

Proyecto Fin de Grado Ingeniería Aeroespacial

Modelado con CATIA V5 del Molino de Inca para la
conservación del patrimonio industrial de
Torremolinos.

Autor: Estela Guerrero García

Tutor: María Gloria del Río

Dpto. Ingeniería Gráfica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2016



Trabajo Fin de Grado
Ingeniería Aeroespacial

**Modelado mediante CATIA V5 del molino de
Inca para la conservación del patrimonio
industrial de Torremolinos.**

Autor:

Estela Guerrero García

Tutor:

María Gloria del Río Cidoncha

Profesor titular

Depto. de Ingeniería gráfica

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2016

Proyecto Fin de Grado: Modelado mediante CATIA V5 del molino de Inca para la conservación del patrimonio industrial de Torremolinos.

Autor: Estela Guerrero García
Tutor: María Gloria del Río Cidoncha

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2016

El Secretario del Tribunal

*You can't put a
limit on anything.
The more you
dream, the farther
you get.*

Michael Phelps

AGRADECIMIENTOS

Resultaría poco acertado mencionar únicamente a las personas que han colaborado en este trabajo, cuando los primeros pasos que me hicieron llegar hasta aquí se dieron mucho antes. Concretamente cinco años atrás, con mi llegada a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla.

Por suerte existe un grupo de personas como factor común, me refiero a mi familia, que me ha acompañado durante todo el proceso y ha colaborado de forma definitiva en la elaboración de este trabajo, cargado a partes iguales de esfuerzo e ilusión. Tengo un padre que no es ingeniero ni molinero, pero que me ha ayudado como si lo fuera. También una hermana que no me ha permitido escabullirme del camino correcto, y una madre maravillosa que ha conseguido llenar de alegría cada uno de mis días.

Al no ser autóctona de Sevilla todos mis compañeros de carrera han jugado un papel fundamental en estos últimos años. Les quiero dar las gracias por haberlo compartido conmigo todo, todo y todo.

Quiero agradecer a los trabajadores del molino de Inca, su inestimable colaboración desde el primer día que me presenté allí y les hablé de mis planes. Especialmente a Javi, por engancharme al mundillo de la molinería y preocuparse porque no volviera nunca con dudas a Sevilla.

Por último nombrar a mi tutora Gloria, porque sin su consentimiento y colaboración este trabajo nunca habría tomado forma.

Estela Guerrero García

Sevilla, 2016.

RESUMEN

Los molinos hidráulicos forman parte de la tradición industrial de España y, sobre todo, son un claro ejemplo de cómo el ser humano siempre ha perseguido aprovechar su medio para garantizar su supervivencia. La aparición de los molinos harineros se enmarca en un contexto en que se necesita una mayor cantidad de alimento así como una mejora en su calidad. Es aquí donde entra en juego el municipio de Torremolinos, agraciado con unos caudalosos manantiales, resultado de la constitución calcárea de sus macizos. Durante gran parte del siglo XIX se erguió como una de las industrias molineras más importantes de la península ibérica. Con la *traída de las aguas a Málaga* en el año 1923 y la llegada de las grandes construcciones que harían de Torremolinos una de las grandes cunas del turismo, estos inventos fueron desapareciendo hasta su completa extinción. Tras inaugurar en el año 2006 la importante obra de rehabilitación del molino de Inca, uno de los más célebres del municipio, Torremolinos parece dar un paso adelante en lo que a la conservación de su patrimonio industrial se refiere. En este trabajo se pretende seguir la tendencia positiva y aportar valor a esta gran obra de la ingeniería más tradicional mediante el modelado en 3D del molino de Inca. Esta tarea se ha llevado a cabo con la herramienta CATIA V5, una de los programas más punteros hoy día en lo que a diseño gráfico se refiere. Así mismo, se ha elaborado una rica introducción en la materia de la molinería, haciendo un recorrido histórico y centrándose en describir lo que fuera la industria torremolinense.

ABSTRACT

Water mills are part of the Spanish industrial tradition and specially, a great example of how humanity has always tried to take advantage of the resources to guarantee their survival. The appearance of the corn mills arises in a situation in which a greater and better amount of food is needed. At this point, the town of Torremolinos gains importance, favored by its wide springs, resulting from its calcareous massifs. During the XIX century, this town became one of the most important milling industries of the Iberian Peninsula. With the *traída de aguas a Málaga* in 1923 and the peak of major construction, which made Torremolinos one of the cradles of tourism, these inventions started disappearing to their extinction. After the opening of the one of the most famous mills restoration, the Molino de Inca, Torremolinos takes a step forwards on the preservation of its industrial heritage. In this project, a positive tendency is followed. Moreover, to add value to this great traditional work of engineering through the 3D modeling of the Molino de Inca. This task has been made with CATIA V5, one of the most leading graphic designing programmes. Likewise, a rich introduction in the subject of the milling industry has been elaborated going down to memory lane and focusing on describing the Torremolinos industry.

