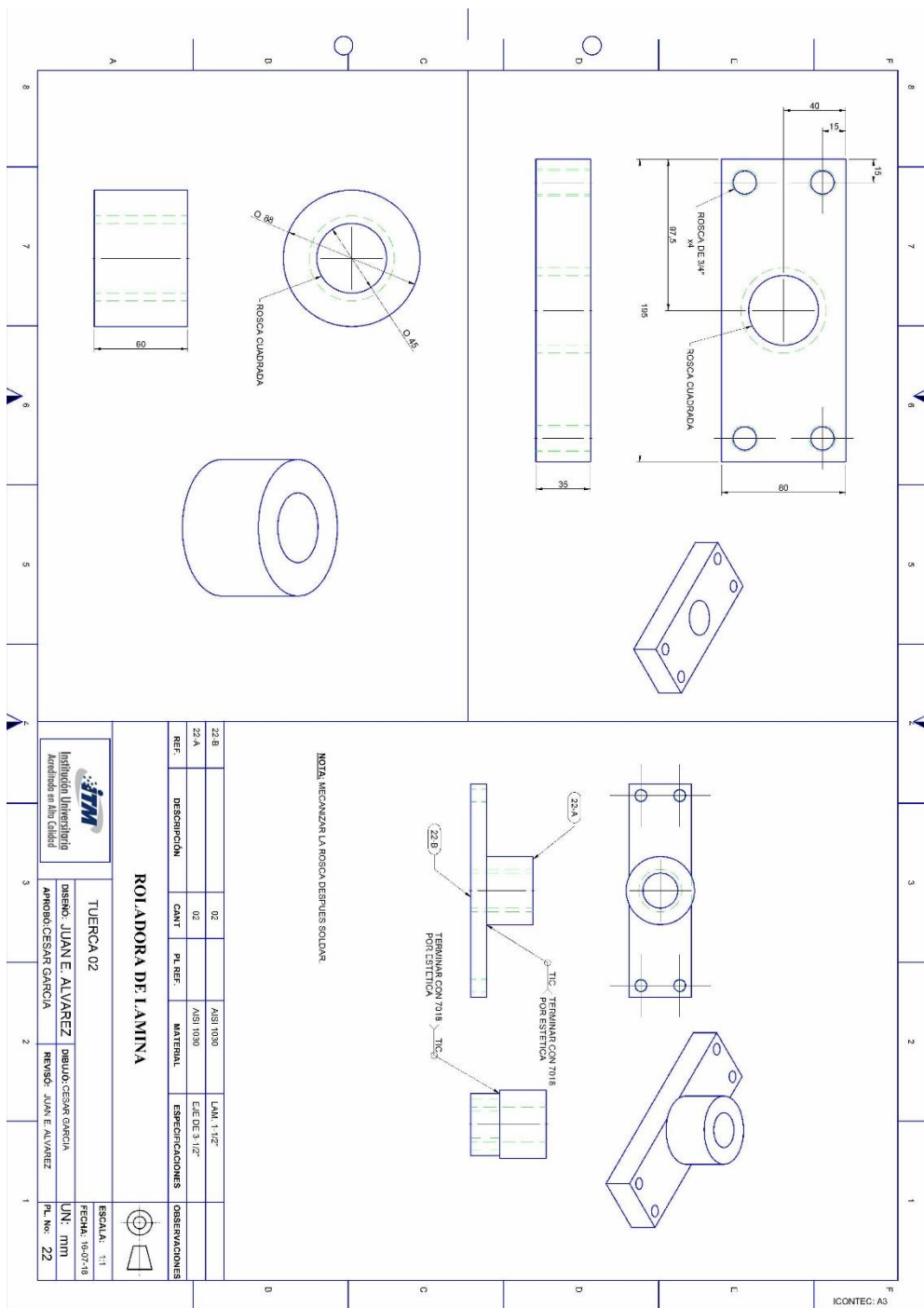



Figura 79 Plano de tuerca – 02
 Fuente Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

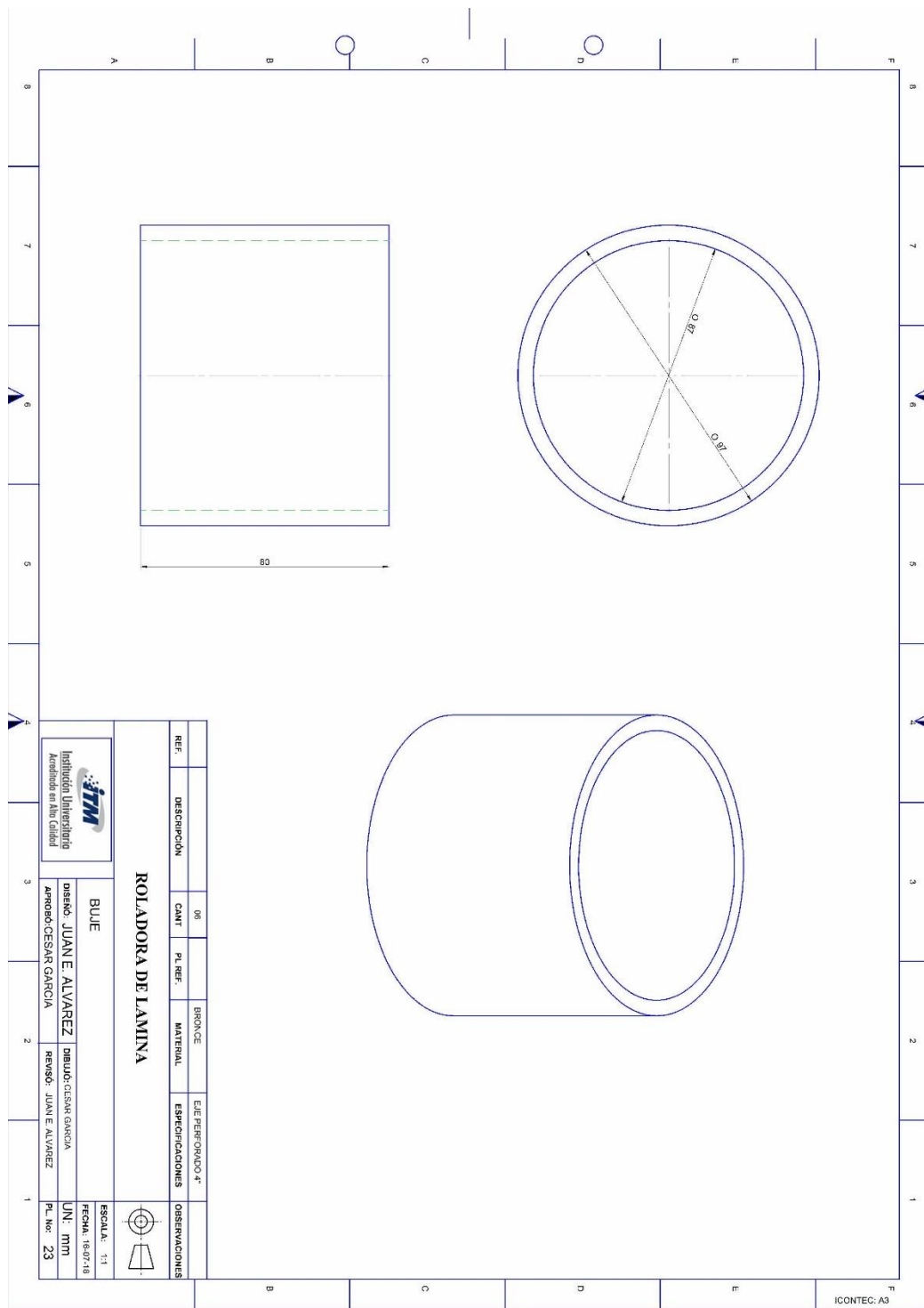


Figura 80 Plano del buje
 Fuente. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

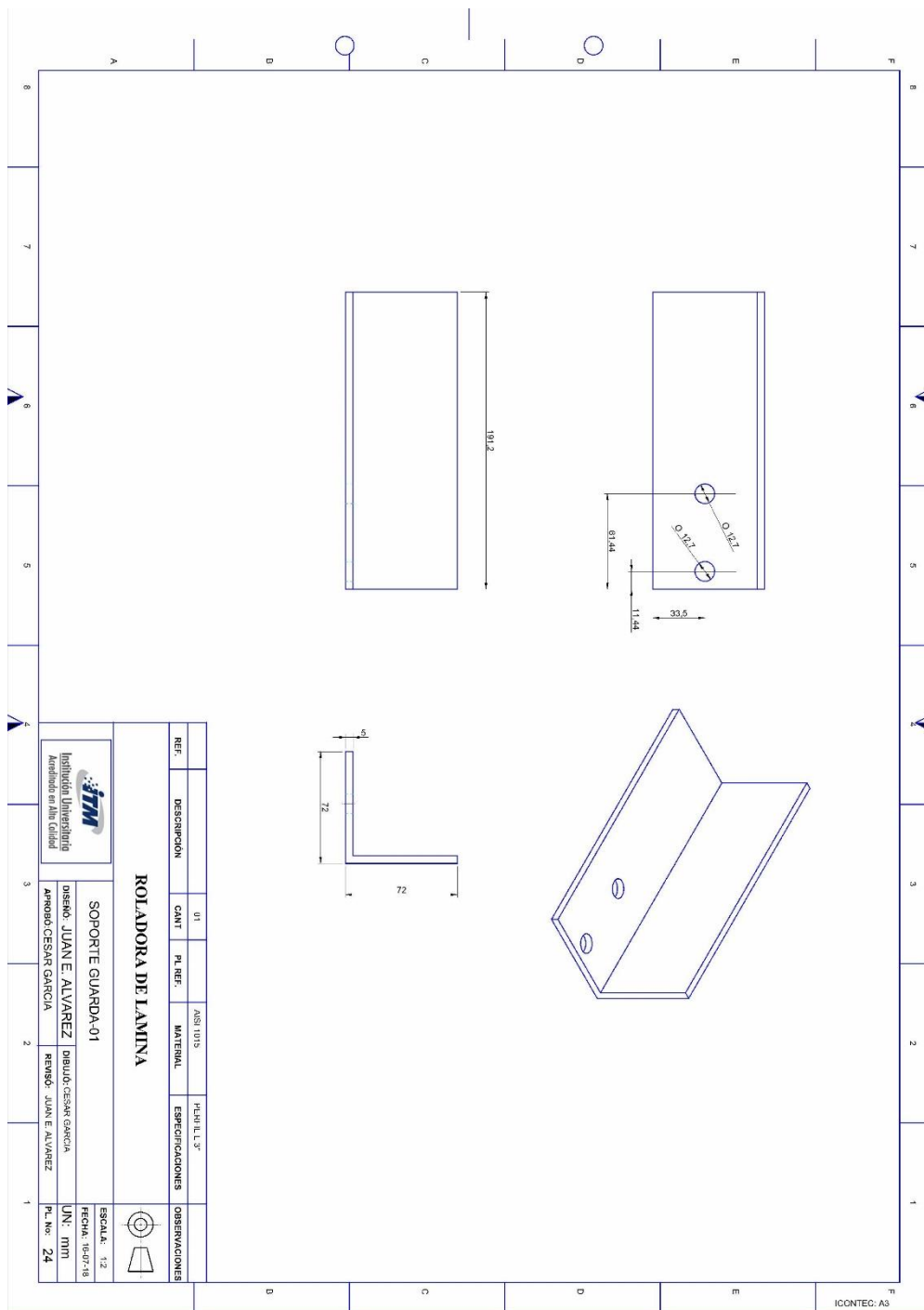



Figura 81 Plano soporte guarda – 01
Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

