

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 OBJETO Y ANTECEDENTES.....	23
1.1 INTRODUCCIÓN	23
1.2 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
1.3 ANTECEDENTES	28
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN. LEONARDO Y EL PROYECTO TÉCNICO	33
1.4.1 <i>El Diseño Conceptual en Leonardo</i>	34
1.4.2 <i>Las aplicaciones sistémicas y el diseño modular</i>	38
1.4.3 <i>La búsqueda de la automatización y la producción en serie en Leonardo</i>	43
1.4.4 <i>Las técnicas creativas en Leonardo</i>	46
1.4.5 <i>El uso de las “analogías” por Leonardo</i>	49
1.5 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO.....	51
REFERENCIAS	54
CAPÍTULO 2 ANÁLISIS TAXONÓMICO DE LA OBRA ESCRITA DE LEONARDO DA VINCI	57
2.1 INTRODUCCIÓN	57
2.2 OBJETIVO	58
2.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS CÓDICES	58
2.4 CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS CÓDICES	59
2.5 DESCRIPCIÓN DETALLADA LOS CÓDICES	60
2.5.1 <i>El Códice Arundel</i>	60
2.5.2 <i>El Códice Atlántico</i>	61
2.5.3 <i>El Códice o Los Folios de Windsor (Manuscritos de Anatomía y Dibujo)</i>	64
2.5.4 <i>Los Códices Forster (I, II, III)</i>	66
2.5.5 <i>Los Manuscritos de Francia, o de París</i>	66
2.5.6 <i>El Códice del Vuelo de Los Pájaros o de Turín</i>	68
2.5.7 <i>El Códice Trivulziano</i>	71
2.5.8 <i>Los Códices Madrid I y Madrid II</i>	71
2.5.9 <i>Códice Leicester (o Hammer)</i>	73
2.6 CONCLUSIONES	75
REFERENCIAS	77
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LAS INVESTIGACIONES SOBRE LEONARDO DA VINCI	81
3.1 INTRODUCCIÓN	81
3.2 OBJETIVO	82
3.3 INVESTIGADORES MÁS IMPORTANTES Y SUS PUBLICACIONES.....	83

3.3.1 Francesco Melzi (Milán, hacia 1493-Vaprio d' Adda, 1572/73).....	83
3.3.2 El Anónimo Gaddiano o Códice Magliabechiano XVII (entre 1537-1541).....	84
3.3.3 Paolo Giovio (Como, 1483- Florencia, 1552)	84
3.3.4 Giorgio Vasari (Arezzo, 1511-Florencia, 1574).....	84
3.3.5 Giovanni Paolo Lomazzo (Milán, 1538-1592).....	86
3.3.6 Charles Ravaisson-Mollien (1848-1919).....	87
3.3.7 Jean Paul Richter (Dresde, 1847-Lugano, 1937).....	88
3.3.8 Charles Harvard Gibbs-Smith (Teddington, Greater London, 1909-1981)	88
3.3.9 Carlo Pedretti (Casalecchio di Reno, 1928-Lamporecchio, 2018).....	90
3.3.10 Fritjof Capra (Viena, 1939).....	91
3.3.11 Martin Kemp (Reino unido, 1942).....	92
3.3.12 Alessandro Vezzosi (Italia, 1950).....	93
3.3.13 Patxi Lanceros (Bilbao, 1962), y Juan Barja (La Coruña, 1954).	94
3.3.14 Sara Tagliagambe (Pisa, 1977).....	95
3.3.15 Miguel Ángel Contreras López (Madrid, 1969).....	97
3.4 INSTITUCIONES MÁS CONOCIDAS, VINCULADAS A LA OBRA DE LEONARDO	98
3.4.1 Raccolta Vinciana (Colección Vinciana, 1905).....	98
3.4.2 Biblioteca Leonardiana de Vinci (1928) y el Proyecto e-Leo.....	98
3.4.3 Museo “Nazionale della Scienza e della Tecnologia Leonardo da Vinci” (Milán).....	99
3.5 CONCLUSIONES	101
REFERENCIAS	102

**CAPÍTULO 4 TEORÍAS, MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS
TÉCNICOS EN LA OBRA DE LEONARDO DA VINCI** 105

4.1 INTRODUCCIÓN	105
4.2 EL MÉTODO CIENTÍFICO EN LEONARDO	107
4.3 LA TEORÍA DE SISTEMAS EN LEONARDO.....	108
4.4 LOS ENSAYOS	109
4.5 EL ESTUDIO DEL TRABAJO, LA ERGONOMÍA, Y LA SEGURIDAD Y SALUD.	113
4.6 LAS ANALOGÍAS	114
4.7 MÉTODOS, TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PROYECTUALES	115
4.7.1 El Barco de Palas	116
4.7.2 El proyecto de desvío del Río Arno.....	118
4.7.3 El traje de buceo o escafandra.	119
4.7.4 El autómata.....	121
4.8 CONCLUSIONES	122
REFERENCIAS	123

**CAPÍTULO 5 LAS CARACTERÍSTICAS DEL PENSAMIENTO DE LEONARDO DA VINCI,
PARADIGMA DE LA CREATIVIDAD** 125

5.1 INTRODUCCIÓN	125
5.2 LAS REGLAS O PRINCIPIOS DE TRABAJO DE LEONARDO.....	126

5.2.1 <i>Curiosità (despertar la curiosidad: hacerse preguntas consigue encontrar respuestas -ideas- válidas, más fácilmente)</i>	127
5.2.2 <i>Dimostrazione (La demostración = experimentación)</i>	129
5.2.3 <i>Sensazione (las sensaciones: afinar nuestros sentidos)</i>	132
5.2.4 <i>Sfumato (la difuminación, la ambigüedad, lo matizable: aprovechar la incerteza)</i>	134
5.2.5 <i>Arte/Scienza (la unión del arte y la ciencia, símil de imaginación y lógica: el equilibrio)</i>	136
5.2.6 <i>Corporalità (cultivar y equilibrar el cuerpo y la mente)</i>	137
5.2.7 <i>Connessione (todo está conexasionado con todo)</i>	138
5.3 LA OBSERVACIÓN CIENTÍFICA	141
5.4 LA “IMAGINATIO”, POTENCIAR LA IMAGINACIÓN	143
5.5 CONCLUSIONES	144
REFERENCIAS	145
CAPÍTULO 6 ANÁLISIS DE LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DE LOS DISEÑOS Y PROYECTOS DE LEONARDO DA VINCI	149
6.1 INTRODUCCIÓN	149
6.2 OBJETIVO	151
6.3 LOS DISEÑOS DE MÁQUINAS PARA LA GUERRA	152
6.3.1 <i>El carro con guadañas</i>	152
6.3.2 <i>Las catapultas</i>	156
6.4 LAS GRÚAS	161
6.5 EL CONJUNTO DE DOCUMENTOS DEL PROYECTO TÉCNICO EN LEONARDO	164
6.6 CONCLUSIONES	167
REFERENCIAS	169
CAPÍTULO 7 CONTRIBUCIONES DE LEONARDO DA VINCI A LAS TÉCNICAS GRÁFICAS PARA EL DISEÑO O PROYECTO TÉCNICO.....	171
7.1 INTRODUCCIÓN	171
7.2 LA TÉCNICA DE LOS “DIAGRAMAS DE EXPLOSIÓN” O “EXPLOSORES”	171
7.3 LOS DIAGRAMAS O GRÁFICOS DE “FAMILIAS DE RECORRIDOS”	175
7.4 LA TÉCNICA DE ELABORAR MAPAS A “VISTA DE PÁJARO” (CARTA A VOLO D’ UCCELLO)	178
7.4.1 <i>Mapa de la Toscana, parte de la Umbria, lago Trasimeno y el Valle de Chiana (1502)</i>	180
7.4.2 <i>Mapa de “Arezzo” y Valle de Chiana, con mensuración de distancias (1502)</i>	181
7.4.3 <i>Mapa de la ciudad de Imola (Italia) (1502)</i>	182
7.5 LAS PERSPECTIVAS DE LEONARDO (AÉREA, DEL COLOR Y MENGUANTE) Y EL “SFUMATO” ..	184
7.6 LAS TÉCNICAS DEL “ESCORZO”, DE LA “SERPENTINATA”, DE LA “SUPERPOSICIÓN” Y DE LA DISTORSIÓN DE ESCALAS, LLEGANDO AL “ANAMORFISMO”	189
7.7 CONCLUSIONES.	194
REFERENCIAS	194