ÍNDICE

Agradecimientos.....	viii
Resumen.....	x
Abstract.....	xii
Índice.....	xiii
Índice de tablas.....	xviii
Índice de figuras.....	xix

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción de la temática analizada en el proyecto.....	25
1.2 Objetivos.....	26
1.3 Resumen del contenido del proyecto.....	26
1.4 Estructura de la investigación.....	27

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Introducción.....	31
2.2 Los molinos, la gran máquina del ayer.....	32
2.2.1 Los molinos más primitivos.....	32
2.2.1.1 Metate americano.....	32
2.2.1.2 Molinos de mano.....	33
2.2.1.3 Molino pompeyano.....	34
2.2.1.4 Molino vitrubiano.....	34
2.2.1.5 Almazara.....	35
2.2.2 Clasificación de molinos según su fuente de energía.....	36
2.2.2.1 Molinos de sangre.....	36
2.2.2.2 Molinos de agua.....	38
2.2.2.3 Molinos de viento.....	40
2.2.2.4 Otros molinos.....	42
2.2.3 Los molinos hidráulicos de rodezno.....	43
2.3 Los molinos hidráulicos en España.....	52
2.4 Los molinos hidráulicos en Andalucía.....	56

2.5	Torremolinos y su industria molendera	60
2.5.1	Primeras referencias de la población	60
2.5.2	Los años dorados de la industria	61
2.5.3	Traída de las aguas a Málaga.....	62
2.5.4	Evolución del municipio	64
2.6	Los molinos de torremolinos.....	66
2.6.1	Introducción	66
2.6.2	Manantiales.....	68
2.6.3	Localización y descripción de los molinos	69
2.6.3.1	Molino de Inca.....	72
2.6.3.2	Molino de La Molina.....	74
2.6.3.3	Molino del Batán	74
2.6.3.4	Molino de Cea.....	76
2.6.3.5	Molino del Moro.....	77
2.6.3.6	Molino del Molinillo.....	78
2.6.3.7	Molino de Manojas.....	79
2.6.3.8	Molino del Castillo.....	80
2.6.3.9	Molino del Malleo	81
2.6.3.10	Molino del Rosario	81
2.6.3.11	Molino de La Torre.....	82
2.6.3.12	Molino de La Bóveda	83
2.6.3.13	Molino de La Glorieta	84
2.6.3.14	Molino EL Nuevo.....	85
2.6.3.15	Molino de La Esperanza.....	86
2.6.3.16	Molino del Pato	87
2.6.3.17	Molino del Caracol.....	88
2.6.3.18	Molino de la Cruz.....	89
2.6.3.19	Molino del Peligro.....	90
2.6.3.20	Molino del Pantriste.....	90
2.6.3.21	Tabla comparativa-resumen de los molinos.....	92
2.7	El molino de Inca hoy	94

2.7.1	Proyecto de rehabilitación del molino de Inca.....	94
2.7.2	El caserío del molino de Inca.....	98
2.7.3	Jardín botánico Molino de Inca.....	99
3. HERRAMIENTAS DE REPRESENTACIÓN GRÁFICA		
3.1	Introducción.....	101
3.2	Siemens NX.....	101
3.3	AUTOCAD.....	102
3.4	Autodesk Inventor.....	103
3.5	SolidWorks.....	104
3.6	SolidEdge.....	105
3.7	CATIA V5.....	106
3.8	¿Por qué CATIA V5?.....	107
4. MODELADO EN CATIA V5		
4.1	Introducción.....	109
4.2	Elementos modelados.....	110
4.2.1	Montaje del cárcavo.....	111
4.2.2	Conjunto saetillo, paraera y llave de la espada.....	112
4.2.3	Conjunto puente y llave de alivio.....	117
4.2.4	Conjunto rodezno, árbol, palahierro y volandera.....	120
4.2.5	Montaje sala de molienda.....	124
4.2.6	Alfanje.....	125
4.2.7	Conjunto solera, guardapolvo y harnero.....	127
4.2.8	Conjunto tolva, bandeja y burro.....	130
4.2.9	Conjunto cabria.....	135
4.2.10	Montaje final.....	140
4.3	Análisis de interferencias (clash).....	142
5. REALIDAD AUMENTADA		
5.1	Definición del concepto de <i>realidad aumentada</i>	143
5.1	Código QR.....	144
6. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS		
6.1	Introducción.....	147