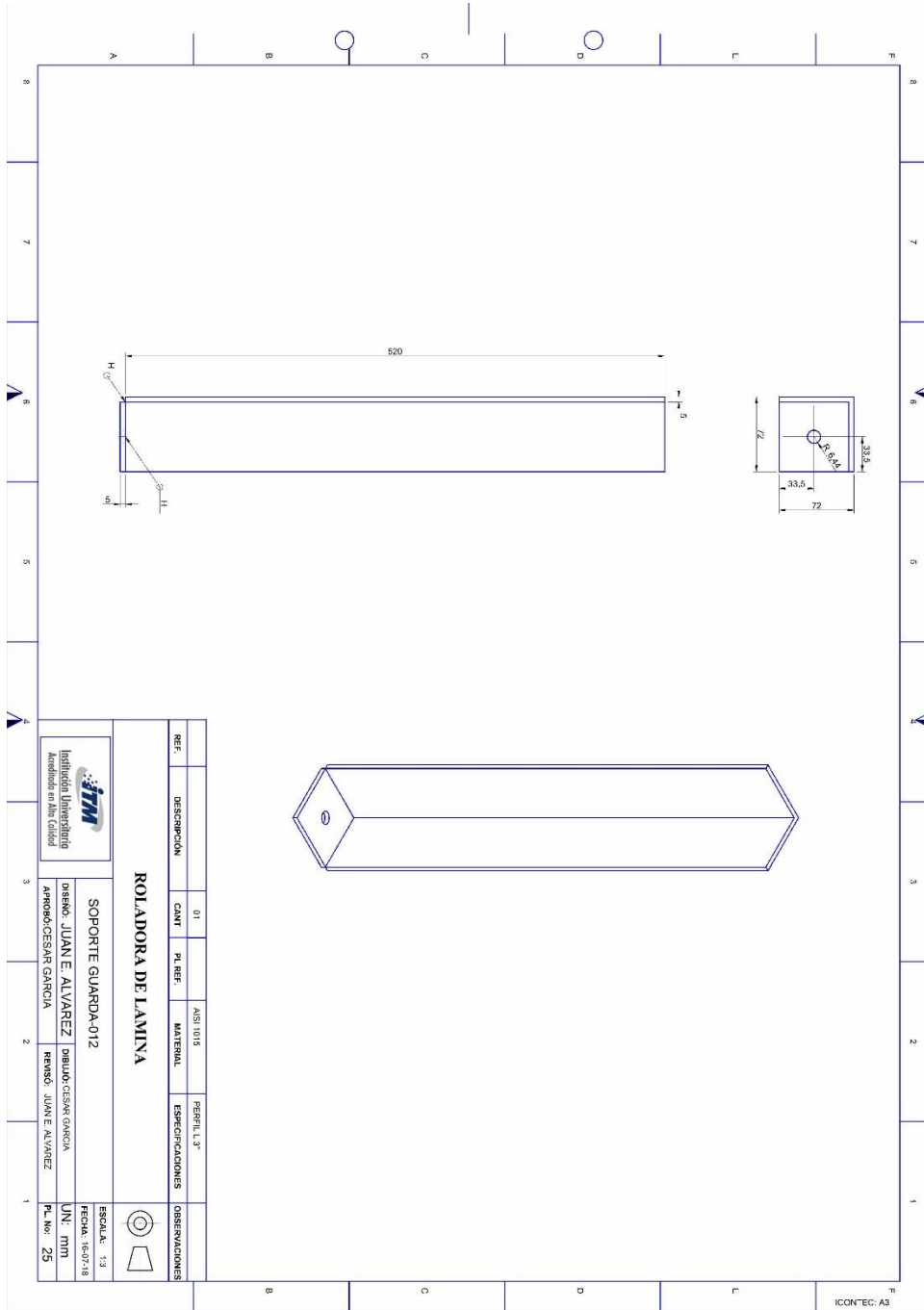



Figura 82 Plano soporte guarda – 02
 Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

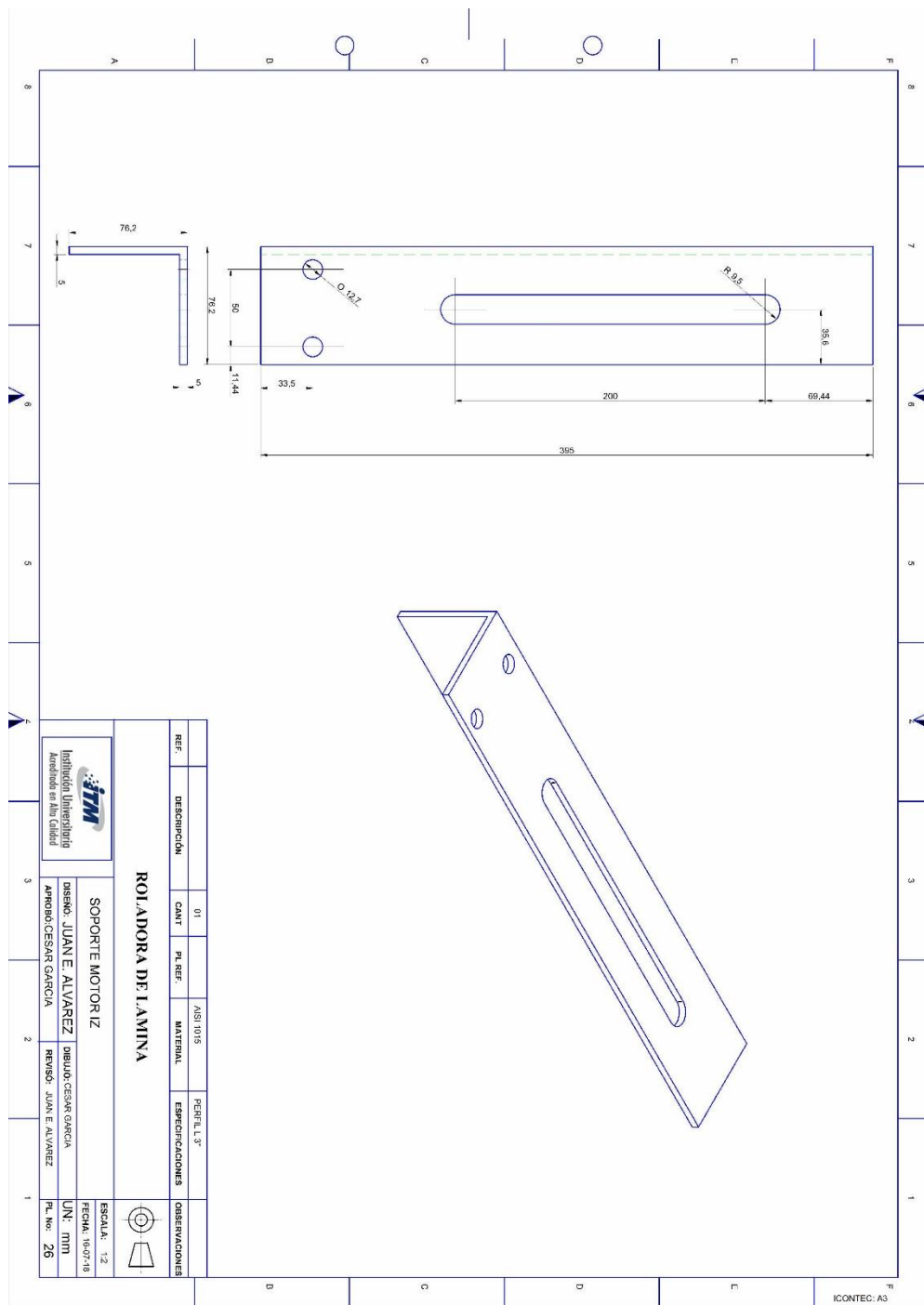


Figura 83 Plano soporte Motor 12 HP
 Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

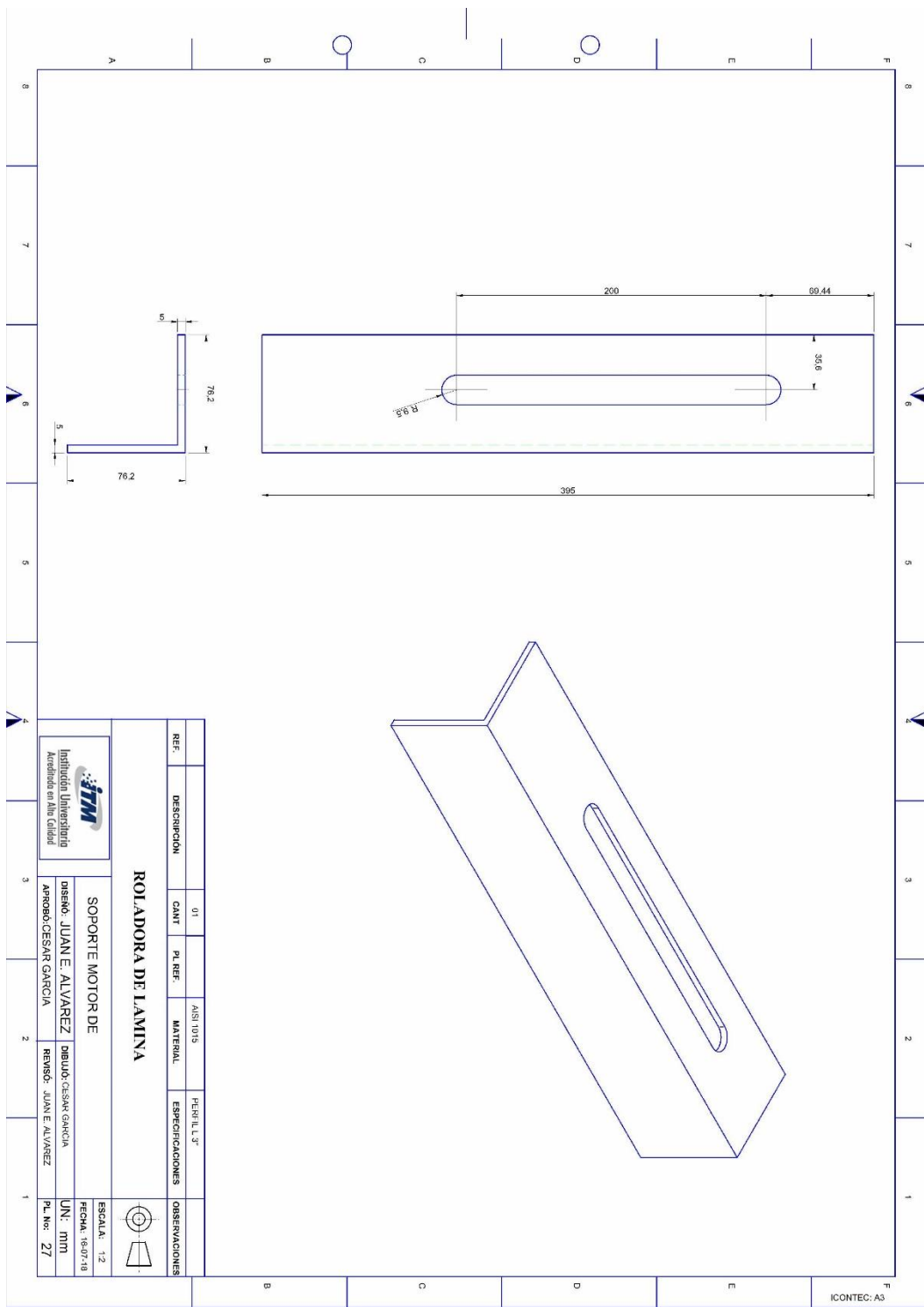



Figura 84 Plano soporte motor desplazable
 Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