CAPÍTULO 8 ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE DISEÑO APORTADOS POR LEONARDO DA VINCI EN SU OBRA CIENTÍFICA Y TÉCNICA	195
8.1 INTRODUCCIÓN	195
8.2 LOS COMPASES DE LEONARDO	196
8.2.1 <i>Los compases de varillas de apertura ajustable</i>	198
8.2.2 <i>Los compases proporcionales</i>	200
8.2.3 <i>El elipsógrafo o compás oval</i>	201
8.2.4 <i>El compás parabólico</i>	202
8.2.5 <i>El compás para epicicloides</i>	203
8.3 EL PROSPECTÓGRAFO O PERSPECTÓGRAFO.	206
8.4 EL ODÓMETRO Y EL PODÓMETRO	208
8.5 LA CÁMARA OSCURA.....	212
8.6 CONCLUSIONES	217
REFERENCIAS	218
CAPÍTULO 9 EL DISEÑO BASADO EN ANALOGÍAS EN LA OBRA DE LEONARDO DA VINCI	221
9.1 INTRODUCCIÓN	221
9.2 LOS ESTUDIOS BIOMECÁNICOS	222
9.3 EL ORNITÓPTERO	229
9.4 LA COMETA O ALA DELTA	231
9.5 LOS AUTÓMATAS	233
9.6 LAS ALETAS PALMEADAS	234
9.7 LA JUSTIFICACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LOS ÁRBOLES	235
9.8 PREFERENCIA POR LA FORMA ONDULADA.....	237
9.9 LA SALA DELLE ASSE	241
9.10 CONCLUSIONES	242
REFERENCIAS	243
CAPÍTULO 10 LEONARDO DA VINCI PIONERO DEL ECODISEÑO.....	245
10.1 INTRODUCCIÓN	245
10.2 OBJETIVO	247
10.3 COPIANDO DE LA “MAESTRA NATURALEZA” EN SU OBRA, FILOSOFÍA Y FORMA DE VIDA. .	248
10.4 DISEÑOS URBANÍSTICOS Y CONSTRUCTIVOS CON SOLUCIONES ECOLÓGICAS	251
10.4.1 <i>El primer proyecto de Milán, las “ciudades satélite”</i>	251
10.4.2 <i>El segundo proyecto de Milán. La expansión geométrica</i>	256
10.4.3 <i>La ciudad nueva de Romorantin</i>	257
10.5 EL AGUA.....	259
10.6 LA SALA GRANDE DELLE ASSE, Y LOS INNOVADORES FONDOS DE LAS MADONAS, UN CULTO A LA NATURALEZA	262
10.7 CONCLUSIONES	264
REFERENCIAS	265

CAPÍTULO 11 REVISIÓN DE FACTIBILIDAD FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS TÉCNICOS DISEÑADOS POR LEONARDO DA VINCI	267
11.1 INTRODUCCIÓN	267
11.2 EL ASCENSOR MANUAL O DE MANIVELA	268
11.3 EL MARTINETE PARA PILOTAJES	270
11.4 LOS “GATOS MECÁNICOS” DE LEONARDO	272
11.4.1 <i>El gato de cremallera</i>	273
11.4.2 <i>El Gato de husillo (tornillo-tuerca tradicional)</i>	273
11.4.3 <i>El gato de tornillo con rodamiento antifricción</i>	275
11.5 EL TORNO DE GIRO CONTINUO	276
11.6 EL ANEMÓMETRO Y EL ANEMOSCOPIO.....	278
11.7 EL PRIMER VEHÍCULO AUTOPROPULSADO	280
11.8 OTROS.....	283
11.8.1 <i>La escalera de doble hélice</i>	284
11.8.2 <i>El primer paracaídas de la historia</i>	286
11.9 CONCLUSIONES	289
REFERENCIAS	289
CAPÍTULO 12 EL CABALLO SFORZA.....	291
12.1 INTRODUCCIÓN	291
12.2 EL CABALLO SFORZA.....	292
12.2.1 <i>El contexto histórico</i>	292
12.2.2 <i>Diseño de ingeniería: estudios preliminares, los bocetos iniciales</i>	296
12.2.3 <i>Ingeniería del proyecto: el diseño de detalle o proyecto de ejecución</i>	298
12.2.4 <i>Ejecución del proyecto. El gran caballo hecho realidad 500 años después</i>	306
12.3 CONCLUSIONES	308
REFERENCIAS	308
CAPÍTULO 13 SÍNTESIS Y CONCLUSIONES	311
13.1 LEONARDO COMO DISEÑADOR Y PROYECTISTA MULTIDISCIPLINAR	312
13.2 EL ASPECTO MORFOLÓGICO DE LOS PROYECTOS DE LEONARDO.....	313
13.3 CONTRIBUCIÓN DE LEONARDO AL DESARROLLO DE LAS TÉCNICAS GRÁFICAS PARA EL DISEÑO/PROYECTO.....	315
13.4 CONTRIBUCIÓN DE LEONARDO AL DESARROLLO DE LOS INSTRUMENTOS OPERATIVOS PARA EL DISEÑO/PROYECTO.....	318
13.5 LEONARDO COMO DISEÑADOR Y PROYECTISTA SISTÉMICO.	321
13.6 LEONARDO COMO DISEÑADOR EMPÍRICO/ CIENTÍFICO	325
13.7 LAS ANALOGÍAS COMO FUENTE DE LA CREATIVIDAD EN EL DISEÑO DE LEONARDO	327
13.8 LEONARDO COMO DISEÑADOR ECOLÓGICO/NATURALISTA.	330
13.9 LA FACTIBILIDAD DE LOS DISEÑOS Y PROYECTO DE LEONARDO.....	331
13.10 LEONARDO COMO ESTUDIOSO VISIONARIO Y PRECURSOR	334
13.11 EPÍLOGO	337

REFERENCIAS	337
REFERENCIAS.....	341
ANEXOS.....	351
ANEXO I	
TABLA RESUMEN DE LOS CÓDICES Y MANUSCRITOS DE LEONARDO CON SU UBICACIÓN, CONTENIDO Y DATACIÓN APROXIMADA.....	352
ANEXO II	
TABLA RESUMEN DE LAS EDICIONES DEL CONGRESO INTERNACIONAL EN DIRECCIÓN E INGENIERÍA DE PROYECTOS EN LAS QUE SE HA PRESENTADO LOS CAPÍTULOS 2 A 12 DE LA PRESENTE TESIS DOCTORAL.....	359

