

Tabla de contenido

1. Introducción	1
1.1 Motivación	2
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos.....	5
1.3 Alcances y limitaciones	5
2. Antecedentes.....	7
2.1 Impresoras 3D.....	7
2.1.1 Tecnologías de impresión 3D	8
2.1.1.1 Modelado por deposición fundida (FDM).....	10
2.1.1.2 Estereolitografía (SLA)	10
2.1.1.3 Sintetización selectiva láser (SLS)	11
2.1.1.4 Impresión tridimensional (3DP)	12
2.1.2 Aplicaciones de la impresión 3D.....	12
2.2 Estado del arte	15
2.2.1 Robots escaladores	15
2.2.2 Robots impresoras.....	16
2.2.3 Impresora escaladora	18
3. Metodología.....	21
4. Diseño, construcción, prueba y caracterización de la máquina	22
4.1 Diseño de la máquina.....	22
4.1.1 Plataforma X-Y	22
4.1.1.1 Soportes plataforma X-Y	22
4.1.1.2 Cabezal de impresión.....	23
4.1.1.3 Mecanismo de transmisión.....	24
4.1.1.4 Sistema de enfriamiento.....	28
4.1.2 Mecanismo de deslizamiento.....	29
4.1.2.1 Riel deslizante	30
4.1.2.2 Soporte riel deslizante	31
4.1.3 Mecanismo impulsor de materia prima	36
4.1.4 Mecanismo motriz de deslizamiento.....	37
4.1.4.1 Motor impulsor.....	37

4.1.4.2	Apoyo motor impulsor.....	42
4.2	Construcción de la máquina.....	43
4.2.1	Fabricación de partes mediante impresión 3D.....	43
4.2.2	Construcción y mecanizado de partes mecánicas.....	44
4.2.3	Controlador.....	46
4.2.4	Ensamblaje de componentes.....	47
4.2.5	Software de control.....	51
4.3	Pruebas de funcionamiento.....	52
4.3.1	Calibración de la máquina y pruebas iniciales de impresión.....	52
4.3.2	Impresión de estructura.....	53
4.4	Caracterización del mecanismo.....	56
4.4.1	Velocidad de impresión.....	56
4.4.2	Resolución de impresión.....	56
4.4.3	Calidad de impresión.....	57
4.4.4	Temperatura de extrusión.....	59
4.4.5	Gasto energético.....	59
4.4.6	Verticalidad de la estructura obtenida.....	60
5.	Análisis y discusión de resultados.....	64
5.1	Resultados de funcionamiento del mecanismo.....	64
5.2	Resultados de impresión.....	66
6.	Conclusiones y trabajos a futuro.....	67
6.1	Conclusiones.....	67
6.2	Trabajos a futuro.....	68
7.	Bibliografía.....	69
	Anexo A.....	72
	Anexo B.....	73
	Anexo C.....	74
	Anexo D.....	75
	Anexo E.....	76
	Anexo F.....	77
	Anexo G.....	78
	Anexo H.....	79

Índice de figuras

Figura 1.1: Prototipo de máquinas de manufactura aditiva a desarrollar en el futuro.....	4
Figura 2.1: Impresión FDM.....	10
Figura 2.2: Principio de funcionamiento BeamMaker	11
Figura 2.3: Principio de impresión SLS.	11
Figura 2.4: Impresión tridimensional.	12
Figura 2.5: Diseño de rejillas impresas en vidrio de carbohidratos.	13
Figura 2.6: Strati, un automóvil fabricado con impresión 3D.	13
Figura 2.7: Prototipo de un motor de avión fabricado con impresión 3D.....	14
Figura 2.8: Robot RISE escalando una pared de hormigón.	16
Figura 2.9: Robot escalador de cables.....	16
Figura 2.10: 3&DBot realizando prueba de impresión.....	17
Figura 2.11: Brazo de impresión fabricando una estructura.....	17
Figura 2.12: Demostración del funcionamiento de los robots MiniBuilder.	18
Figura 2.13: Brazo robótico MX3D fabricando prototipo de puente a escala.	19
Figura 2.14: Diseño de la impresora Koala.	19
Figura 4.1: Soportes esquina plataforma X - Y.....	23
Figura 4.2: Cabezal de impresión.....	24
Figura 4.3: Estructura de la plataforma X - Y	25
Figura 4.4: Unión deslizante de ejes X - Y.	26
Figura 4.5: Ensamblaje del motor Nema 11 en el soporte de la plataforma.	27
Figura 4.6: Ensamblaje del sistema de enfriamiento.....	28
Figura 4.7: Diseño final de la plataforma X - Y	29
Figura 4.8: Riel deslizante con dos y cuatro rodamientos.	30
Figura 4.9: Ensamblaje mecanismo de deslizamiento	31
Figura 4.10: Diagrama de cuerpo libre del mecanismo de deslizamiento.	33
Figura 4.11: Base que une la plataforma X - Y.....	36
Figura 4.12: Mecanismo impulsor de materia prima.....	37
Figura 4.13: Diagrama de cuerpo libre del mecanismo motriz de deslizamiento.	38
Figura 4.14: Diseño del apoyo motor impulsor.....	42
Figura 4.15: Partes de la máquina construidas mediante impresión 3D.	43
Figura 4.16: Partes con rosca interna para pernos.	44
Figura 4.17: Tornillo sin fin mecanizado.....	44

Figura 4.18: Bujes del soporte de la plataforma y de los pernos tipo espárrago.	45
Figura 4.19: Extrusor con el acople de aluminio.....	46
Figura 4.20: Arduino Mega 2560 y la tarjeta Ramps 1.4.	46
Figura 4.21: Ensamblaje preliminar de la plataforma X - Y	47
Figura 4.22: Vista frontal del ensamblaje final de la máquina.	49
Figura 4.23: Vista lateral de ensamblaje final de la máquina.	50
Figura 4.24: Configuración del paso de los motores en el firmware Marlin.	52
Figura 4.25: Resultado calibración retracción.	53
Figura 4.26: Proceso de fabricación de una columna de 250 mm.....	55
Figura 4.27: Probetas fabricadas por la máquina.....	57
Figura 4.28: Set-up utilizado para medir la Rugosidad de las probetas.	58
Figura 4.29: Perfil de rugosidad obtenido mediante el procesamiento de imagen.	59
Figura 4.30: Sensor ACS712 utilizado para medir la corriente.....	60
Figura 4.31: Deflexión de la columna de 250 mm de largo fabricada por la máquina. ...	61
Figura 4.32: Curva de desplazamiento en el eje X e Y según valores de RMS.	62
Figura 5.1: Consumo de energía de la máquina al fabricar un cubo de 10 mm.	65

Índice de tablas

Tabla 2.1	9
Tabla 4.1	26
Tabla 4.2	32
Tabla 4.3	39
Tabla 4.4	39
Tabla 4.5	54
Tabla 4.6	56
Tabla 4.7	56
Tabla 4.8	57
Tabla 5.1	64
Tabla 5.2	66