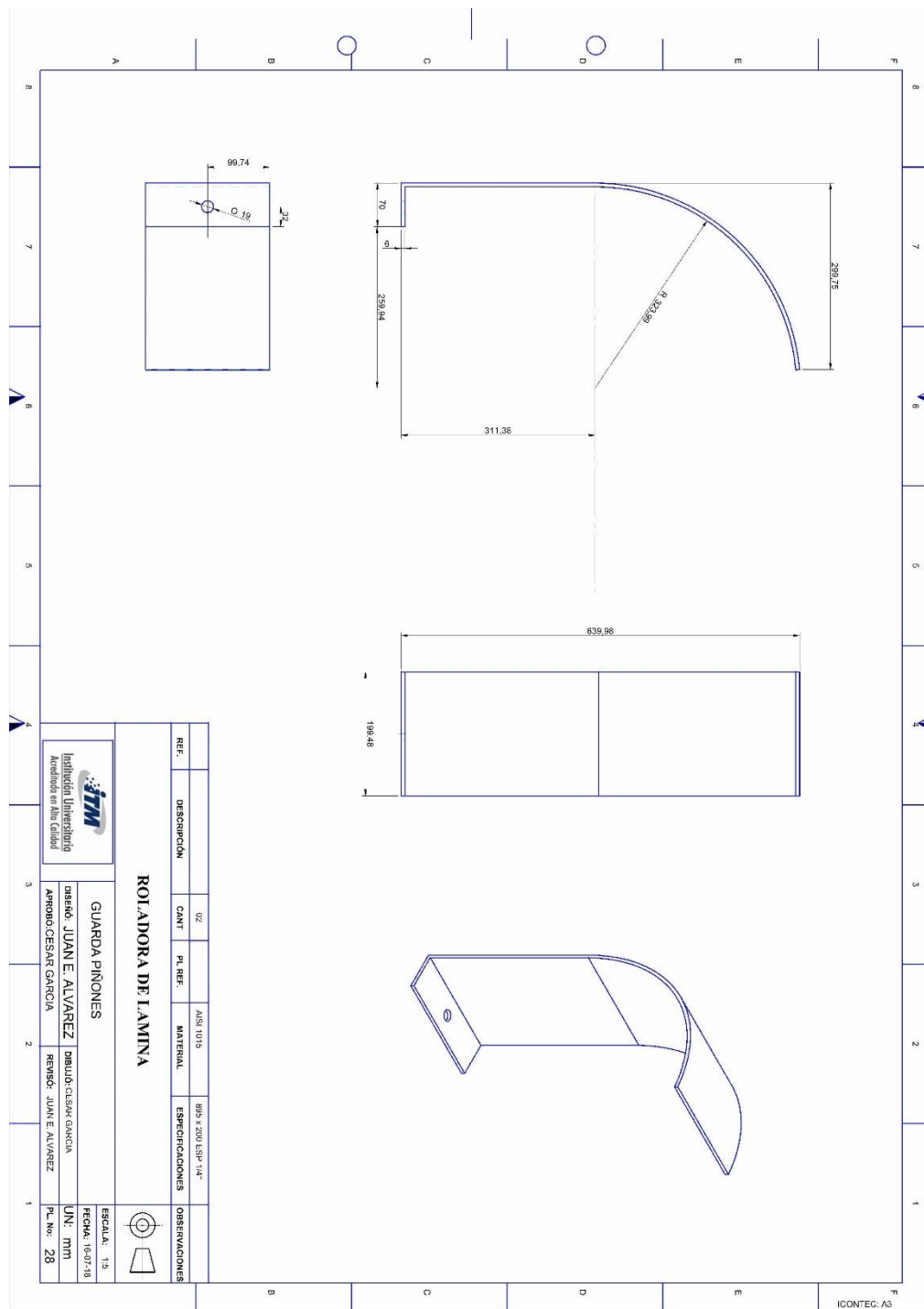


Figura 85 plano guarda piñones
Fuente. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

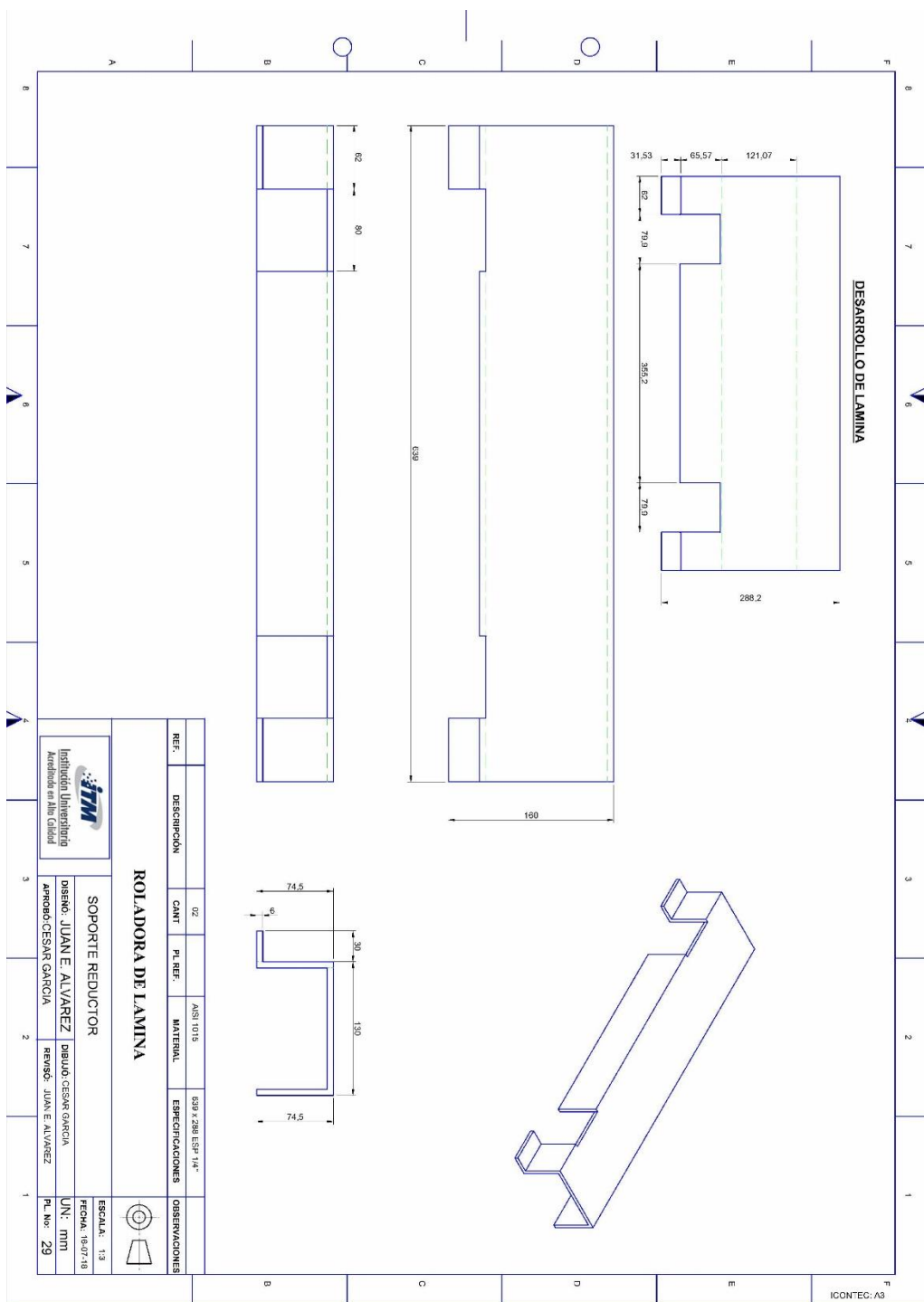


Figura 86 Plano soporte reductor
Fuente. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

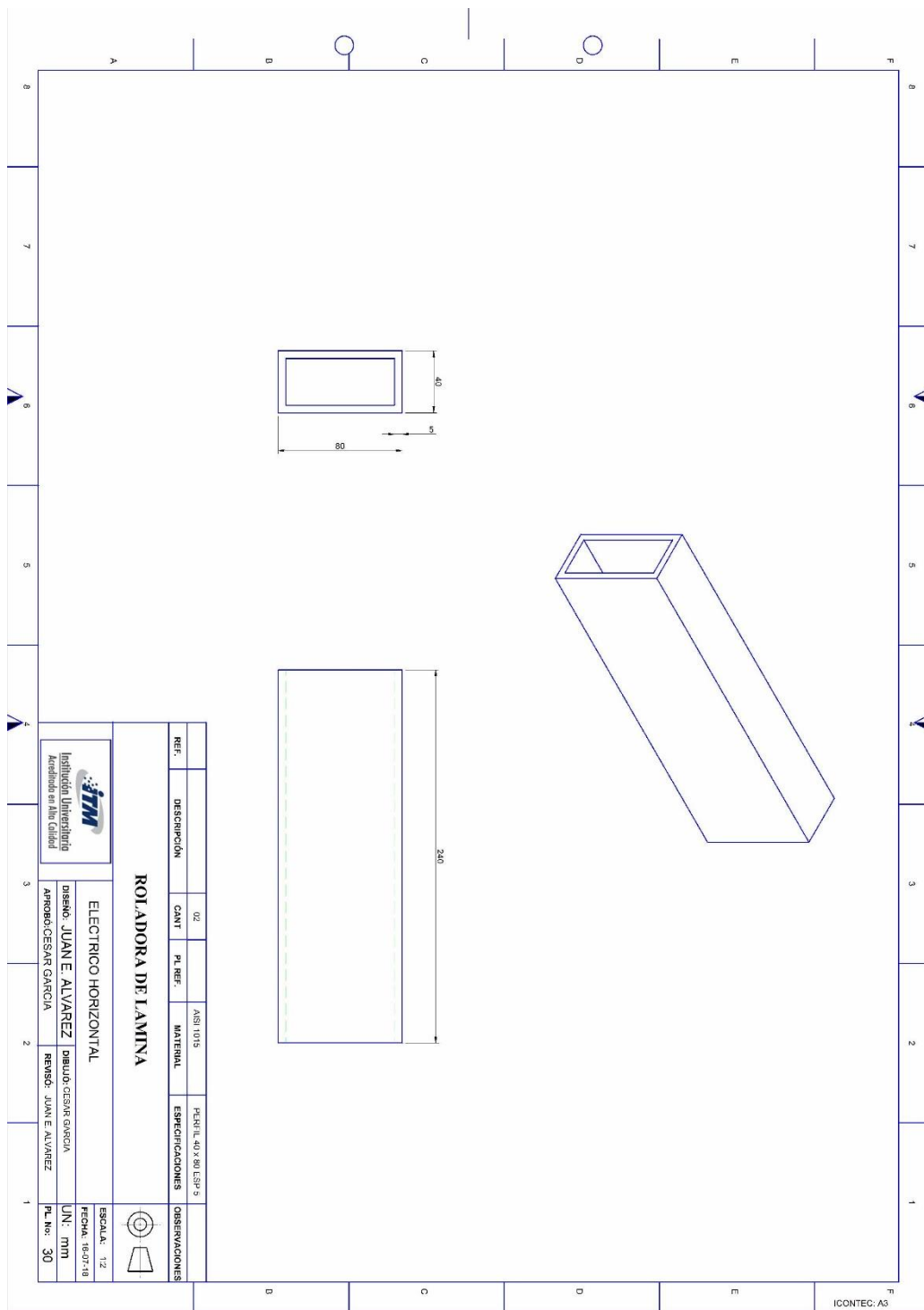



Figura 87 Plano eléctrico horizontal
Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