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1a) Monumento a Leonardo en la Piazza della Scala de Milán (origen de la imagen: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2006_Milano_-_Da_Vinci_(2).jpg?uselang=es). b) Retrato de Leonardo realizado por su alumno Francesco Melzi (h.1493-h.1573) sobre 1517-1517; Royal Collection (RCIN 912726) Reino Unido (origen de la imagen: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Francesco_Melzi_-_Portrait_of_Leonardo.png?uselang=es)	26
Figura 1.2 a) Manuscrito F (1503-1507), de la Biblioteca del Instituto de Francia (Paris), con la demostración euclidiana del Teorema de Pitágoras (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonard_de_Vinci_-_D%C3%A9monstration_euclidienne_du_th%C3%A9or%C3%A8me_de_Pythagore.jpg). b) Contratapa del Códice de Madrid I, Biblioteca Nacional de España (http://leonardo.bne.es/index.html)	29
Figura 1.3 a) Máquina de subir agua de Il Taccola (h. 1433) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Taccola_Tartar_pump_1433.jpg?uselang=es) b) Máquinas de bombear agua de Leonardo en Códice Atlántico f. 1069r. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:000R-1069.jpg?uselang=es)	33
Figura 1.4 a) Bocetos de máquinas de elevar pesos C. Atlántico, f. 847r, (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R-847.jpg?uselang=es). b) Boceto del Andamio para el Modelo del Caballo Sforza C. Atlántico, f. 577v, (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000V-577.jpg)	36
Figura 1.5 a) Molino de cereales y herramientas para enganche y elevación de cargas C. Madrid I, f. 22r. b) Máquina de hilar con doble volante, C. Madrid. I, f. 68v. (http://leonardo.bne.es/index.html)	37
Figura 1.6 a) Mecanismos con engranajes helicoidales, Códice de Madrid I, f, 17v, Biblioteca Nacional de España, Madrid. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:M%C3%A9canisme_h%C3%A9licoïdal-L%C3%A9onard.jpg?uselang=es). b) Maqueta del ajuste por engranaje helicoidal con elevación de cargas (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_Engranaje_helicoidal.jpg?uselang=es)	40
Figura 1.7 Cojinetes de distintos tipos y transmisiones mediante ruedas, C. Madrid I, f. 101v, 102r, (Biblioteca Nacional de España. (http://leonardo.bne.es/index.html).	41

Figura 1.8 Proyecto de Mecanismos de relojería: Componentes sueltos y módulo del mecanismo, C. Madrid I, f. 13v y 14r. Biblioteca Nacional de España. (http://leonardo.bne.es/index.html).	42
Figura 1.9 Ganchos para bajar pesos, que se sueltan la carga al tocar el suelo, y cadenas de transmisión y rueda como mecanismo de elevar agua, C. Madrid I, f. 9v y 10r. Biblioteca Nacional de España. (http://leonardo.bne.es/index.html).	43
Figura 1.10 Máquina de pulir lentes, automatizada por una corriente de agua (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Macchina_per_la_lavorazione_degli_specchi_e_delle_lenti_di_Leonardo_da_Vinci_in_una_mostra_su_Leonardo_da_Vinci_al_Mulino_di_Mora_Bassa_-_Morabassa.jpg) (autor de la imagen: <i>Capricornis crispus</i>)	45
Figura 1.11 Dibujos de herramientas varias y Boceto de ventana palaciega C. At. f. 809r (origen de la imagen: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R-809.jpg?uselang=es).....	46
Figura 1.12 a) Bocetos de La Virgen, el Niño, Santa Ana y San Juan, British Museum, Londres (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_-_1875,0612.17,_Studies_for_the_Virgin_and_Child_with_St_Anne_and_the_infant_Baptist,_and_some_studies_of_machinery.jpg). b) Dibujos geométricos de Leonardo para “La Divina Proporción”, “el icosaedro truncado”(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_Ycokedron_Abscisus.jpg)	49
Figura 2.1 Proyecto del equipo buzo, C. Arundel, f. 24 v (h. 1502) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_arundel.jpg), b) Proyecto de automóvil, C. Atlántico, f. 812r (h. 1478) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_vinci,_Automobile.jpg?uselang=es).....	61
Figura 2.2 Maqueta del paracaídas de Leonardo (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_parachute_04659a.jpg) y boceto de paracaídas C. Atlántico f. 1058v (h. 1485) (https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=Category:Codex_Atlanticus_(codex-atlanticus.it)&fileuntil=000V-1082.jpg#/media/File:000V-1058.jpg).	62
Figura 2.3 a) Mapa de la Toscana y el valle de Chiana, RLW 12278, (h. 1502) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_vinci,_Map_of_Tuscany_and_the_Chiana_Valley.jpg?uselang=de), b) Proyecto de Ciudad nueva de Romorantin C. Arundel, f. 270v (1514-1518) (http://www.bl.uk/manuscripts/Viewer.aspx?ref=arundel_ms_263_f001r).	65
Figura 2.4 a) Compás de proporción de tornillo, C. Forster I, f. 4r. (h. 1485) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reduction_Compass_Leonardo.jpg?uselang=es), b) Proyecto de Ciudad Ideal, Man. B de Francia, f. 16 r (h. 1489) (file:///F:/ciudad%20ideal/Quartier%20M%C3%A9riadeck%20___%20Urbanisme%20sur%20dalle%20___%20Les%20origines.html), c) Estudio de Villa de	

Carlos d' Amboise, C. Vuelo Pájaros, f. 18v (h. 1506) (https://www.wdl.org/es/item/19477/view/1/1/).....	70
Figura 2.5 a) Boceto de máquina de asedio, C. Trivulziano, f. 14r (1478-1493) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:L19_-_Triv_2162_-_14r_detail.jpg?uselang=es), b) Plano de la ciudad amurallada de Imola RCW 12284 (h. 1502) (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/85/Leonardo_da_Vinci_-_Plan_of_Imola_-_Google_Art_Project.jpg).....	74
Figura 2.6 Armadura para la cabeza del Monumento Ecuestre Sforza, C. Madrid II, f. 157r (1491-1493), (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_-_Madrid_II_-_157r.jpg).....	75
Figura 3.1 a) Códice Forster III, Victoria & Albert Museum, Londres (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_vinci,_taccuino_forster_III,_1490_ca._01.JPG?uselang=es), b) 1ª edición impresa del Tratado de la Pintura (1651) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trattato_Della_Pittura_(88395).jpg?uselang=es), c) Ed. de 1913, de Vidas de los Artistas, de G. Vasari (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1913-Le_vite-degli_artisti-di-Giorgio-Vasari.jpg).....	86
Figura 3.2 a) Publicación "Leonardo da Vinci Científico" de Vincenzo Burzagli, 1910 (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leodav.jpg), b) Estudio sobre la visión de Leonardo (h. 1508), Manuscrito D, ff. 3v-4r, In. de Francia investigados por Ravaisson (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci,_Manuscript_D,_1508-09.jpg?uselang=es).....	90
Figura 3.3 a) Dibujos topológicos de Leonardo Cod. Atlántico f. 459r, 1478-1519 (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_%E2%80%93_Codex_Atlanticus_folio_459r.jpg), b) Museo Leonardiano de Vinci, sede del Museo Ideale (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vinci,_museo_leonardiano_(sede_dell%27ex-museo_ideale)_05..JPG).....	93
Figura 3.4 a) Manuscrito K, Inst. de Francia, ff. 14v-15r, con demostración teorema de Pitágoras (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonard_de_Vinci_-_D%C3%A9monstration_euclidienne_du_th%C3%A9or%C3%A8me_de_Pythagore.jpg?uselang=es), b) Prototipo de Tanque del Museo de Amboise (Diseño de Leonardo, British Museum, Pupham nº 1030, Londres) https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DaVinciTankAtAmboise.jpeg?uselang=es-formal).....	96
Figura 3.5 a) Castello Sforzesco de Milán, sede del "Ente Raccolta Vinciana" (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Frontal_del_castillo_de_sforzesco,_Mil%C3%A1n.JPG?uselang=es-formal), b) Prototipo de Carro automotor de Leonardo, (diseñado en Cod. Atlántico, f. 812 recto, Biblioteca Ambrosiana de Milán), del Museo Leonardiano de Vinci (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5c/Museo_leonardiano).....	