6.2	Conclusiones	147
6.3	Desarrollos futuros.....	149
	Bibliografía.....	152
7.	BIBLIOGRAFÍA	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de las zonas con las industrias molineras más importantes de la comunidad de Castilla León.....	54
Tabla 2 Tarifas de arrendamiento de las aguas procedentes de los manantiales torremolinenses	63
Tabla 3 Resumen de las maquilas que se pagaban en distintas poblaciones de España.....	68
Tabla 4 Ficha técnica del molino de Inca según el expediente de 1923.....	72
Tabla 5 Ficha técnica del molino del Batán según el expediente de 1923.....	74
Tabla 6 Resumen de los dueños de los tres molinos situados en la zona de los manantiales desde 1883 a 1924.....	76
Tabla 7 Ficha técnica del Molino de Cea según el expediente de 1923.....	77
Tabla 8 Ficha técnica del molino del Moro según el expediente de 1923.....	77
Tabla 9 Ficha técnica del molino del Molinillo según el expediente de 1923..	79
Tabla 10 Ficha técnica del molino del Castillo según el expediente de 1923..	81
Tabla 11 Ficha técnica del molino del Malleo según el expediente de 1923....	81
Tabla 12 Ficha técnica del molino del Rosario según el expediente de 1923.	81
Tabla 13 Ficha técnica del molino de La Torre según el expediente de 1923.	82
Tabla 14 Ficha técnica del molino de La Bóveda según el expediente de 1923.	83
Tabla 15 Ficha técnica del molino de La Glorieta según el expediente de 1923.	84
Tabla 16 Cuadro comparativo de la información encontrada sobre el molino El Nuevo.....	85
Tabla 17 Ficha técnica del Molino de La Esperanza según el expediente de 1923.....	87
Tabla 18 Ficha técnica del Molino del Pato según el expediente de 1923.....	87
Tabla 19 Ficha técnica del Molino del Caracol según el expediente de 1923.	88
Tabla 20 Ficha técnica del Molino de La Cruz según el expediente de 1923..	89
Tabla 21 Ficha técnica del Molino del Peligro según el expediente de 1923..	90
Tabla 22 Resumen de algunas características de los molinos torremolinenses.	92
Tabla 23 Tipo de molienda de los molinos que siguieron activos hasta 1923.	93
Tabla 24 resumen de los materiales del conjunto rodezno, árbol, palahierro y volandera.....	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Comparativa del molino real y el modelado.....	25
Figura 2 Metate americano.....	33
Figura 3 Molino de mano o molineta.....	34
Figura 4 Ilustración de unos esclavos moviendo un molino pompeyano.....	34
Figura 5 Modelo virtual del molino de Vitrubio. Imagen obtenida en (3).....	35
Figura 6 Almazara con una única piedra volandera.....	36
Figura 7 Clasificación de los molinos de sangre.....	36
Figura 8 Molino de vaivén.....	37
Figura 9 Molino de sangre por accionamiento animal con un complejo sistema de engranajes y linternas. Imagen tomada de (5).....	38
Figura 10 Clasificación de los molinos hidráulicos.....	38
Figura 11 Molinos hidráulicos de río con rueda vertical. Imágenes tomadas de (4).....	39
Figura 12 Molino de dos barcas con una rueda vertical. Foto tomada de (5).39	
Figura 13 Clasificación de los molinos eólicos.....	40
Figura 14 Panémona chica. Imagen tomada de (4).....	41
Figura 15 Molino de viento de pivote. Imagen tomada de (6).....	42
Figura 16 Molino de cola. Imagen tomada de (7).....	42
Figura 17 Dibujo de lo que sería un molino con rodezno común, indicando sus partes más importantes. Imagen tomada de (7).....	44
Figura 18 Imagen de dos cárcavos con una distribución muy dispar.....	45
Figura 19 Puente del molino de Inca.....	46
Figura 20 Lavijas de distintas geometrías.....	47
Figura 21 Dibujo de un molino de rodezno con transmisión mediante engranajes. Foto tomada de (9).....	48
Figura 22 Trabajadores ocupados en el acondicionamiento del alfanje. Foto tomada de (8).....	49
Figura 23 Ejemplos de distintos tipos de picado.....	50
Figura 24 Guardapolvo de una de las paradas del molino de Inca.....	50
Figura 25 Guardapolvo de la segunda para del molino de Inca.....	50
Figura 26 Guardapolvo de un molino situado en la localidad de Zahara de la Sierra, Cádiz. Imagen tomada de (10).....	50
Figura 27 Sección del Molino de Les Canals. Imagen tomada de (11).....	55
Figura 28 Fachada principal del molino más enigmático de la cuenca del río Real, Marbella.....	59
Figura 29 Mapa diseñado por Francisco Llobet en el año 1784. Imagen obtenida de (12).....	61