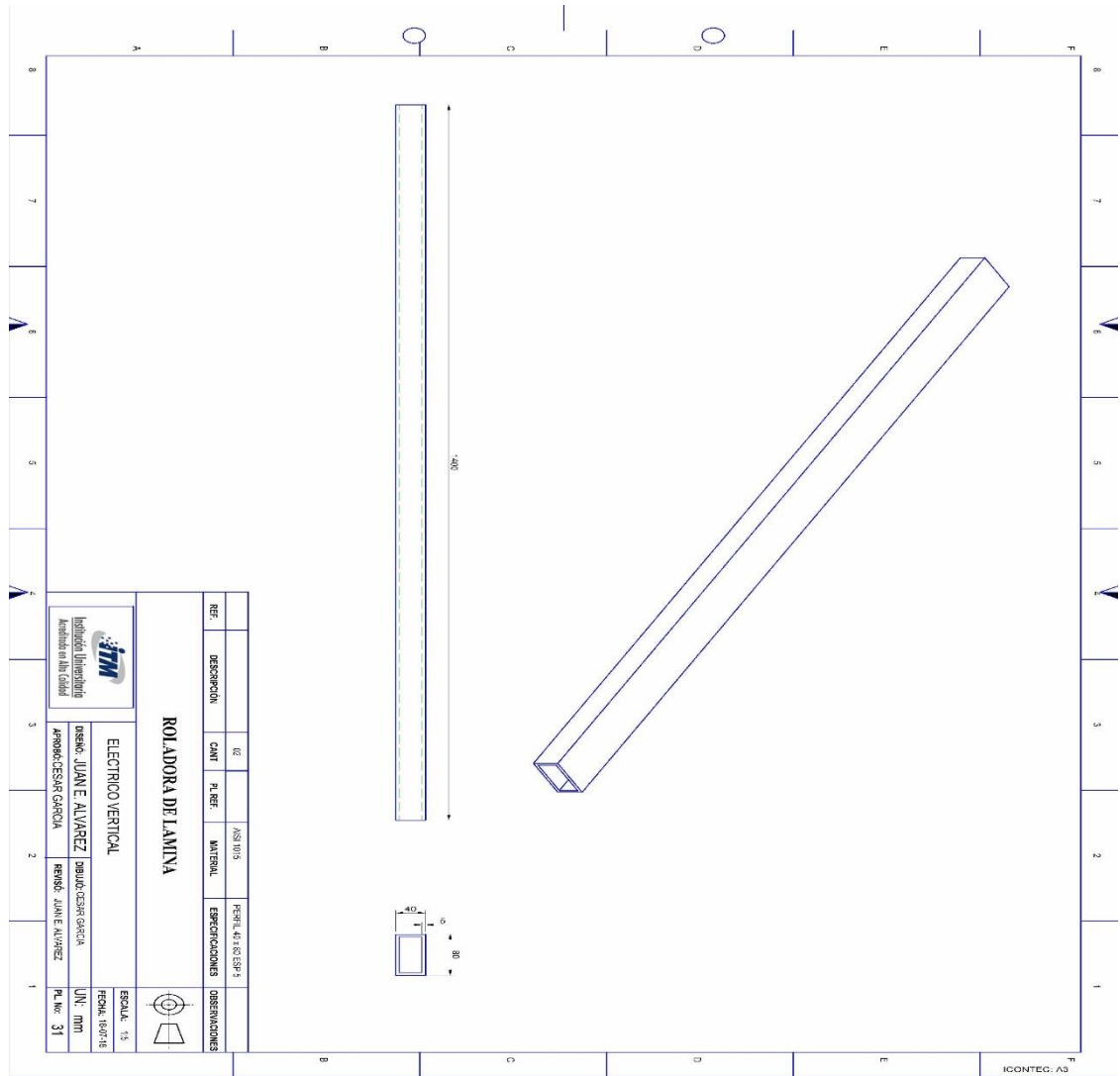



Figura 88 Plano eléctrico vertical
Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

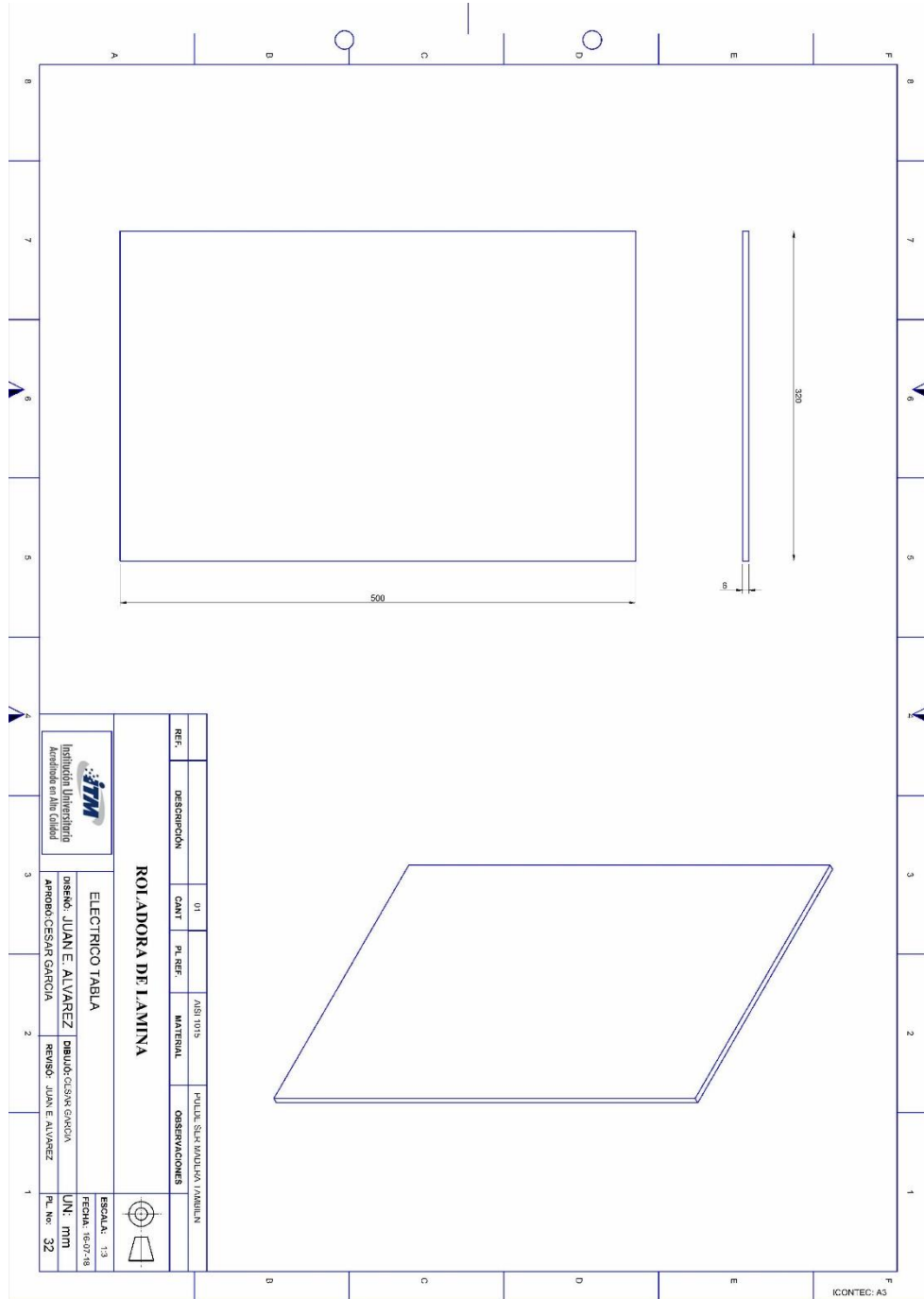


Figura 89 Plano eléctrico Tabla
 Fuente. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

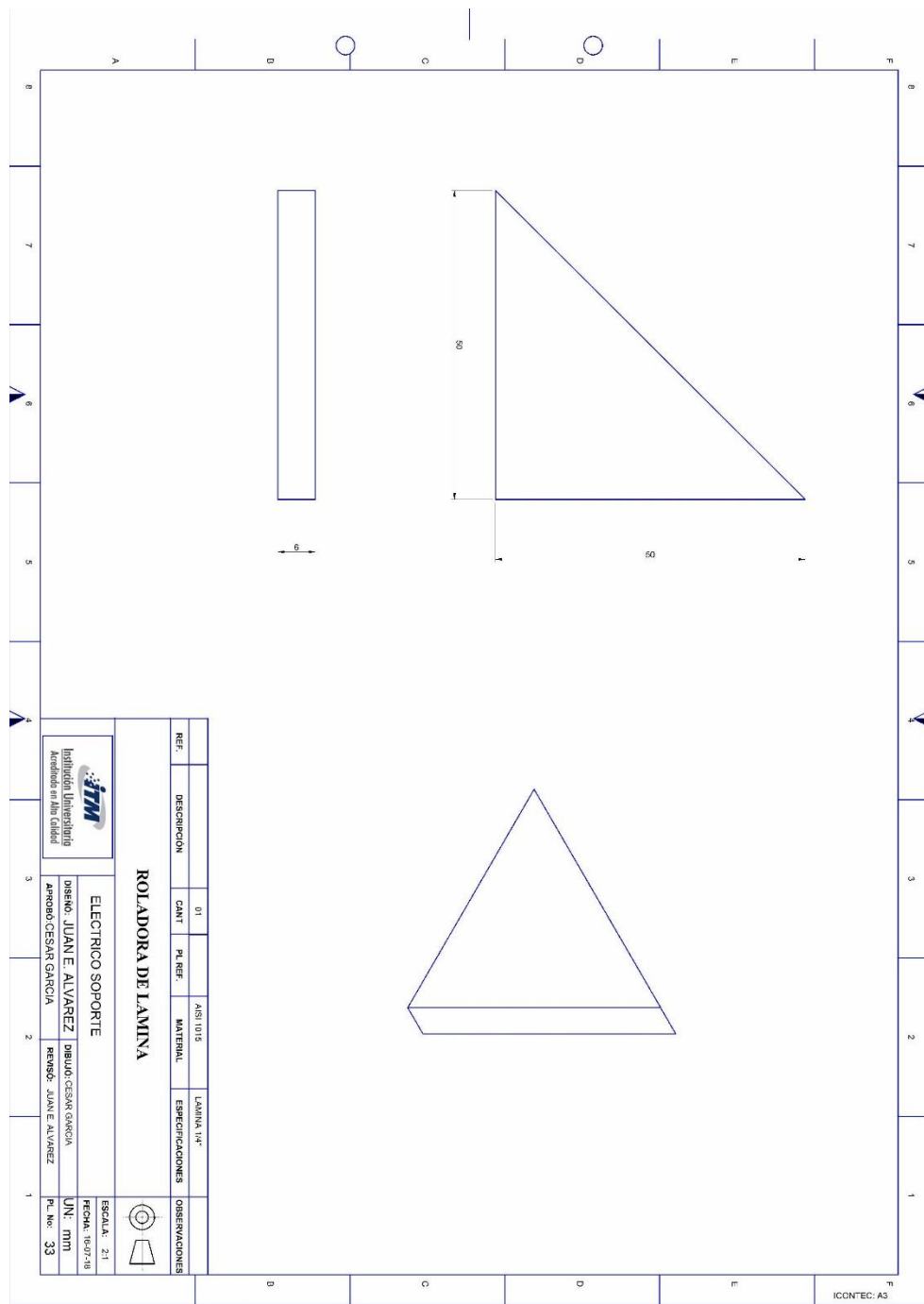



Figura 90 Plano eléctrico Soporte
Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