_di_vinci%2C_modello_di_carrello_automotore%2C_da_codice_atlantico.JPG).	100
Figura 3.6 Maqueta de Cabestrante (realizada por Argan Giovenale), para elevar cañones y columnas (según diseño de Leonardo) del Museo de la Ciencia y Tecnología de Milán (http://www.museoscienza.it/dipartimenti/catalogo_collezioni/scheda_oggetto.asp?idk_in=ST070-00061&arg=Modelli%20leonardeschi).	100
Figura 4.1 a) Puente ideado por Leonardo y construido en Noruega por Vebjorn August Sand (https://estructurando.net/revista-estructurando-no-4-ano-2015/ imagen de Sigurd Rage), b) Manuscrito L, f. 65v, del Instituto de París (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_Bridge.jpg).	106
Figura 4.2 Boceto de su “ciudad nueva” (Manuscrito B, f.16r de la Biblioteca del Instituto de Francia, París) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_-_19-553972.jpg).	109
Figura 4.3 a) y b) Códice Forster II, c.89v (http://www.museogalileo.it/), c) Códice de Madrid I, f 137r (http://leonardo.bne.es/index.html).	111
Figura 4.4 a) Códice Forster II, c.73r (http://www.museogalileo.it/), b) Códice Forster II, c.77v (http://www.museogalileo.it/), c) Manuscrito L, folio 28r de la Biblioteca del Instituto de Francia, París (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_-_19-549766.jpg).	112
Figura 4.5 a) Manuscrito B, folio 51v. del Instituto de Francia, París (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_-_19-554045.jpg?uselang=es), b) Códice Forster II, c. 45v (http://www.museogalileo.it/).....	113
Figura 4.6 Royal Collection, Windsor, f 19149 K/P 118va. Royal Collection, Windsor, f 1264412644r (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_-_RCIN_912644,_Recto_Studies_of_men_in_action.jpg).	114
Figura 4.7 a) Manuscrito H folios 43v-44r de la Biblioteca del Intituto de Francia, París (http://www.museogalileo.it/), b) Códice de Madrid I, folio 90 v, Biblioteca Nacional de España, Madrid (http://leonardo.bne.es/index.html).	115
Figura 4.8 a) Códice Atlántico f. 945r (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R-945.jpg), b) Códice Atlántico f. 30v (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000V-30.jpg), c) Maqueta del museo Nacional de Ciencia y Tecnología Leonardo Da Vinci, Florencia (www.museoscienza.org).	117
Figura 4.9 Plano de Pisa y el río Arno (Códice Madrid II, f 52v, 53 r). (http://leonardo.bne.es/index.html).	118
Figura 4.10 a) Códice Arundel folio 24v (British Museum, Londres). (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_arundel.jpg), b) y c)	

Maquetas pertenecientes al Museo Nacional de Ciencia y Tecnología Leonardo Da Vinci (Milán) (www.museosciencia.org)	120
Figura 4.11 a) Dispositivo mecánico (Códice Atlántico folio 1077v) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:000R-1077.jpg), b) Robot de Mario Taddei (Wikipedia), c) Robot de la Web del “Instituto e Museo di Storia della Scienza” de Florencia (http://www.museogalileo.it/)	122
Figura 5.1 a) Relación de libros propiedad de Leonardo que consta en su Códice de Madrid II. ff. 2v y 3r, de la Biblioteca Nacional de España, Madrid (origen de la imagen: Leonardo - Códices Madrid (bne.es)). b) Codex Forster III (h. 1490) Victoria and Albert Museum, Londres (origen de la imagen: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_vinci,_taccuino_forster_III,_1490_ca._02.JPG)	127
Figura 5.2 a) Ensayos hidráulicos, Códice de Madrid I, f. 115r, Biblioteca Nacional de España (Madrid) (Origen de la Imagen: Leonardo - Códices Madrid (bne.es)). b) Estudio del comportamiento de los pilares cargados, Manuscrito A de la Biblioteca del Instituto de Francia (París). (Origen de la Imagen: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_-_19-547363.jpg)	131
Figura 5.3 a) Diseño de Tambor militar automático, Códice Atlántico f. 837r, h. 1503 (Origen de la imagen: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%D0%92%D0%BE%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B1%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%B0%D0%BD.jpg? Brusela=es). b) Maqueta del tambor automático, exposición “Mulino di Mora Bassa” (Vigevano) (origen de la imagen: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tamburo_militare_di_Leonardo_da_Vinci_in_una_mostra_su_Leonardo_da_Vinci_al_Mulino_di_Mora_Bassa_-_Morabassa.jpg?uselang=es-formal)	134
Figura 5.4 a) La mona Lisa o Gioconda (de 1503 a 1506) Museo del Louvre, París. (origen de la imagen: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mona_Lisa,_by_Leonardo_da_Vinci,_from_C2RMF_retouched.jpg) b) Sistema hidráulico con válvulas de retención, Manuscrito E de la Biblioteca del Instituto de Francia (París) (origen de la imagen: File:Leonardo da Vinci - 19-547769.jpg - Wikimedia Commons)	136
Figura 5.5 a) El Hombre de Vitruvio o de las divinas proporciones, Galería de la Academia de Venecia, h. 1490 (origen de la imagen: File:Anatomia homem leonardo.jpg - Wikimedia Commons). b) Estudios Anatómicos: Cerebro humano, (1506-1508), Códice Windsor, Royal Library, Windsor (origen de la imagen: File:Leonardo Da Vinci's Brain Physiology.jpg - Wikimedia Commons)	138
Figura 5.6 a) La Virgen de la Rocas (1483), versión del Museo del Louvre, París. (origen de la imagen: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_-_Virgin_of_the_Rocks_(Louvre).jpg). b) Dispositivos de elevar agua C.	