Figura 30 La Tajea: obras realizadas para la conducción de las aguas de los manantiales torremolinenses hasta Málaga.....	63
Figura 31 El Castillo del Inglés, Torremolinos en los años 50. Imagen tomada de (15).....	65
Figura 32 Vista aérea de La Playa de La Carihuela, Torremolinos. Foto tomada de (15).....	66
Figura 33 Mapa de la distribución de los molinos de Torremolinos por el municipio.....	70
Figura 34 Localización de los molinos situados en la zona del Bajondillo de Torremolinos.....	71
Figura 35 El molino de Inca en sus años de actividad.....	73
Figura 36 El molino de Inca hoy, foto del año 2016.....	74
Figura 37 El molino del Batán en sus años de actividad.....	75
Figura 38 El molino de Batán, año 2008. Fotografía tomada de (16).....	75
Figura 39 Maqueta de un antiguo molino de batanes, imagen tomada del museo del Jardín botánico molino de Inca.....	76
Figura 40 El molino de Cea tras el cese de su actividad, en estado de abandono.....	77
Figura 41 El molino del Moro en sus últimos años cuando ya se dedicaba a la molienda de mineral.....	78
Figura 42 El molino del Molinillo en sus últimos años.....	79
Figura 43 Molino de Manojas en el siglo XIX.....	80
Figura 44 Fachada del antiquísimo molino de Manojas. Foto del año 2016.....	80
Figura 45 Fachada del molino del Rosario en el año 1970. Imagen tomada de (12).....	82
Figura 46 Bodega el Marqués, emplazada en el viejo molino de La Torre. Foto del año 2016.....	83
Figura 47 Molino de la Bóveda en 1970. Imagen tomada de (12).....	84
Figura 48 Molino de la bóveda en la actualidad, año 2016.....	84
Figura 49 Puerta de entrada al molino de La Glorieta, foto de 1970 tomada de (12).....	85
Figura 50 Molino El Nuevo en los últimos años en los que se mantuvo activo.	86
Figura 51 Pensión Micaela en la actualidad, año 2016.....	86
Figura 52 Fachada exterior del Molino de la Esperanza, imagen tomada de (12).....	87
Figura 53 Molino del pato. Imagen tomada de (12).....	88
Figura 54 El molino del Caracol a principios del siglo XIX.....	89
Figura 55 Molino de la Cruz. Imagen tomada de (12).....	90
Figura 56 Molino de Inca felizmente restaurado, foto de 2016.....	95

Figura 57 Recogida de la madera verde para la fabricación del rodezno. Foto tomada de (8).....	95
Figura 58 Acoplamiento de las cucharas del rodezno. Foto tomada de (8).....	96
Figura 59 Rodezno ya terminado listo para su colocación. Foto tomada de (8).	96
Figura 60 Colocación de la solera. Foto tomada de (8).....	97
Figura 61 Fotografía de las dos paradas en que se divide el cauce principal que llega al molino de Inca, situados en la planta alta del caserío.....	97
Figura 62 Sala primera de la planta baja del caserío del molino de Inca. Imagen tomada de (18).....	98
Figura 63 Fotografías tomadas del Jardín botánico Molino de Inca, año 2016.	99
Figura 64 Motor diseñado mediante Siemens NX. Imagen tomada de (21).....	102
Figura 65 MOdelado en 2D mediante AUTOCAD.....	103
Figura 66 Resultado de un modelado en 2D y en 3D (23) en AutoCAD.....	103
Figura 67 Vista final de un motor diseñado en Autodesk Inventor. Imagen tomada de (25).....	104
Figura 68 Resultado del diseño de un F-16 mediante el software SolidWorks. Imagen tomada de (27).....	105
Figura 69 Diseño de una motocicleta con SolidEdge. Imagen tomada de (28).	106
Figura 70 Turbofán de una aeronave diseñado mediante CATIA. Imagen tomada de (30).....	107
Figura 71 Sección en planta del molino de Inca.....	110
Figura 72 Montaje del cárcavo.....	111
Figura 73 Cavidad del cárcavo.....	111
Figura 74 Conjunto saetillo, paraera y llave de la espada.....	112
Figura 75 Saetillo.....	112
Figura 76 Sujeción de la bandeja de la paraera al saetillo.....	113
Figura 77 De izquierda a derecha: paraera abierta y paraera cerrada.....	114
Figura 78 Guillotina de la llave de la espada acoplada a la salida del saetillo.	115
Figura 79 Diferentes vistas de la guillotina de la paraera.....	115
Figura 80 Cadena de la paraera y volante de la llave de la espada.....	116
Figura 81 Vista general del conjunto puente y llave de alivio.....	117
Figura 82 Descanso del árbol.....	118
Figura 83 Elemento de unión entre el puente y la llave de alivio.....	118
Figura 84 Volante de la llave de alivio y eje con roscado visible.....	119
Figura 85 Vista general del conjunto rodezno, árbol, palahierro y volandera.....	120
Figura 86 Árbol de una de las paradas del molino de Inca en mal estado....	120