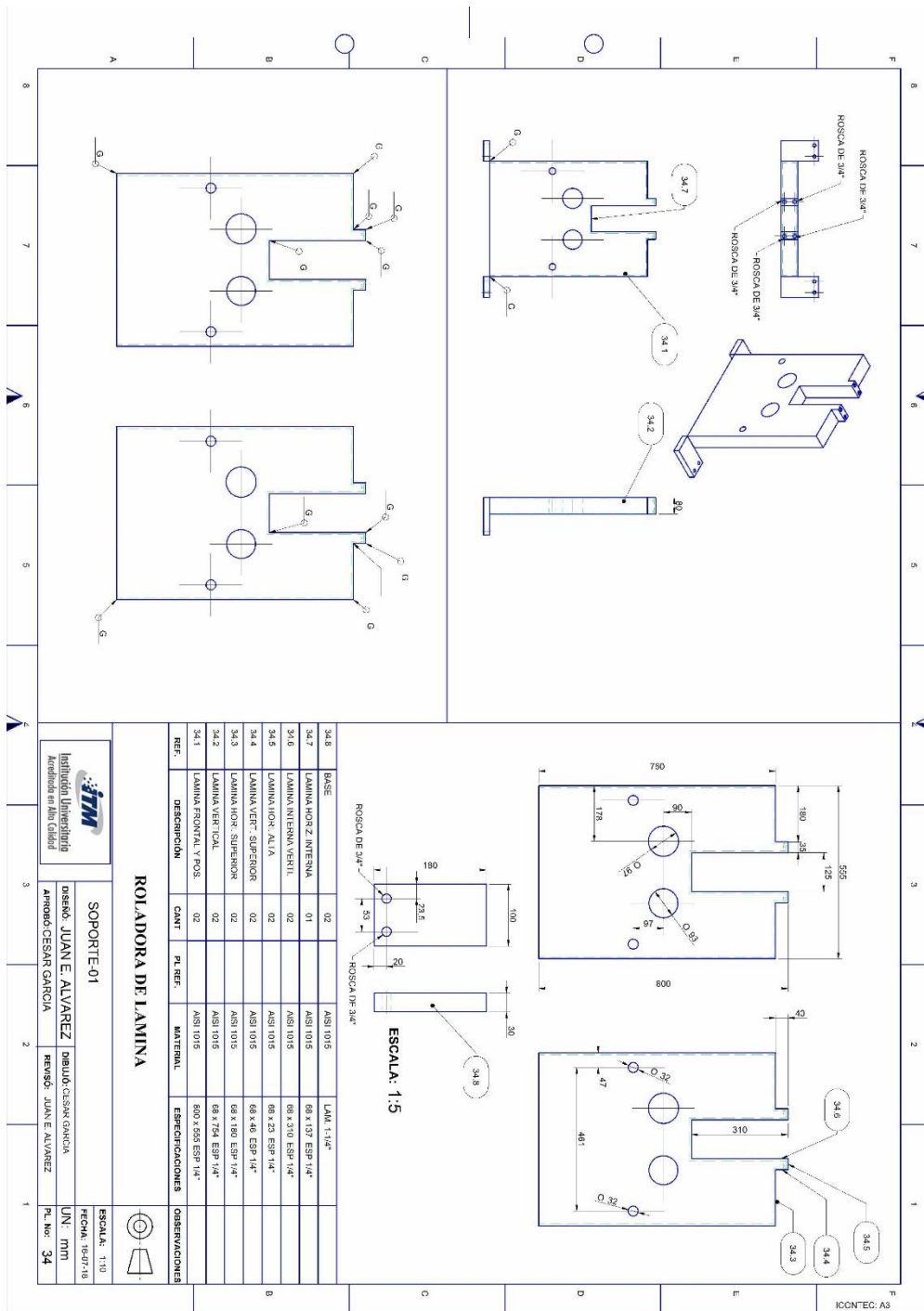



Figura 91 Plano de soporte – 01
 Fuente. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

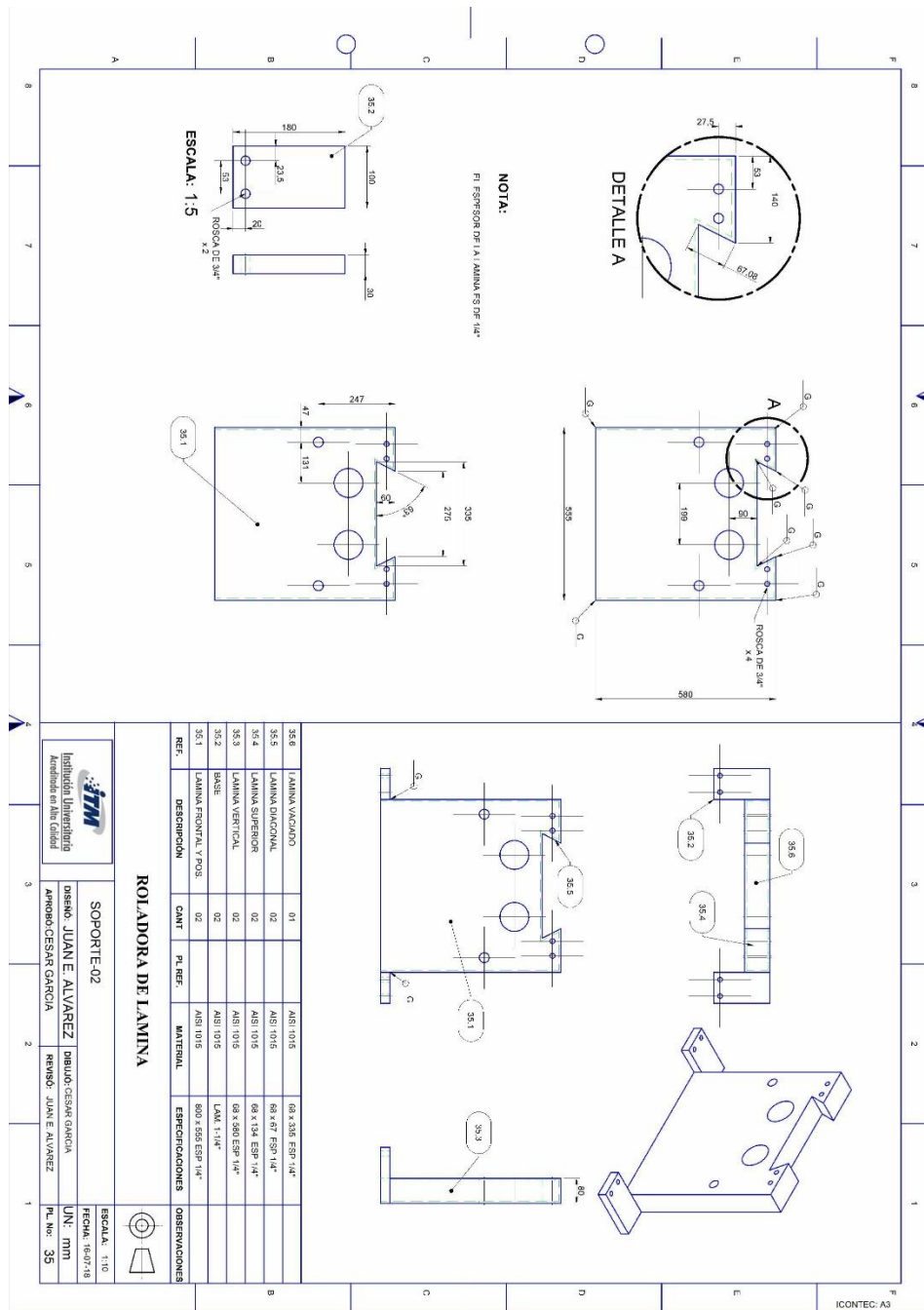



Figura 92 Plano de soporte 2
 Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

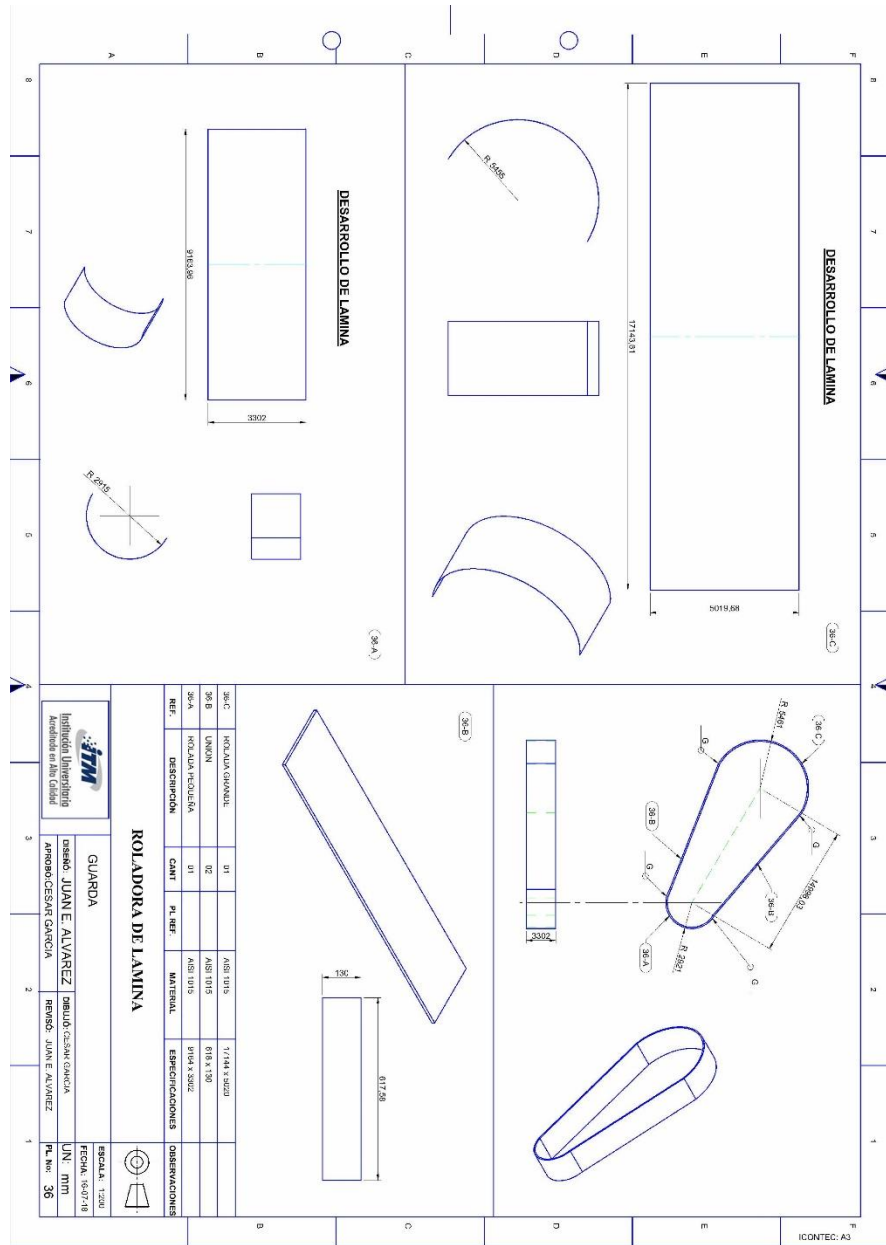


Figura 93 Plano de guarda
 Fuente. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