Atlántico f. 6r, Biblioteca Ambrosiana de Milán (origen de la imagen: File:Codex Atlanticus - 000R-6.jpg - Wikimedia Commons).	141
Figura 6.1 Figura 1: a) Il Taccola, Manuscrito “De Machinis”, Bayerische Staatsbibliothek (Biblioteca Nacional de Baviera), b) Di Giorgio, Manuscrito “Opusculum de Architectura”, British Museum. (origen de las imágenes a y b Instituto y Museo de Historia de la Ciencia de Florencia o Museo Galileo, https://brunelleschi.imss.fi.it).	153
Figura 6.2 a) R. Valturio Tratado de “Re Militari” (Edición de 1472) Carro con guadañas (www.metmuseum.org , Museo Metropolitano de Arte de New York, www.metmuseum.org). ("https://play.google.com/books/reader?id=m3Q8AAAAcAAJ&hl=es&pg=GBS. PA231"), b) Paolo Santini, Carro incendiario “Manuscrito Latino” 7239 c. 19 r, Biblioteca Nacional de Paris. (Instituto y Museo de Historia de la Ciencia de Florencia o Museo Galileo https://brunelleschi.imss.fi.it).	154
Figura 6.3 a) Paolo Santini, Carro con guadañas, “Manuscrito Latino” 7239 c. 78 r, Biblioteca Nacional de Paris (Instituto y Museo de Historia de la Ciencia de Florencia o Museo Galileo https://brunelleschi.imss.fi.it), b) Leonardo, Carro con guadañas móviles. f. 15583 r (1485) Biblioteca de Real de Turín (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_vinci,_Assault_chari ot_with_scythes.jpg?uselang=es).	155
Figura 6.4 a) Maqueta del Carro de Guerra (Biblioteca Real de Turín) (http://www.macchinedileonardo.com/index0aec.html?le-macchine), b) Detalle del final del árbol de transmisión a las guadañas delanteras.	156
Figura 6.5 a) “Il Taccola”, Catapulta de (García, 2011), b) R. Valturio, Catapulta de Tratado “Re Militari” (Edición de 1472) (Museo Metropolitano de Arte de New York, www.metmuseum.org) (<a href="https://play.google.com/books/reader?id=m3Q8AAAAcAAJ&hl=es&pg=GBS.
PA276">https://play.google.com/books/reader?id=m3Q8AAAAcAAJ&hl=es&pg=GBS. PA276), c) Di Giorgio, Catapulta de “Opusculum de architectura” Ms 197.b.21 (British Museum, London) c. 37v (Instituto y Museo de Historia de la Ciencia de Florencia o Museo Galileo https://brunelleschi.imss.fi.it).	157
Figura 6.6 a) Leonardo: Proyecto de Catapulta f. 140 a r, del Códice Atlántico de la Biblioteca Ambrosiana de Milán (1485-90) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Da_Vinci_Catapult.jpg?uselang=e), b) Leonardo: Detalles de resortes y cabrestantes de sistemas para tensado de la catapulta f. 148a r del Códice Atlántico de la Biblioteca Ambrosiana de Milán (1485-90) (<a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R-
148.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R- 148.jpg).	159
Figura 6.7 a) y b) Leonardo, Proyectos de Catapultas de un solo brazo f. 148b r; y para flechas f. 181 r, del Códice Atlántico, Biblioteca Ambrosiana de Milán (1485-90) (<a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_Da_Vinci_Sling_Catapult
.PNG?uselang=es">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_Da_Vinci_Sling_Catapult .PNG?uselang=es).	160

Figura 6.8 a) Ingeniero sienés anónimo, Grúa siglos XV-XVI, b) Di Giorgio, Grúa, “Tratado Arquitectura y Maquinas 2ª versión”, Biblioteca Nacional Central de Florencia (Instituto y Museo de Historia de la Ciencia de Florencia o Museo Galileo https://brunelleschi.imss.fi.it).....	161
Figura 6.9 Bonaccorso Ghiberti, Grúa giratoria con contrapeso de Brunelleschi, Manuscrito “Zibaldone”, B.R. 228, c. 107v Biblioteca Nacional Central de Florencia (sobre 1500). (Instituto y Museo de Historia de la Ciencia de Florencia o Museo Galileo https://brunelleschi.imss.fi.it).	162
Figura 6.10 Leonardo, gran Grúa giratoria para excavar de canales, Códice Atlántico f. 4r, 1503 Biblioteca Ambrosiana Milán. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R-4.jpg?uselang=es-formal).....	163
Figura 6.11 a) y b) Detalles de la armadura de la cabeza para la fundición del caballo Sforza, f. 157r del C.M. II, y del soporte para levantar y bajar el molde del f. 155v del Códice Madrid II (Biblioteca Nacional de España) (http://leonardo.bne.es/index.html), c) Detalle para los hornos y cuerpo de la fundición, Manuscritos de la Royal Collection, de Windsor 12349r p112r (www.museoscienza.org).....	165
Figura 6.12 a) Detalle de f147r del Códice Madrid II (Biblioteca Nacional de España), b) Su traducción (http://leonardo.bne.es/index.html).....	166
Figura 6.13 a) Presupuesto del Mausoleo de Trivulzio f. 492r del Códice Atlántico (Biblioteca Ambrosiana de Milán). (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R-492.jpg?uselang=es-formal), b) Traducción del mismo (Richter, 1883). (https://warburg.sas.ac.uk/pdf/cnm22b2242052v1.pdf).....	167
Figura 7.1 Martinete actual de la marca Correggio RE (Italia) y su despiece en catálogo en forma de “explosor”, de manera similar a como Leonardo lo hizo hace más de 500 años. (https://rodalsa.net/wp-content/uploads/2020/03/martinetes.pdf).....	172
Figura 7.2 a) Máquina de movimiento alterno para elevación de pesos (Argano), Códice Atlántico folio 30v, (1478-1480) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000V-30.jpg), b) Maqueta del Museo de la Ciencia y la Tecnología de Milán (www.museoscienza.org).....	173
Figura 7.3 Detalle de la columna vertebral (1508-1509) RLW 19007v, K/P139v. Royal Library de Windsor. (https://brunelleschi.imss.fi.it/genscheda.asp?appl=LIR&xsl=paginamanoscritto&chiave=100945).	175
Figura 7.4 a) Estudio del desarrollo del tornillo, Códice Madrid I, f. 86v. (http://leonardo.bne.es/index.html), b) Estudio del alcance del agua a presión, Manuscrito C, c 7r, Instituto Francés de Paris (Francia), c) Diseño de Canal de irrigación de San Cristofano, Codex Atlántico f. 1097r Milán (1509). (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:000R-1097.jpg?uselang=es-formal).....	177

Figura 7.5 a) Detalle alcance del agua, Códice de Madrid I, f. 134v, Biblioteca Nacional de España (http://leonardo.bne.es/index.html), b) Detalle de un estudio mecánica del Codex Arundel f. 93 r (1504) British Library, Londres (https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Codex_Arundel_(c.1480-1518)_-_BL_Arundel_MS_263), c) Proporción geométrica de esfuerzo de bueyes tirando Codex Atlántico f. 561r (1487-1490) de la Biblioteca Ambrosiana de Milán (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R-561.jpg).	178
Figura 7.6 Mapa del Lago “Trasimeno” de 1600, Giovanni Antonio Magini (1555-1617). (Fuente Wikipedia).....	179
Figura 7.7 Carta RLW 12278, Royal Library, Windsor (Reino Unido). (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_vinci_Map_of_Tuscany_and_the_Chiana_Valley.jpg?uselang=de).	181
Figura 7.8 Detalle de la carta RLW 12682, Royal Library, Windsor (Reino Unido)(https://brunelleschi.imss.fi.it/itinerari/immagine/img34843.html). 182	
Figura 7.9 Plano de la ciudad de Imola (1502), Royal Library, RLW 12284, Windsor (Reino Unido). (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/85/Leonardo_da_Vinci_-_Plan_of_Imola_-_Google_Art_Project.jpg).	183
Figura 7.10 “La Anunciación”, Galería de los Uffizi, Florencia (Italia) https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Annunciation_(Leonardo)_cropped.jpg?uselang=es), y detalle de su fondo.	186
Figura 7.11 a) “La Virgen de las rocas”, Museo del Louvre, París. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_Da_Vinci_-_Vergine_delle_Rocce_(Louvre).jpg), b) Detalle del fondo del mismo cuadro, c) “La Gioconda”, Museo de Louvre, París (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mona_Lisa,_by_Leonardo_da_Vinci,_from_C2RMF_retouched.jpg).....	188
Figura 7.12 a) Estudios anatómicos de músculos, Royal Library de Windsor (Reino Unido) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_vinci_Figure_studies.jpg), b) Estudio de cabeza se apóstol para “La Ultima Cena” (1495) Royal Library (Windsor, GB) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Judaskopf_(da_Vinci).jpg), c) Neptuno con los caballos marinos (alrededor 1504), RLW 12570, Royal Library (Windsor, GB). (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_-_Neptune,_c.1504-5.jpg).....	190
Figura 7.13 a) “Martirio de San Sebastián”, alrededor de 1482, colección privada. (https://elpais.com/hemeroteca/2016-12-13/), b) Copia de “Leda”, del alumno de Leonardo, Francesco Melzi, 1515 Galería de los Uffizi, Florencia (Italia). (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leda_and_the_Swan_1508-	