Figura 87 Rodezno.....	121
Figura 88 Árbol.....	122
Figura 89 Palahierro.....	122
Figura 90 Picado de las piedras molenderas.....	123
Figura 91 Lavija colocada en la volandera.....	123
Figura 92 Vista general de la sala de molienda.....	124
Figura 93 Alfanje.....	125
Figura 94 Reforzamiento del alfanje.....	126
Figura 95 Vista general del conjunto solera, guardapolvo y harnero.....	127
Figura 96 Sujeción del guardapolvo al alfanje.....	128
Figura 97 Paño colocado en la piquera.....	128
Figura 98 general del conjunto tolva, bandeja y burro.....	130
Figura 99 Tolva y sonaja.....	131
Figura 100 Lágrima de la sonaja.....	131
Figura 101 Bandeja y paladín.....	132
Figura 102 Mecanismo para la regulación de la inclinación de la bandeja.....	133
Figura 103 Paladín.....	134
Figura 104 Burro y sus elementos de sujeción.....	134
Figura 105 Vista general del conjunto cabria.....	135
Figura 106 Sistema pivote-casquillo, giro inferior de la cabria.....	136
Figura 107 Giro superior de la cabria.....	136
Figura 108 Refuerzo alargado horizontal de la cabria.....	137
Figura 109 Refuerzo cerrado inferior de la cabria.....	137
Figura 110 Abrazaderas, eje y palanca de la cabria.....	138
Figura 111 Alzado del acoplamiento de la volandera a las abrazaderas de la cabria.....	139
Figura 112 Alzado de las dos alturas del molino.....	140
Figura 113 planta del montaje final.....	141
Figura 114 Análisis de interferencias del montaje completo.....	142
Figura 115 Resultado del análisis de interferencias.....	142
Figura 116 Código QR que da acceso a la página web de este trabajo.....	145

1. INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA TEMÁTICA ANALIZADA EN EL PROYECTO

Este proyecto trata el modelado de uno de los molinos más célebres de la ciudad de Torremolinos: el Molino de Inca. Con tal fin, se ha hecho uso del software de diseño CATIA V5.



Figura 1 Comparativa del molino real y el modelado.

El modelado se ha realizado tomando las medidas directamente del molino, situado en el Jardín Botánico Molino de Inca que fue inaugurado en la ciudad malacitana en el año 2003. Se ha de tener en cuenta que se trata de una reconstrucción, ya que el original se hallaba en ruinas.

1.2 OBJETIVOS

La elección de la temática de este trabajo fin de grado no fue en ningún caso decisión azarosa. Destacan dos razones distintas.

De un lado, al ser natural de Torremolinos una oferta de proyecto para modelar molinos me pareció cosa del destino. Era conocedora de lo importante que antaño estos artilugios resultaron para la ciudad que debe su nombre a estos mismos pero nunca había profundizado en el tema. En cuanto inicié mi investigación quedé prendada de la historia de lo que fue una gran industria molinera, el sustento de todos los vecinos del pueblo y una importante fuente de ingresos para sus dueños.

Por otra parte, la posibilidad de trabajar con la herramienta CATIA era algo que siempre había tenido en mente para mi TFG. Primero porque ya había lidiado con ella y era conocedora de su gran potencial y, segundo, porque me parece que saber manejarla con un nivel alto me puede ser muy útil para mi futuro laboral en el marco de la Ingeniería Aeronáutica.

1.3 RESUMEN DEL CONTENIDO DEL PROYECTO

Este proyecto parte de la realización de un contexto histórico con el que se pretende dar a conocer cómo fue la industria de los molinos hidráulicos de una versión de Torremolinos ya casi extinguida. Se hablará de sus orígenes y se dará una lista de los molinos que se alimentaban de sus entonces exuberantes manantiales. También se aportará información básica de los distintos molinos que han existido a lo largo de la historia, así como dónde solían emplazarse los molinos hidráulicos en España y Andalucía. En definitiva, se pretende que este proyecto sirva como protección del importante patrimonio industrial que suponen los molinos harineros a nivel nacional y, más concretamente, para el municipio malacitano.

En una segunda parte se expondrá el trabajo realizado con CATIA V5 para la modelación del molino de Inca, donde se explicarán con mayor detalle sus componentes más relevantes.

Se incluye también un apartado que intenta mostrar el partido que se le puede sacar a una simulación de estas características ayudándonos de la idea de la “Realidad Aumentada”. En esta línea, se ha desarrollado un código QR que permita un acceso directo vía web a los resultados de este trabajo.

Se finaliza con los apartados de “Conclusiones y desarrollos futuros”, en los que se dará cierre a este proyecto haciendo una reflexión acerca de todo el trabajo elaborado y el potencial que tiene la temática de los molinos como una importante obra de la ingeniería de antaño.