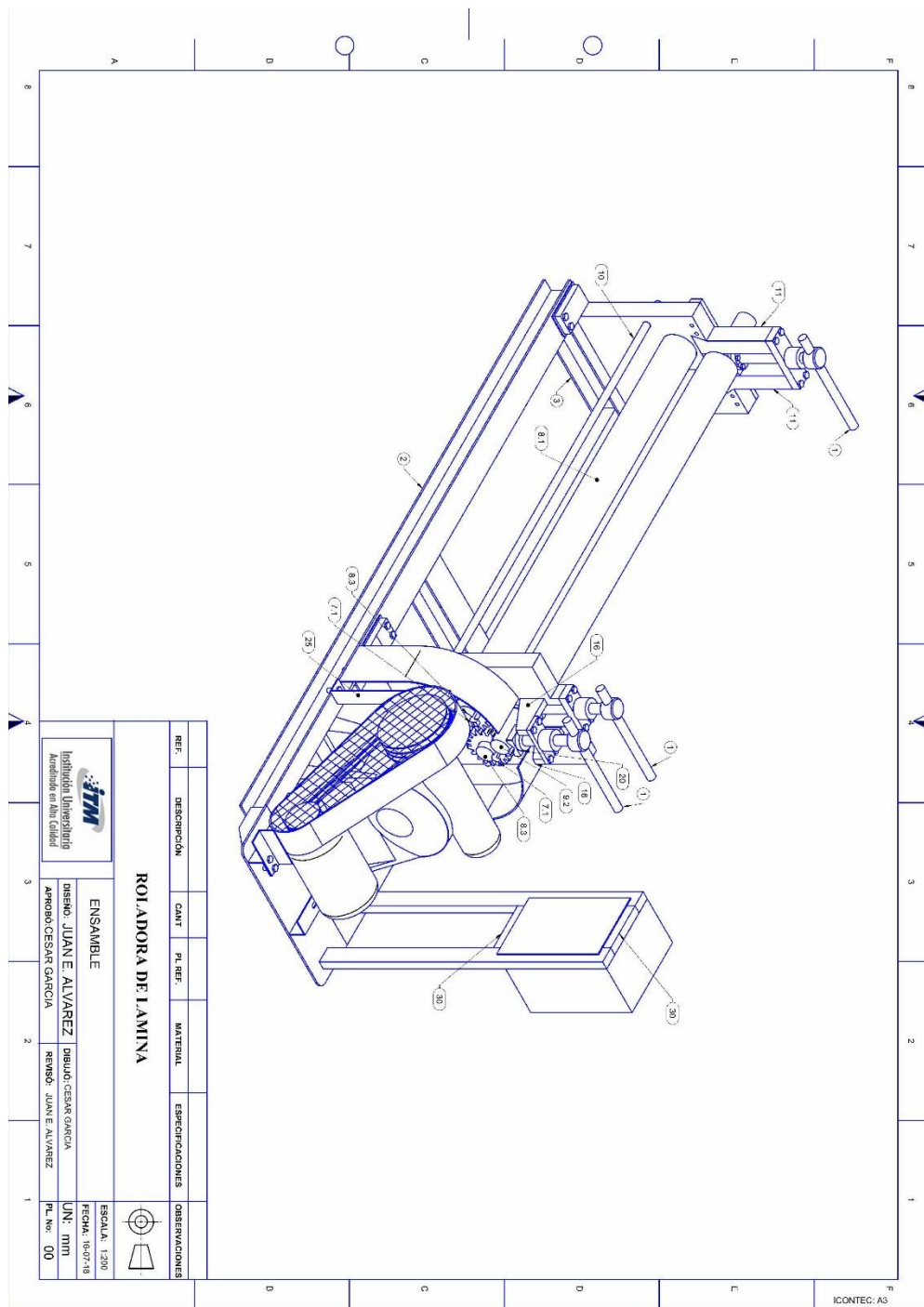



Figura 94 Plano de ensamble
 Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

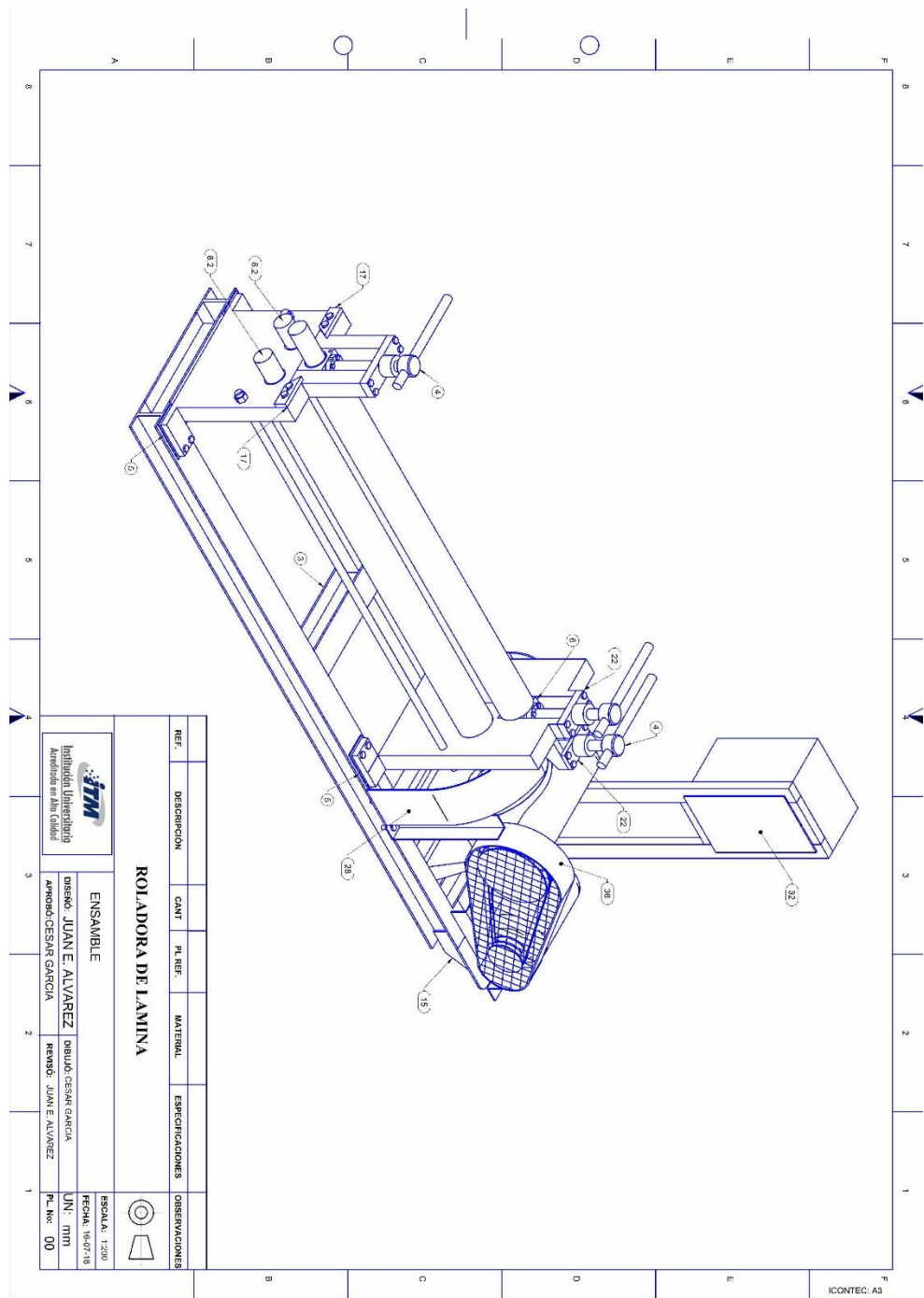


Figura 95 Plano de ensamble 3D
 Fuente. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

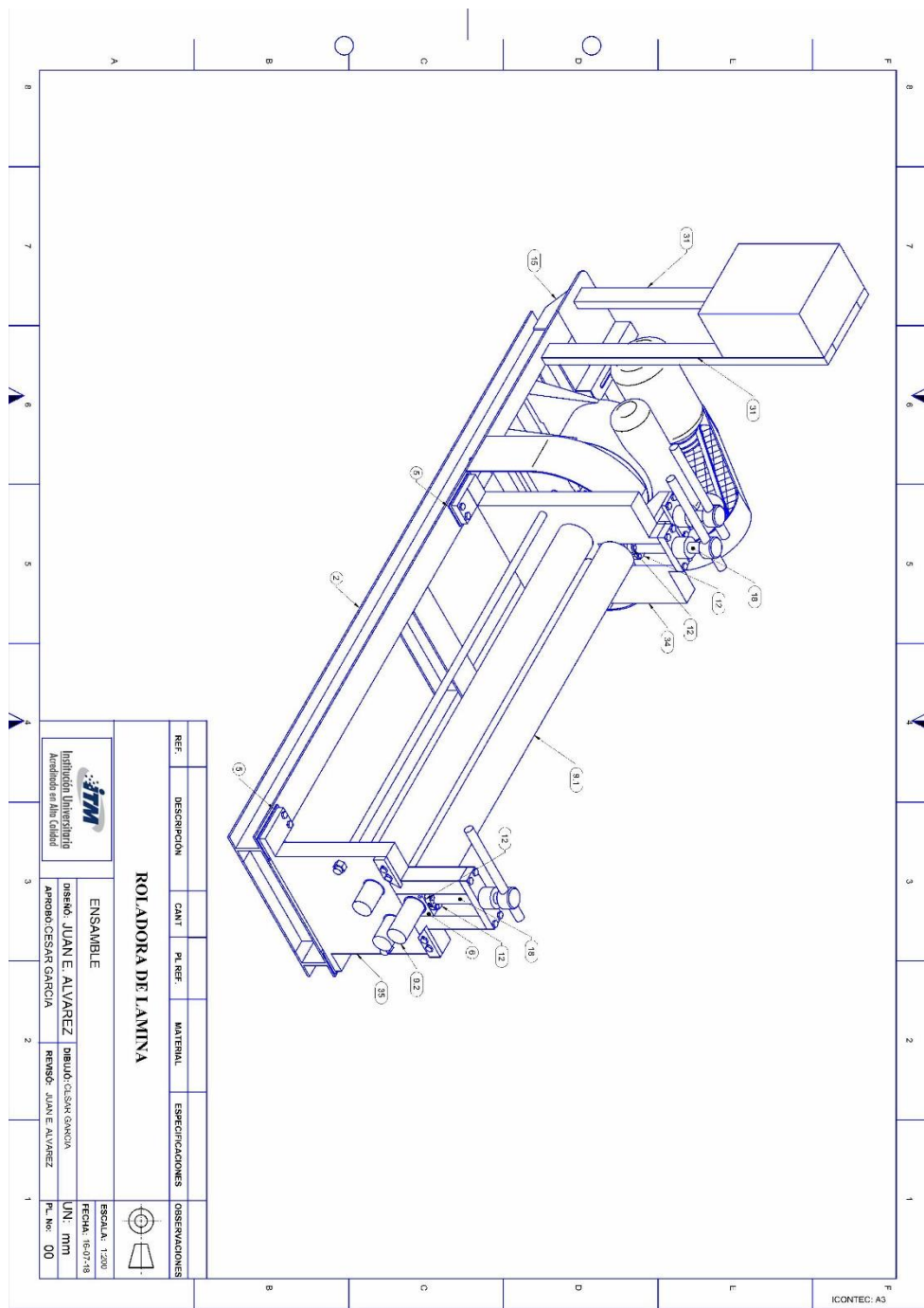



Figura 96 Plano ensamble 3D SE
 Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