1515.jpg), c) Estudio para “Leda arrodillada” 1503-1507. Chat-Worth Derbyshire (Reino Unido). (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Study_for_the_Kneeling_Leda.jpg)	191
Figura 7.14 a) y b) Estudio para caballos (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_vinci_Study_of_horses_for_the_Battle_of_Anghiari.jpg y https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_vinci_Rearing_horse.jpg), c) Hombre de Vitruvio (1490) Galería de la Academia de Venecia (Italia) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Da_Vinci_Vitruve_Luc_Viatour_(cropped).jpg).	192
Figura 7.15 a) Imagen con anamorfismo (deformada) que, si se mira desde más a la izquierda y pegado al papel, se verá que consiste en el rostro de un niño, b) Imagen no deformada (artículo del diseñador Jesús Montes Zurita https://ihistoriarte.com/2013/04/anamorfosis-la-deformacion-reversible/).	193
Figura 8.1 a) El “Hombre de Vitruvio” Galería de la Academia. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Da_Vinci_Vitruve_Luc_Viatour_(cropped).jpg), b) Manuscrito “K” f. 14v y 15r, del Inst. de Francia, París (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonard_de_Vinci_-_D%C3%A9monstration_euclidienne_du_th%C3%A9or%C3%A8me_de_Pythagore.jpg?uselang=es).	197
Figura 8.2 a) Estudio de instrumentos y compases. Códice Atlántico, folio 696r (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R-696.jpg?uselang=es-formal), b) Detalle de compás de apertura ajustable Manuscrito H de Paris, f. 108v (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_-_19-540164.jpg), c) Maqueta de un compás del Codex Atlanticus, Musée de l' Histoire du Fer de Jarville la Malgrange (Francia), fotografía de Caroline Léna Becker (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Compas_Léonard_de_Vinci.JPG).	199
Figura 8.3 a) Compás de proporción de tornillo, y detalle de su tuerca, Códice Forster Ms. I, c. 4r. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reduction_Compass_Leonardo.jpg), b) Detalle compás proporcional de varillas, Códice Atlántico f 1046r https://commons.wikimedia.org/wiki/File:000R-1046.jpg?uselang=es-formal , c) Compases de reducción, Códice Atlántico f 672r https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R-672.jpg?uselang=es-formal).	201
Figura 8.4 a) Elipsógrafo de Leonardo, con tres apoyos. b) Elipsógrafo de Benvenuto della Volpaia, (Florence, Istituto e Museo di Storia della Scienza.) (https://brunelleschi.imss.fi.it , Museo Galileo, Florencia).	202

Figura 8.5 a) Compás Parabólico. Códice Atlántico f. 1093r (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:000R-1093.jpg), b) Reconstrucción en latón del Instituto y Museo de Historia de la Ciencia de Florencia (https://brunelleschi.imss.fi.it , Museo Galileo, Florencia).....	203
Figura 8.6 Formas de la Epicicloide desde $K = 1$ a $K = 4$. (Fuente Wikipedia enciclopedia libre).....	204
Figura 8.7 a) Compás epicicloide Códice Arundel f. 160v. (http://www.bl.uk/manuscripts/Viewer.aspx?ref=arundel_ms_263_f001r), b) Reconstrucción en latón del Instituto y Museo de Historia de la Ciencia de Florencia (https://brunelleschi.imss.fi.it , Museo Galileo, Florencia).....	205
Figura 8.8 Prospectógrafo de vidrio de Albert Durer, 1525 (https://commons.wikimedia.org/wiki/Albrecht_D%C3%BCrer#/media/File:D%C3%BCrer_-_Zeichner_und_Akt.jpg).....	206
Figura 8.9 a) Códice Atlántico, f. 5r. ("https://brunelleschi.imss.fi.it/genscheda.asp?appl=LIR&xsl=paginamanoscritto&chiave=101361"chiave=101361), b) Detalle ampliado del prospectógrafo siendo usado por Leonardo. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codice_Atlantico_-_Perspectograph.jpg).....	207
Figura 8.10 Maqueta según dibujo de Leonardo, de Asociación cultural <i>Italian Art</i> (italian_art@yahoo.com.br) de Florencia.....	208
Figura 8.11 a) Maqueta del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Milán. (www.museoscienza.org), b) Odómetro actual, marca Kesom mod. RR3M, c) Códice Atlánticus, folio 1b r. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Odomètre-Léonard.jpg).....	211
Figura 8.12 a) Detalles de una lámina del Códice de Madrid con contador de balanceos. (http://leonardo.bne.es/index.html), b) Maqueta asimilable al Podómetro de Leonardo construida por el artesano italiano Giorgio Mascheroni para la exposición "L' Arttigiano di Leonardo" (http://artigianodileonardo.jimdo.com).....	212
Figura 8.13 Imágenes de cámaras oscuras transportables, conformadas por una habitación similar a las descritas por el sacerdote erudito y políglota Athanasius Kircher (1602-1680). (https://www.fotonostra.com/biografias/camaraoscura.htm).....	213
Figura 8.14 a) Proyector de luz Códice Atlántico f. 34 r-a (1480) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R-34.jpg), b) Maqueta del proyector realizada por el profesor italiano de enseñanzas técnicas Giralomo Covolan (http://www.macchinedileonardo.it).....	215
Figura 8.15 Detalle de similitud de la visión del ojo y la cámara oscura, Códice Atlántico (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Otto_Werner_%22Zur_physik...%22_illustrations_Wellcome_L0012044.jpg fotografia de Otto Werner).	215
Figura 8.16 Demostración del mecanismo del ojo por medio de un modelo de vidrio (Manuscrito D, f. 3v).	