1.4 ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN

Se añaden primero un cuadro con los puntos tratados más importantes y a continuación una breve descripción de cada uno de los apartados que se desarrollarán.

1. Introducción	Presentación del contenido del proyecto.
2. Estado del arte	Historia de la molinería. Descripción detallada de los molinos hidráulicos de rodezno. Industria molinera torremolinense y estado actual del Molino de Inca.
3. Herramientas de representación gráfica	Breve descripción de las herramientas de diseño gráfico más importantes del momento.
4. Modelado con CATIA	Desglose de las piezas del Molino de Inca y montaje del mismo.
5. Realidad aumentada	Desarrollo de un código QR que de acceso a una web donde se recogen los puntos más importantes del trabajo.
6. Conclusiones y desarrollos futuros	Recopilación de los resultados obtenidos y de las conclusiones extraídas durante todo el proceso de elaboración del proyecto. Ideas para futuros trabajos que siguieran esta línea.
7. Bibliografía	Documentos relacionados de interés y listado de las principales fuentes de información para la redacción del trabajo.

Descripción concisa de cada uno de los apartados de los que consta el trabajo:

1. INTRODUCCIÓN

Se hace una presentación del contenido del trabajo, sus motivaciones y objetivos.

1.1 Descripción de la temática analizada en el proyecto.

1.2 Objetivos.

1.3 Resumen del contenido del proyecto.

1.4 Estructura de la investigación.

Este es el punto en el que nos encontramos, y lo que pretende es dar una visión global de cada uno de los apartados del proyecto sin tener que leer el documento entero. De este modo también se puede hacer una selección de los apartados de interés.

2. ESTADO DEL ARTE

Se pretende dar información de dos tipos: histórica y de carácter formativo en el mundo de la molinería.

2.1 Introducción.

2.2 Los molinos, la gran máquina del ayer.

2.2.1 Los molinos más primitivos.

Se hace un pequeño recorrido por los primeros artilugios que ya podían considerarse molinos, así como por los primeros molinos de piedra.

2.2.2 Clasificación de los molinos según su fuente de energía.

Se presentan las principales características de los molinos, divididos en cuatro grandes grupos: molinos de sangre, molinos de agua, molinos de viento y otros molinos.

2.2.3 Molinos hidráulicos de rodezno.

Al pertenecer el Molino de Inca a esta tipología de molino, se ha elaborado este apartado para profundizar en las características que comparten todos los molinos hidráulicos de rodezno, sea del lugar que sean.

2.3 Los molinos hidráulicos en España.

2.4 Los molinos hidráulicos en Andalucía.

2.5 Torremolinos y su industria molinera.

Se ha recopilado toda la información histórica de interés del municipio malacitana y se ha estructurado según los siguientes puntos:

2.5.1 Primeras referencias de la población.

Habla de los orígenes de la población, de cuando empezó a ser conocida por sus molinos.

2.5.2 Los años dorados de la industria molinera.

Explica cómo era Torremolinos durante los años en que los molinos su principal fuente de recursos.

2.5.3 Traída de las aguas a Málaga.

Se centra en explicar cuál fue el detonante para la extinción de la industria molinera torremolinense.

2.5.4 Evolución del municipio.

Una vez los molinos dejaron de funcionar, resta explicar cuál pasó a ser la principal actividad de la población costera. También se habla del Torremolinos de hoy.

2.6 Los molinos de Torremolinos.

Estos apartados se centran en explicar la distribución de la industria molinera de Torremolinos en sus años de oro.

2.6.1 Introducción.

Se explican una serie de conceptos de la jerga molinera. Se dan unas pinceladas de cómo debía ser un proceso rudimentario de la molturación del trigo, desde su llegada al molino hasta que algún cliente compraba la harina.

2.6.2 Manantiales.

Aquí se explica que la aparición de estos molinos se debe única y exclusivamente a la existencia de manantiales, los cuales se aprovecharon como fuerza motriz.

2.6.3 Localización y descripción de los molinos.

Se adjunta un mapa de la distribución de los molinos de Torremolinos a lo largo del cauce del manantial de La Cueva hasta su desembocadura en el mar. En una segunda parte se presenta la lista de molinos elaborada en los sub-apartados venideros. Por último, se un punto con una tabla comparativa de las características más importantes de dichos molinos.

2.7 El molino de Inca hoy.

Este último apartado pretende ensalzar el gran valor de las obras realizadas en Torremolinos para la recuperación de su patrimonio histórico.

2.7.1 Proyecto de rehabilitación del molino de Inca.

Se comenta cómo surgió la idea en el municipio de rehabilitar este molino harinero y cómo se llevó a cabo.

2.7.2 El caserío del molino de Inca.

Además de dar techo al rehabilitado molino, el interior del caserío de este molino se ha convertido en un pequeño museo del molino, y esto se pone de manifiesto en este punto.