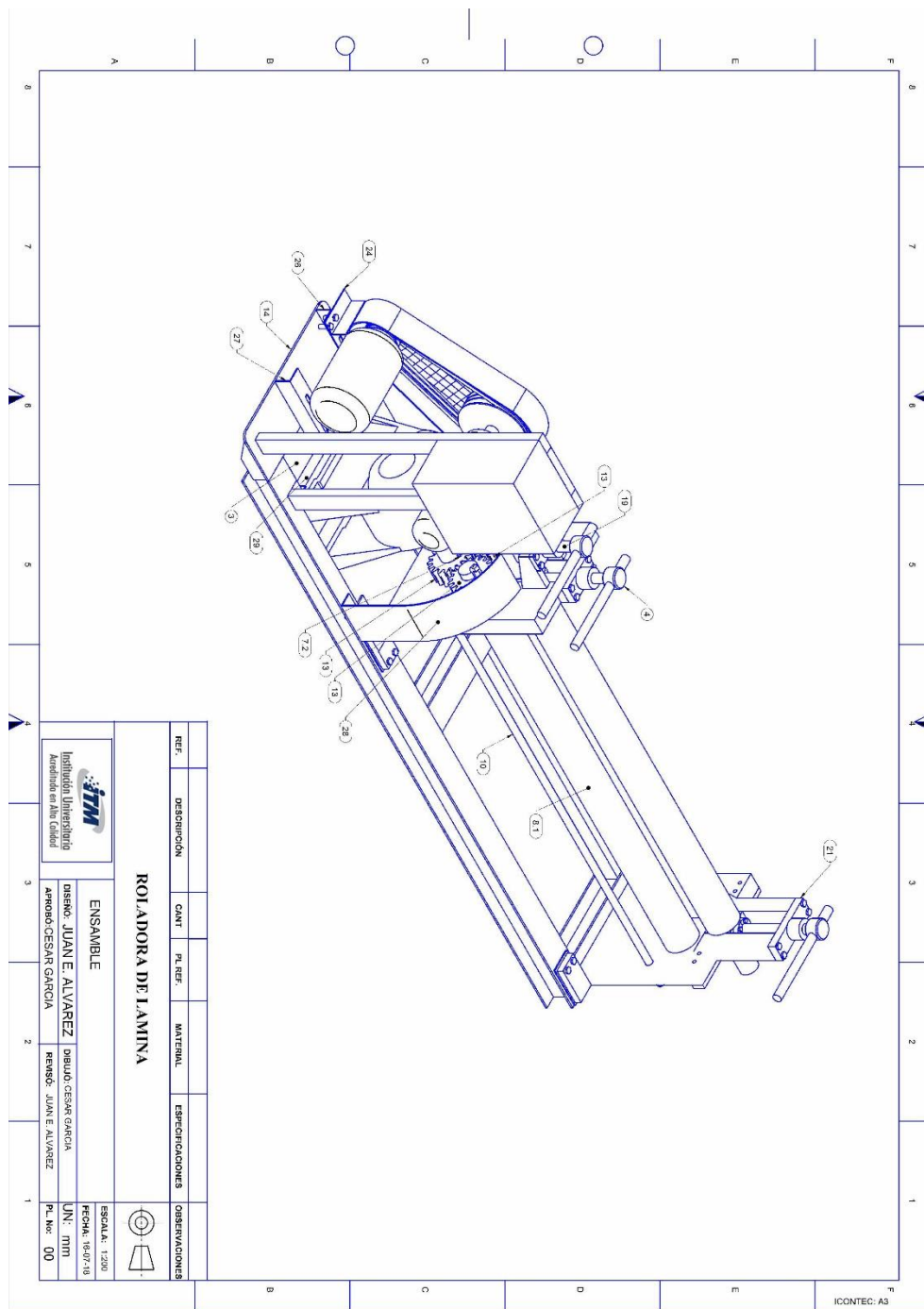



Figura 97 Plano ensamble 3D SO
 Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

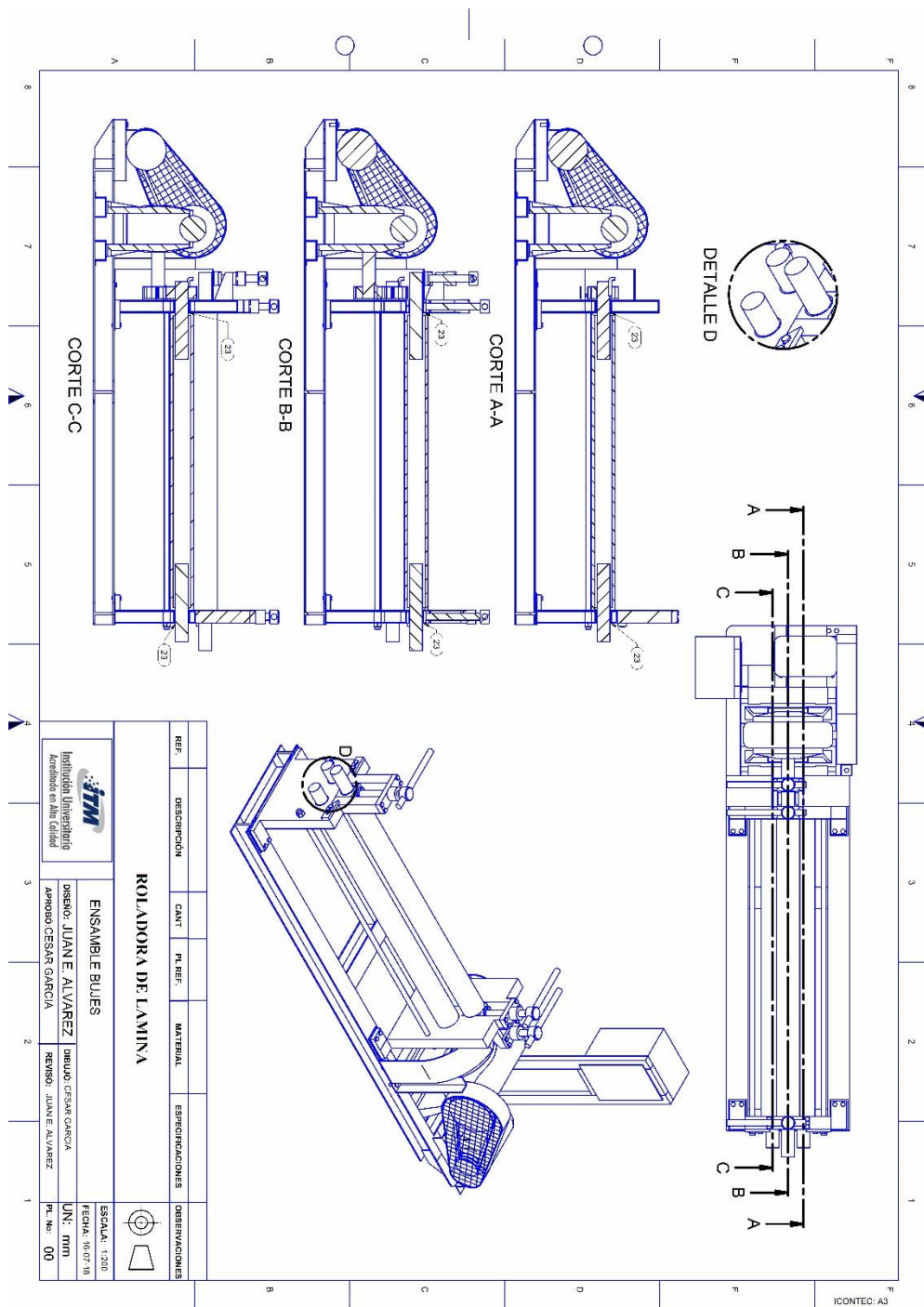


Figura 98 Plano ensamble 3D BUJES
 Fuente. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

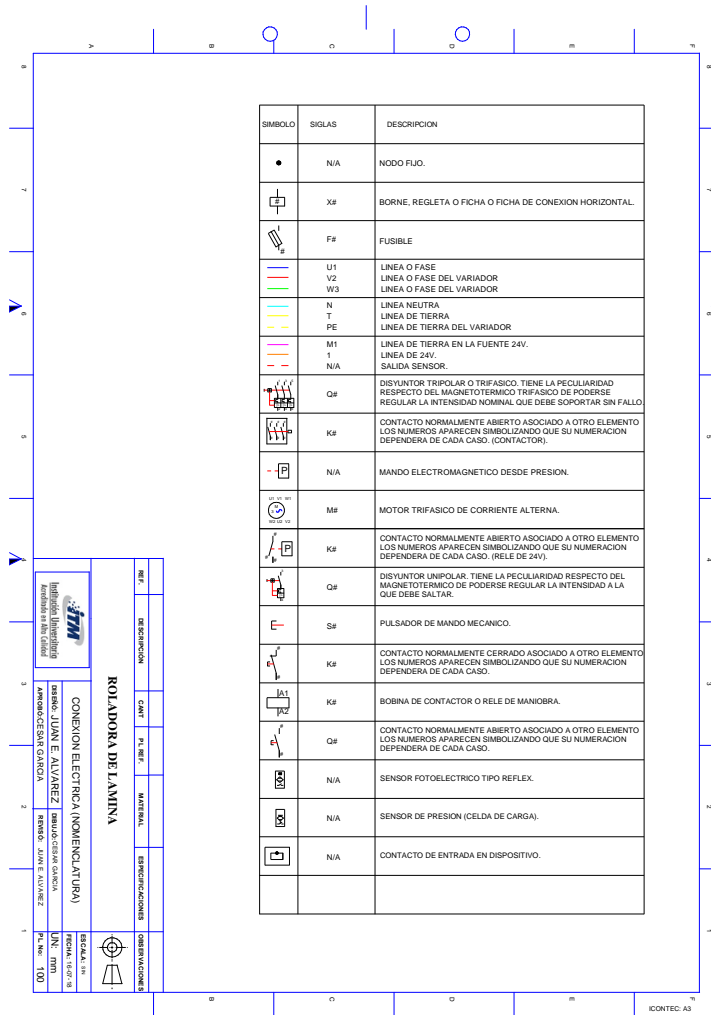


Figura 99 Plano de conexiones eléctricas
Fuente. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