- (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci,_Manuscript_D,_1508-09.jpg?uselang=es). 216
- Figura 9.1 a) Estudio de los movimientos de los huesos del brazo RL 19000 v; K/P 135 r (1508-1510) Royal Library, Windsor (Reino Unido).
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Studies_of_the_Arm_showing_the_Movements_made_by_the_Biceps.jpg), b) Huesos de la pierna es tres ángulos distintos y rodilla flexionada, Royal Library, Windsor RL 19008 r; K/P 140 r (1508-1510) (Reino Unido)
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonard_de_Vinci_-_Anatomie_des_os_de_la_jambe.jpg)..... 224
- Figura 9.2 a) Manuscrito H, f. 43v-44r del Instituto de Francia (París).
(<https://brunelleschi.imss.fi.it/genscheda.asp?appl=LIR&xsl=paginamanoscritto&chiave=100936>"chiave=100936), b) Códice de Madrid I, f. 90 v, de la Biblioteca Nacional de España (<http://leonardo.bne.es/index.html>). 226
- Figura 9.3 a) Estudio de mecanismos para ala mecánica para planeador, realizado entre 1505-1506. Códice Atlántico 934r
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R-934.jpg?uselang=es-formal 934r), b) Estudio de Ala móvil (1495), Códice Atlántico 844r (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R-844.jpg). 227
- Figura 9.4 a) Estudio de “Ala Batiente” movida por fuerza humana (1483-8), Manuscrito B, 88v del Instituto de Francia (París).
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_on_the_Flight_of_Birds.jpg)
b) Maqueta del ensayo de ala batiente del Museo de Ciencia y Tecnología de Milán (www.museoscienza.org/). 228
- Figura 9.5 a) Estudio de las maniobras de equilibrio de los pájaros. Códice del Vuelo folio 8r. Turín
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codice_Volo_08R_mod.jpg), b) y c) Estudios para la máquina voladora (1493-1495) Códice Atlántico folios 70b r y 846 v. Biblioteca Ambrosiana de Milán
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R-70.jpg, y https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_Design_for_a_Flying_Machine,_c._1505.jpg). 230
- Figura 9.6 a) Imagen del murciélago zorro en vuelo, b) Maqueta del Ornitóptero (www.portalplanetasedna.com.ar/davinci). 231
- Figura 9.7 a) Estudios sobre cometas dirigida desde tierra mediante cables. Manuscrito I de Madrid, f. 64 r. (<http://leonardo.bne.es/index.html>), b) Dibujo de su Cuaderno de Notas representando el descenso suave de la cometa (Richter, 2008)
"(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Спуск_на_землю_сухим_листочком.jpg)"Спуск_на_землю_сухим_листочком.jpg)..... 232
- Figura 9.8 a) Maqueta del Robot “Caballero Mecánico” del museo de Historia de la Ciencia de Florencia (www.imss.fi.it), b) Maqueta del robot de “León

Mecánico” realizado para el Museo “Leonardo3” de Milán (www.leonardo3.net).....	234
Figura 9.9 a) Guante aleta para el agua nadar en el agua, Manuscrito B, folio 81 v. Instituto de Francia (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_-_19-554103.jpg), b) Patas palmeadas de un pato doméstico, c) Aletas de buzo(www.aqua-zone.com).....	235
Figura 9.10. Estudio de las igualdades de las áreas de los cortes seccionales en el ramaje de un árbol. Manuscrito M f 78v del Instituto de Francia (París) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paris_Manuscript_M_Fol_78v.jpg).	236
Figura 9.11 Estudio de flujos de agua (turbulencias), RL 12579r (1510-1513) y RL 12660r. (1509-1511) de la Royal Library, Windsor (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_vinci,_Study_of_water. jpg, y https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_vinci,_Studies_of_wa ter.jpg).....	238
Figura 9.12 a) Detalle de mirada y cabello de Ginevra Benci (1474-76) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_-_Ginevra_de%27_Benci_-_Google_Art_Project.jpg), b) Cabeza de Cristo con espinas. Academia de Venecia (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vinci,_Leonardo_Da_-_Christ_Figure_-_c._1490_-_1495.jpg).....	239
Figura 9.13 Estudio de Diluvio, (1513-1518) RL1 2380 Royal Library, Windsor, (Reino Unido) y Estudio de tormenta, remolinos y aguacero, (1508-1511) RL 12337r Royal Library, Windsor, (Reino Unido) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_vinci,_Natural_disas ter.jpg y https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wizja_potopu.jpg).....	241
Figura 9.14 Decoración de Leonardo de la Sala delle Asse, del castillo Sforcesco de Milán (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_Sala_delle_Asse_detail.j pg).....	242
Figura 10.1 a) Cabeza de gato. The Royal Collection, Windsor, b) Frutas y verduras coloreadas (1487-89) Manuscrito B, f 2r Instituto de Francia (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_vinci,_Fruit_vegeta bles_and_other_studies.jpg), c) Diseño para grabado de su “Academia Leonardi Vinci” (h. 1500), Biblioteca Ambrosiana de Milán (95096B) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo-da-vinci-early-16th-cent- bodleian-library.jpg?uselang=es-formal).....	251
Figura 10.2 Estudios urbanísticos y de canalizaciones. Manuscrito B, f. 36r y 37v, Instituto de Francia, París (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_-_19-554013.jpg), b) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_-_19-	

- 554015.jpg), c)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_-_19-554016.jpg). 253
- Figura 10.3 a) Original escalera de dos entradas para bloques de viviendas. Manuscrito B f. 66v. Instituto Nacional de Francia, París
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_-_19-554079.jpg), b) Maqueta de la Ciudad ideal del Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia "Leonardo da Vinci", Milán
<http://www.museoscienza.org/english/visiting/leonardo-parade/>)..... 255
- Figura 10.4 a) Plano esquemático de los accesos a Milán C. Atlántico f. 199v
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_Milano04.jpg), b) Nuevo Sector de construcción tipo. Códice Atlántico f. 184v, Biblioteca Ambrosiana de Milán. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000V-184.jpg?uselang=es). 257
- Figura 10.5 a) Boceto Planta del Palacio Real de Romorantin, (h. 1517). Cod. Atlántico f. 209r (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R-209.jpg), b) Boceto Alzado del Palacio Real de Romorantin, RCIN f. 912292v, Windsor Collection
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_-_RCIN_912292,_Verso_A_design_for_a_palace_c.1517-18.jpg?uselang=es), c) Ciudad nueva geométrica con edificios de planta central (h. 1517). Cod. Arundel f. 270v (1514-1518)
http://www.bl.uk/manuscripts/Viewer.aspx?ref=arundel_ms_263_f001r). 259
- Figura 10.6 a) Bomba hidráulica para una fuente, Códice Atlántico f. 1099r, Biblioteca Ambrosiana de Milán, (<https://www.codex-atlanticus.it/>), b) Boceto de Leonardo del primer contador hidráulico para la máquina de Rucellai, (1510) Cod. Atlántico f. 229r Biblioteca Ambrosiana de Milán.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R-229.jpg?uselang=es), c) Dibujo posterior de Benvenuto Lorenzo della Golpaia, Códice Marciano 5363, f. 7v, Biblioteca Marciana de Venecia. 261
- Figura 10.7 Techo y paredes de la Sala Delle Asse del Castillo Sforzesco de Milán(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_vinci,_Intrecci_vegetali_con_frutti_e_monocromi_di_radici_e_rocche,_sala_delle_asse,_1498,_03.JPG?uselang=es y https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo,_decorazione_della_sala_delle_asse_nel_castello_sforzesco_01.jpg?uselang=e). 262
- Figura 10.8 La Virgen de las rocas (1483-1486, Museo del Louvre, París) y detalle del fondo del cuadro, donde la Naturaleza sustituye a otros motivos religiosos clásicos ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_Da_Vinci_-_Vergine_delle_Rocce_\(Louvre\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_Da_Vinci_-_Vergine_delle_Rocce_(Louvre).jpg)). 263
- Figura 11.1 a) Estudio para el dispositivo de un elevador manual (1495-97), Códice I de Madrid, f. 9r.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ascenceur_à_manivelle-