2.7.3 Jardín botánico Molino de Inca.

Breve descripción del jardín botánico enclave del molino de Inca.

3. HERRAMIENTAS DE REPRESENTACIÓN GRÁFICA.

En este punto se ha procedido al estudio de los principales programas de representación gráfica existentes en el mercado.

Por las razones que se expondrán en este apartado se ha decidido hacer la recreación con la herramienta CATIA V5 R19.

4. MODELADO CON CATIA V5.

Se ha elaborado una lista de los componentes más destacados del molino, así como se ha presentado el aspecto final del modelado.

5. REALIDAD AUMENTADA.

Se ha elaborado un código QR con el objetivo de compartir el enlace a una web que recoge de forma sucinta los aspectos más interesantes de este trabajo. Se enmarca este tipo de herramienta en el desarrollo de una gran cantidad de aplicaciones que cada vez hacen más fácil compartir con todo los rincones del mundo cualquier tipo de información.

6. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS.

7. BIBLIOGRAFÍA.

Listado de las fuentes de información enumeradas según su orden de aparición en el documento.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 INTRODUCCIÓN

Este apartado se puede dividir en cuatro grandes bloques. Se hace un recorrido cronológico: partiendo de la descripción de los primeros molinos que se conocen hasta llegar al estado actual del Molino de Inca.

En el primer apartado se cuenta la evolución de los molinos, haciendo un repaso por todas sus tipologías (Apartado 2.2). Se hará especial hincapié en la descripción de los molinos hidráulicos de rodezno, grupo en el que se enmarca nuestro protagonista en el Apartado 2.2.3.

El segundo bloque se centra en explicar cómo se distribuían los molinos hidráulicos por España y Andalucía, Apartados 2.3 y 2.4, respectivamente. Esta información se complementa con un último punto dedicado exclusivamente a conocer la historia molendera de Torremolinos (Apartado 2.5).

Seguidamente, se ha elaborado la lista de molinos que conformaron la importante industria molendera de la localidad. Un total de 20 inventos distribuidos estratégicamente por el municipio para aprovecharse de la fuerza de sus caudalosos manantiales. Esta información se desarrolla en el Apartado 2.6.

Para finalizar se ha añadido un punto sobre el estado actual del molino de Inca, el Apartado 2.7, situado en el conocido como Jardín Botánico Molino de Inca. Este apartado resulta de gran interés al ser uno de las pocas obras que se han llevado a cabo con el objetivo de conservar la memoria histórica del municipio.

2.2 LOS MOLINOS, LA GRAN MÁQUINA DEL AYER

Para el desarrollo de este apartado se ha contado con el apoyo del libro *Molinos hidráulicos: apuntes de historia y tecnología*, publicado por Rafael López García en el año 2006 (1). Este Doctor Ingeniero es natural de Alcalá la Real y actualmente es Profesor Titular en el Área de Ingeniería Mecánica en el Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera.

La evolución de la especie humana está íntimamente ligada al desarrollo de su alimentación, es decir, comer cada vez una mayor variedad de alimentos en buen estado contribuía a que las personas vivieran durante más años. La aparición de los cereales permitió el aumento de la población y se pusieron las bases para que surgieran las grandes civilizaciones. El pan siempre ha formado parte de la alimentación básica y aquí es donde entran en juego los molinos harineros, tan íntimamente ligados a la actividad cotidiana humana. En el momento en que se desarrolla la capacidad para moler el trigo en cantidades sin precedentes, se puede alimentar a más gente pero también con una calidad mejor.

Pero los molinos no solo se han usado para la molturación de trigo sino para otros muchos productos, surgiendo así todo tipo de artilugios como batanes, martinetes¹, almazaras² o trapiches³. Cada uno de ellos tomaría mayor o menos importancia en función de las características geográficas, sociológicas y de recursos naturales de la población.

Se va a dar en puntos venideros información general sobre los molinos, haciendo un pequeño recorrido por los diferentes tipos que han existido y poniendo una mayor atención en describir cómo es un molino hidráulico harinero común.

2.2.1 Los molinos más primitivos

Se habla aquí de quiénes fueron los predecesores del molino harinero. La lista que se presenta a continuación (2) sigue un orden cronológico, por lo que se puede apreciar cómo la necesidad de producir cada vez mayores cantidades empuja al desarrollo de nuevos artilugios.

2.2.1.1 Metate americano

¹ Según la RAE: mazo, generalmente de gran peso, para batir algunos metales, abatanar los paños, etc.

² Primeros molinos de aceite

³ Molino que servía para extraer el jugo de algunos frutos de la tierra, como la aceituna o la caña de azúcar.

Consta de dos piedras: la primera de ellas juega el papel de mesa con forma cóncava sobre la que se hace girar la segunda, que tiene forma de rodillo. El metate americano fue utilizado originalmente por los indígenas americanos (año 8.000 a. C.), pero también por los asiáticos.