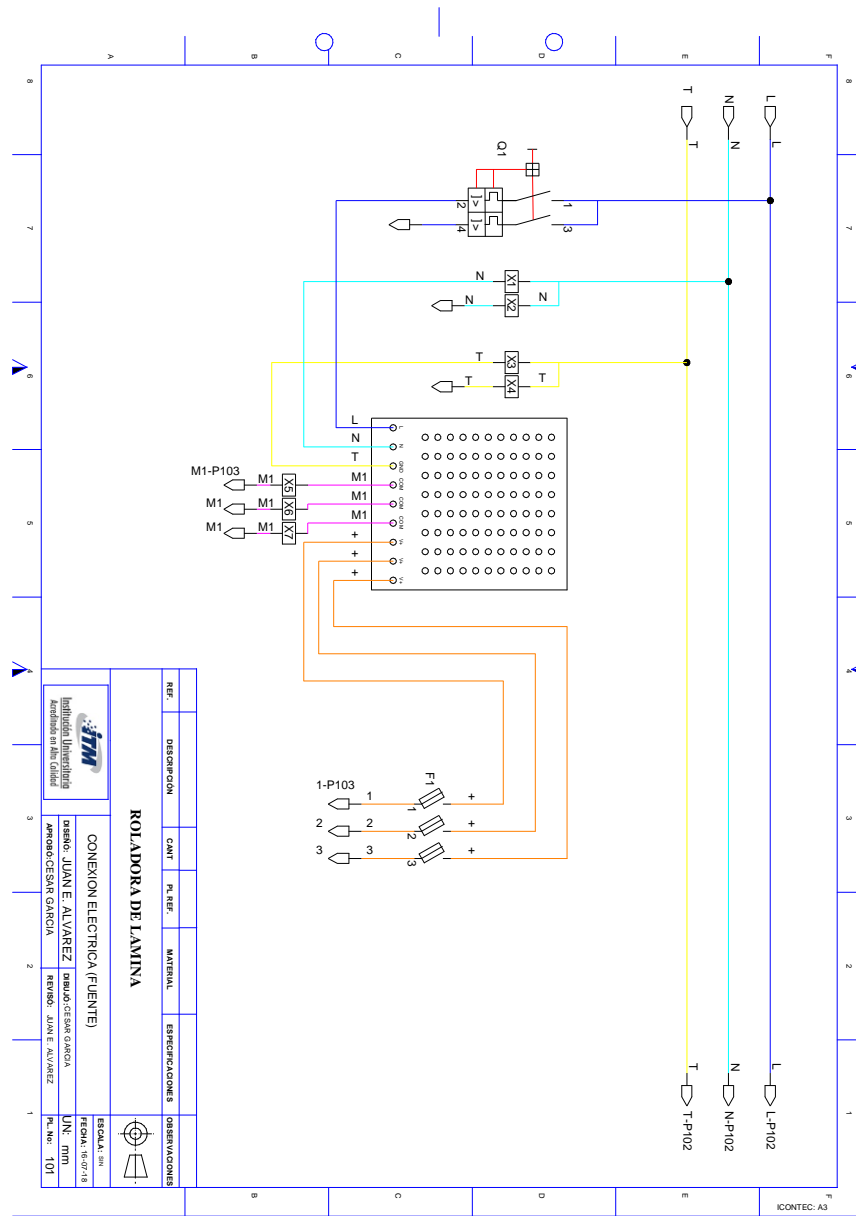

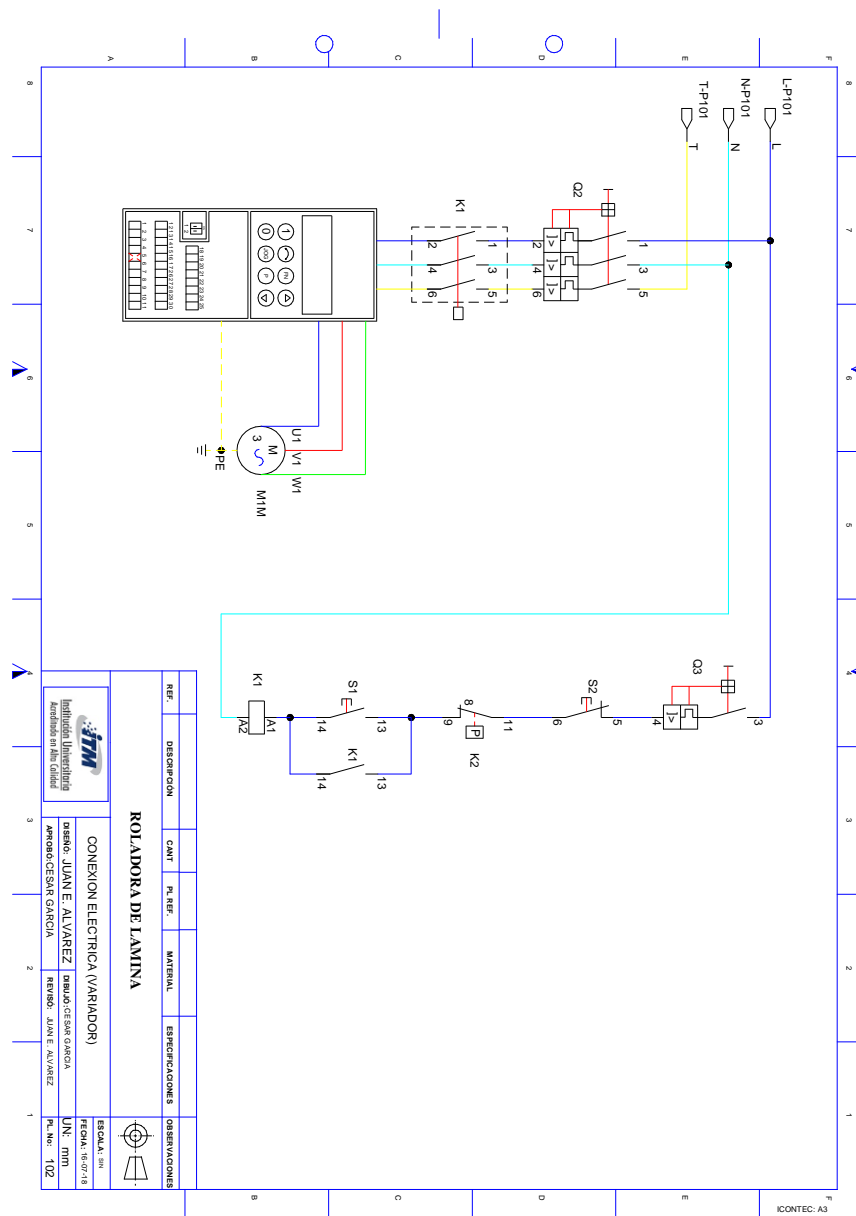



Figura 100 Plano conexión eléctrica fuente.
Fuente. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



REF.	DESCRIPCION	CANT.	PL. REF.	MATERIAL	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
ROLADORA DE LAMINA						
CONEXION ELECTRICA (VARIADOR)						
DESIGNO:	JUAN E. ALVAREZ	DISEAÑO:	CESAR GARCIA			
REVISO:	JUAN E. ALVAREZ	REVISO:	JUAN E. ALVAREZ			
REVISO:	CESAR GARCIA	REVISO:	JUAN E. ALVAREZ			
FECHA:	18/07/18					
PL. No.:	102					

Figura 101 Plano de conexión interna
Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

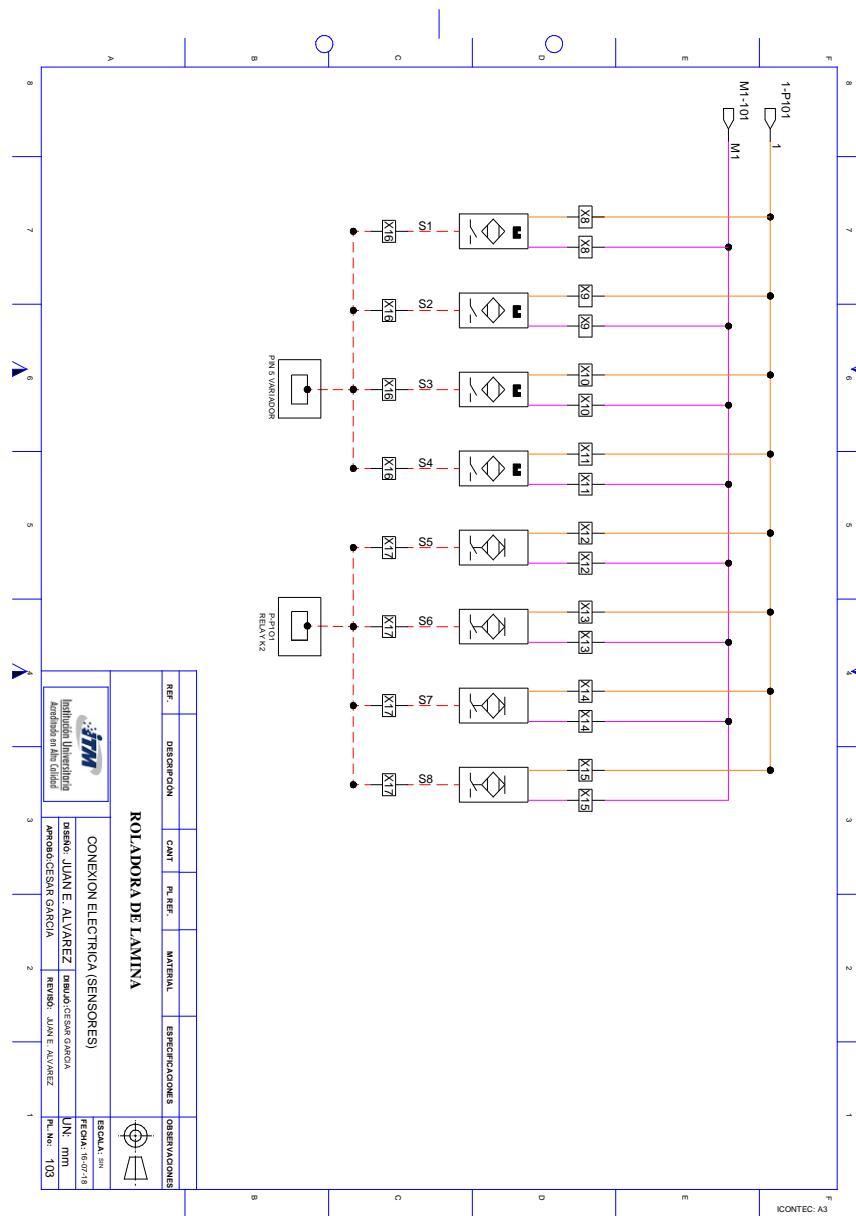



Figura 102 Plano conexión eléctrica sensor
Fuente. Elaboración propia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

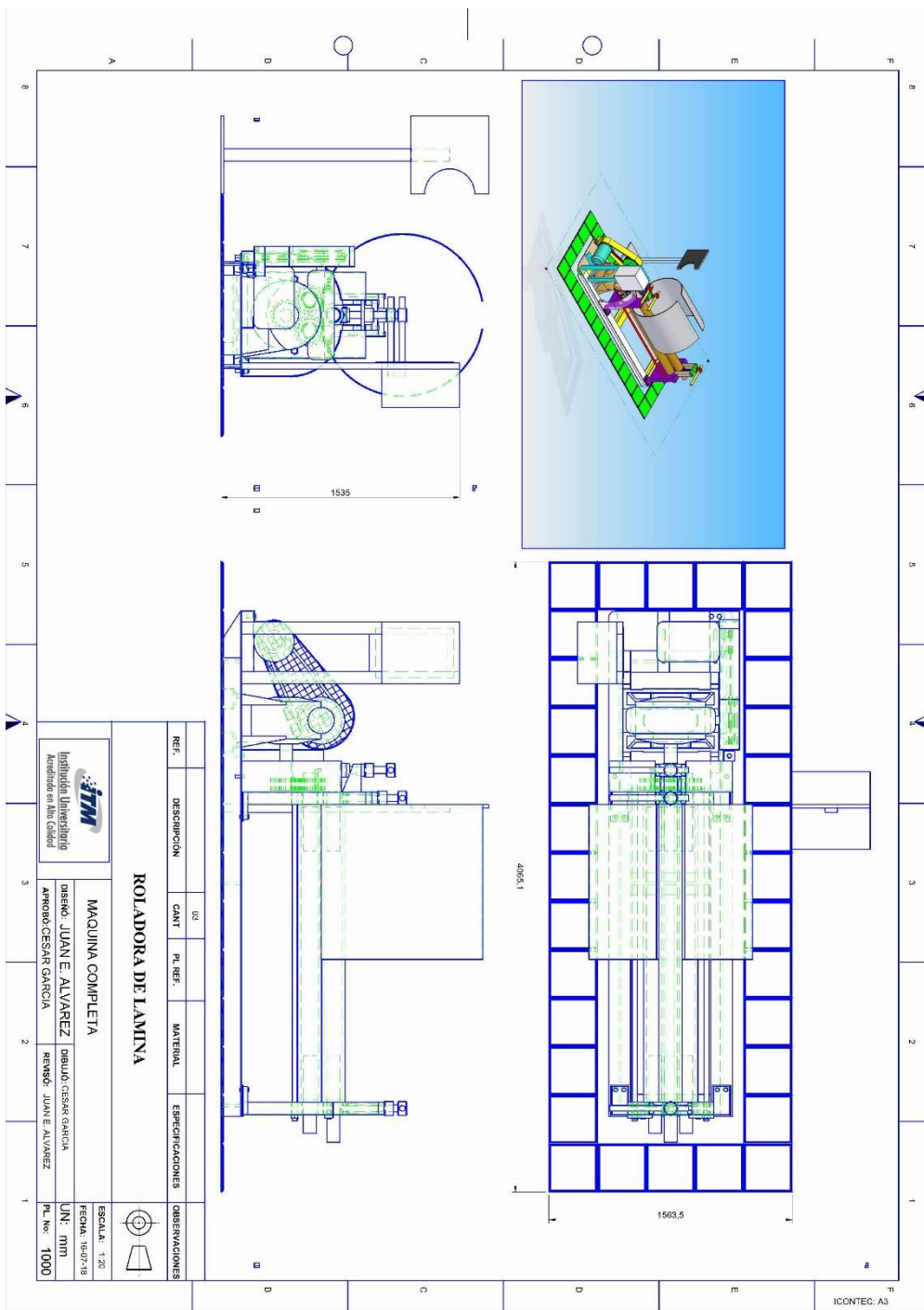





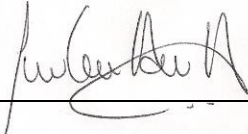
Figura 103 Plano de maquina completa
 Fuente. Elaboración propia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015- 01-22

FIRMA ESTUDIANTES


JUAN ESTEBAN ALVAREZ MONSALVE


CESAR AUGUSTO GARCIA MONSALVE

FIRMA ASESOR _____


FECHA ENTREGA: 16-11-2018 primera entrega de informe final corregido tras evaluación

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

ACEPTADO _____ ACEPTADO CON MODIFICACIONES _____

ACTA NO. _____
 FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____
 FECHA ENTREGA: _____