- Léonard.jpg), b) Maqueta actual del ascensor de manivela de Leonardo, de la exposición “Leonardo da Vinci el Inventor” en el Palacio de Congresos de Salamanca en 2011, c) Elevador actual de la empresa de maquinaria industrial ALBA de Sondika (Vizcaya)
<https://www.alba.es/productos/elevacion/andamios-colgantes/manuales/p/andamio-manual/>)..... 270
- Figura 11.2 a) Códice Atlántico, f 785, Biblioteca Ambrosiana de Milán. (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sonnette-Léonard.jpg>), b) Maqueta de máquina para pilotes de Leonardo, del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Milán (Imagen de la Web de ese Museo www.museoscienza.org), c) Máquina actual de pilotaje, en una obra de un puente..... 272
- Figura 11.3 a) Detalle del Códice Atlántico, f. 0998 r, Biblioteca Ambrosiana de Milán. (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cric-Léonard.jpg>), b) y c) Gatos manuales de cremallera, modelos ZWW de tornillo sin fin, y HB-W de la compañía Columbus McKinnon Ibérica de Sevilla (www.cmiberica.com/productos/elevacion/gatos-de-cremallera-y-husillo).273
- Figura 11.4 a) Detalle del Códice Atlántico f. 0138r de la Biblioteca Ambrosiana de Milán (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R-138.jpg), b) Gato regulable con trípode de la empresa Chuzhou Jincheng Metalwork Co., Ltd. (www.jincheng-scaffold.com)..... 274
- Figura 11.5 a) Detalle del Códice de Madrid I, f. 0026 r, Biblioteca Nacional de España (Madrid) (<http://leonardo.bne.es/index.html>) b) y c) Gato mecánico actual con rodamiento de bolas, SG12 serie MA, fabricado por la empresa COTRANSA y sección del mismo con vista de los rodamientos de bolas de apoyo (nº4) (www.cotransa.net). 276
- Figura 11.6 a) Detalle de torno de giro por “pedal y doble pértiga, Códice Atlántico (1480) f. 47r, (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R-47.jpg?uselang=es), b) Detalle del Códice Atlántico, torno de giro continuo por “volante de inercia”, Códice Atlántico f.1059r. (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:000R-1059.jpg>), c) Prototipo del torno de Leonardo realizado por Stuart King en la Exposición “Wizadry in Word” en el Pewterers’ Hall, London (Reino Unido) (Imagen del Blog de Stuart King www.stuartking.co.uk/index.php/how-i-built-leonardo-da-vincis-lathe/). 278
- Figura 11.7 a) y b) Detalles del anemómetro y anemoscopio del Códice Atlántico f. 675 de la Biblioteca Ambrosiana de Milán (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R-675.jpg), c) Anemómetro actual, d) Maqueta del anemómetro y anemoscopio de Leonardo, del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Milán (<http://www.museoscienza.org>)..... 280
- Figura 11.8 a) Manuscrito del vehículo autopropulsado, Códice Atlántico, folio 812 r (1478-80), Biblioteca Ambrosiana de Milán. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_vinci,_Automobile.jp

g?uselang=es), b) Maqueta del Museo Nacional de la Ciencia y la Tecnología de Milán de 1953, basada en el Modelo de Canestrini. (Imagen de la Web del Museo de Historia de la Ciencia de Florencia https://brunelleschi.imss.fi.it).	282
.....	
Figura 11.9 a) detalle del Manuscrito B del Instituto de Francia f. 47 r, (1487) con escalera de cuatro entradas para la Ciudad Ideal. (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_-_19-554036.jpg?uselang=es), b) Detalle del Manuscrito M de Francia f. 69 r, (1490) con escalera de doble hélice, c) Escalera de doble hélice del Castillo de Chambord (www.rinconesconcantofrancia.blogspot.com.es).....	285
Figura 11.10 a) Detalle del Códice Atlántico f. 1058, Biblioteca Ambrosiana de Milán (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_parachute_04659a.jpg), b) Maqueta del paracaídas de Leonardo, del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Milán (Imagen de la Web del Museo: www.museoscienza.org), c) Salto de Adrián Nicholas el 20/07/2000 en República Sudafricana (Fotografía de ANSA para el Daily Telegraph londinense) www.dailymail.co.uk).....	288
Figura 12.1 Área de conocimiento de “Proyectos de Ingeniería”	291
Figura 12.2 Resumen cronológico.....	295
Figura 12.3 a) Adoración de los Reyes Magos (fuente Wikipedia) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_-_Adorazione_dei_Magi_-_Google_Art_Project.jpg), b) Folio de la Royal Library, Windsor Castle, sobre el estudio inicial del Caballo Sforza (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_vinci,_Study_for_the_Sforza_monument_01.jpg).....	297
Figura 12.4 Detalle de f149r y traducción (http://leonardo.bne.es/index.html)..	300
Figura 12.5 Detalle de f151v y traducción (http://leonardo.bne.es/index.html)..	301
Figura 12.6 Detalle de f155v y traducción (http://leonardo.bne.es/index.html)..	301
Figura 12.7 Detalle de f157r y traducción (http://leonardo.bne.es/index.html)..	302
Figura 12.8 Detalle de f157v y traducción (http://leonardo.bne.es/index.html)..	303
Figura 12.9 Croquis para el transporte del modelo de arcilla (Códice Atlántico Folio 577v) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000V-577.jpg).	305
Figura 12.10 Presupuesto de ejecución del Mausoleo de Trivulzio folio 492r del Códice Atlántico (Biblioteca Ambrosiana de Milán). (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Atlanticus_-_000R-492.jpg?uselang=es-formal) y Boceto del monumento (Folio 12355 de de la Royal Collection Trust, Windsor) (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_vinci,_Study_for_the_trivulzio_monument_02.jpg).....	306
Figura 12.11 “Il Cavallo” de Milán y el “American Horse” de Grand Rapids (Michigan) (http://www.studioequus.com/24grandrm.html).	308

Figura 13.1 a) Ensayos hidráulicos del Códice de Madrid I, f. 150v y 151r (origen de la imagen: http://leonardo.bne.es/index.html). b) Diseño de compas y de construcción de una elipse Cod. Atlántico f. 1032r (origen de la imagen: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:000R-1032.jpg).....	320
Figura 13.2 a) Proyecto de máquina textil: “tundidora mecánica” (h. 1495), Cod. Atlántico f. 1105r (origen de la imagen: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:000R-1105.jpg?uselang=es). b) Máquinas varias Cod. Madrid I, f. 104r (origen de la imagen: http://leonardo.bne.es/index.html).	324
Figura 13.3 a) Boceto de máquina de volar, Códice Atlántico f. 860r (origen de la imagen: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci_-_Ambrosiana-Codice-Atlantico-Codex-Atlanticus-f-860-recto.jpg). b) Exclusas con compuerta tipo mitra, con inclinación, para elevación de niveles de agua en los canales, C. Atlántico 656r (h. 1497) (origen de la imagen: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%C3%89cluse-L%C3%A9onard-de-Vinci.jpg?uselang=es).	328
Figura 13.4 a) Detalle de folio con Notas Cartográficas, con boceto de partición de media esfera en octante, C. Atlántico f. 521r (h. 1508). (Origen de la imagen: https://es.wikipedia.org/wiki/Mapamundi_de_Leonardo) b) Proyecto de Mapamundi de Leonardo mediante octantes, Colección de la Windsor Library, RLW f. 01393 (h. 1514). (Origen de la imagen: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leonardo_da_Vinci's_Mappamundi.jpg?uselang=es).....	335