



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BRAZO ROBOT PARA DISCAPACITADOS

AUTOR: JAVIER MARTÍNEZ BEA

TUTOR: RANKO ZOTOVIC STANISIC

Curso Académico: 2015-16

INDICE DE LA MEMORIA

FIGURAS.....	IV
TABLAS.....	VII
ABREVIATURAS.....	VIII
BIBLIOGRAFÍA.....	IX
1.- OBJETIVO Y MOTIVACIÓN DEL TFG.....	1
1.1. Justificación del TFG.....	1
1.2. Objetivo del TFG.	1
1.3. Destinatario del proyecto.....	2
2. EXOESQUELETOS, AUTÓMATAS Y ROBOTS.....	3
2.1. Introducción.	3
2.2. Exoesqueletos.....	3
2.2.1. Antecedentes de los exoesqueletos diseñados para el ser humano.	4
2.3. Autómatas.	4
2.4. Robots.	5
2.4.1. Manipuladores teleoperados/robots.....	6
2.5. Robots, exoesqueletos y medicina.	8
2.5.1. Prótesis y ortesis.....	8
2.5.2. Ortopedia versus Exoesqueletos.....	10
3. ESTADO DEL ARTE.....	13
3.1. ARMin.....	13
3.1.1. ChARMin.....	13
3.2. Wearable Orthosis for Tremor Assessment and Suppression (WOTAS).....	14
3.3. Motorized Upper Limb Orthotic System (MULOS).	14
3.4. Functional upper arm orthosis.	15
3.5. Prótesis y ortesis comercializadas.	15
3.5.1. X-Ar Exoskeleton Arm Support.....	15
3.5.2. PowerGrip Assisted Grasp Orthosis.....	16
3.5.3. Wilmington Robotic EXoskeleton Arm WRex.....	16
4. LA EXTREMIDAD SUPERIOR.....	17
4.1. Introducción.	17
4.2. Anatomía de la extremidad superior.	17
4.2.1. Movimientos de las articulaciones.	17
4.2.2. Las articulaciones.	20
4.2.1.1. Articulación del hombro.....	21
4.2.1.2. Articulación del codo.	21
4.2.1.3. Articulación de la muñeca.	22

4.3. Ergonomía y cinemática del brazo. GDL.....	22
4.3.1. Grados de libertad del aparato superior.	23
4.4. Biomecánica.	24
4.5. Nociones de antropometría.	25
4.5.1. Longitudes del miembro superior.	26
4.5.1.1. Definiciones	26
4.5.1.2. Medidas.	28
5. DISEÑO DEL BRAZO ROBOT.	29
5.1. Consideraciones previas.....	29
5.2. Mecanismos del brazo.	31
5.2.1. Motores eléctricos.	31
5.2.1.1. Servomotor.	31
5.2.1.2. Motores.	32
5.2.1.3. Harmonic Drive.	33
5.2.2. Acoplamientos flexibles.	34
5.2.3. Engranajes.	34
5.2.4. Situación de los mecanismos.	35
5.3. Diseño conceptual.	36
5.3.1. Diseño de la pinza.....	36
5.3.1.1. Pinza accionada con servomotor a través de un tornillo sin fin.....	36
5.3.1.2. Pinza accionada con servomotor a través de cables.	36
5.3.1.3. Pinza accionada con servomotor a través de engranajes.....	37
5.3.1.4. Selección del diseño final de la pinza para brazo robot.....	38
5.3.2. Diseño del brazo.	38
5.3.2.1. Antebrazo/muñeca.	38
5.3.2.2. Bíceps y tríceps.	39
5.3.2.3. Hombro.	39
5.4. Diseño de detalle.	40
5.4.1. Pinza.	40
5.4.2. Pasador de la muñeca.	42
5.4.3. Muñeca.....	42
5.4.4. Antebrazo.	43
5.4.5. Bíceps.....	45
5.4.6. Tríceps.	46
5.4.7. Hombro.....	48
5.5. Cálculos.	49
5.5.1. Cálculos de diseño.	49
5.5.1.1. Eslabón de unión de los dedos.....	49
5.5.1.2. Guía de apoyo.....	50
5.5.1.3. Momento torsor de la pinza.	50
5.5.1.4. Cálculo de los engranajes de la pinza.	52
5.5.1.5. Cálculo de los engranajes del codo.....	54
5.5.1.6. Cálculo del eje del codo.....	56
5.5.1.7. Cálculo de los engranajes del hombro.	58
5.5.1.8. Cálculo del eje del hombro.....	60
5.5.2. Cálculos justificativos.	61
5.5.2.1. Cálculos justificativos mediante análisis virtual para los dedos de la pinza.	63
5.5.2.2. Cálculos justificativos mediante análisis virtual para el pasador de la muñeca.	64
5.5.2.3. Cálculo justificativo mediante análisis virtual del antebrazo.....	65
5.5.2.4. Cálculo justificativo mediante análisis virtual del bíceps y el tríceps.....	66

5.5.2.5. Cálculo justificativo mediante análisis virtual del hombro.	68
6. FABRICACIÓN DEL BRAZO ROBOT.	70
6.1. Justificación del método.	70
6.2. Método de impresión de las piezas.	71
6.2.1. Impresión Pinza.	72
6.2.2. Impresión de la muñeca.	73
6.2.3. Impresión del Antebrazo.....	73
6.2.3. Impresión del Bíceps.	74
6.2.4. Impresión del Tríceps.....	74
6.2.5. Impresión del hombro.	75
6.3. Control de calidad de las piezas.....	76
7. MONTAJE DEL BRAZO ROBOT.	78
7.1. Prueba del brazo robot.	79
7.1.1. Apertura y cierre de la pinza.....	79
7.1.2. Giro de la muñeca.....	79
7.1.3. Movimiento de flexión/extensión del antebrazo y brazo.	80
7.1.4. Rotación del brazo robot.	80
8. CONCLUSIONES FINALES DEL PROYECTO.	81

Nota.- Para mayor practicidad se han acortado las direcciones URL mediante el programa <https://goo.gl> de Google, apareciendo los enlaces como <http://goo.gl/xxxxxx>



INDICE DEL PRESUPUESTO

FIGURAS.	II
TABLAS.	II
1. PRESUPUESTO Y COSTE ECONÓMICO DEL PROYECTO.	1
1.1. Coste de los recursos humanos.	1
1.2. Coste del equipo y del material empleado.	1
1.3. Coste del software.	2
1.4. Material.	2
1.5. Gastos de impresión.	3
1.6. Gastos totales.	4
HOJA DE COSTES.	5