Figura 2 Metate americano.

2.2.1.2 Molinos de mano

Es el primer modelo de molino (año 4.500 a. C.) que cuenta con dos piedras circulares, lo que supuso un paso gigante en el las técnicas de molienda. En estos molinos de mano el accionamiento de la piedra superior giratoria se realizaba mediante un pivote insertado en su lateral o en su parte superior, con el que se realizaba el giro. Esta piedra contaba con un agujero en su centro por el que se echaba el grano del cereal, el cual salía transformado en harina por los laterales de las ruedas.

Se empezaron a usar en el Neolítico, pero también se utilizaban en siglos posteriores en comunidades aisladas hasta la llegada de mejores medios técnicos.



Figura 3 Molino de mano o molineta.

2.2.1.3 Molino pompeyano

Es uno de los desarrollos del molino de sangre y debe su nombre al hallazgo de un gran número de ejemplares en unas excavaciones en Pompeya tras la erupción del volcán Vesubio en el año 79. Estaban formados por dos grandes piedras, la inferior tenía forma cónica (*meta*) y la superior era un hiperboloide de revolución (*castellus*). En esta última se insertaban varios brazos que servían para empujarla, ya fuese por esclavos o por mulos.

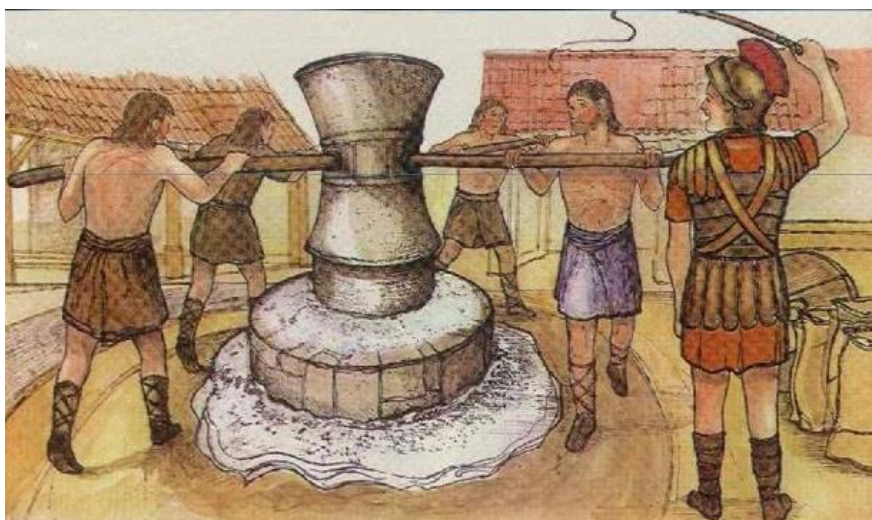


Figura 4 Ilustración de unos esclavos moviendo un molino pompeyano.

2.2.1.4 Molino vitrubiano

Hay que remontarse a la obra de Marco Vitruvio (c. 80-70 a. C.-15 a. C) para encontrar los orígenes de lo que hoy se conoce como *molinos de agua*. Este personaje era uno de los arquitectos de Julio César, ingeniero y creador de uno de los primeros tratados sobre arquitectura que se conservan.

El molino vitrubiano consistía básicamente en una rueda grande vertical con varias palas en sus extremos sobre las que la corriente de agua golpeaba, haciéndola girar. En el extremo de su eje horizontal se coloca un engranaje de linterna horizontal situada debajo de las piedras de moler, con las que está unida por un eje vertical que le transmite el movimiento de giro a la piedra superior.



Figura 5 Modelo virtual del molino de Vitrubio. Imagen obtenida en (3)

2.2.1.5 Almazara

Este tipo de molino servía para la molienda de las aceitunas. Consta de un número variable de piedras troncocónicas graníticas denominadas volanderas, unidas a un eje que descansa sobre una segunda piedra horizontal fija. La tolva, el lugar donde se depositan las aceitunas, se coloca sobre dicho eje y éste se agarra por su extremo superior a una viga fijada a las paredes del molino.

La volandera se movía normalmente con accionamiento animal. La masa molida de la aceituna, denominaba borujo, marcha por sí sola desde el centro a la periferia por efecto de la fuerza centrífuga. Para obtener una pasta más fina y homogénea se debía colocar el borujo de nuevo sobre el camino de la piedra.



Figura 6 Almazara con una única piedra volandera.

2.2.2 Clasificación de molinos según su fuente de energía

Se presenta a continuación un esquema de la tipología de molinos basado en la clasificación realizada por Sampedro Sánchez (4), para los molinos según la fuente de energía de la que se sirven:

2.2.2.1 Molinos de sangre

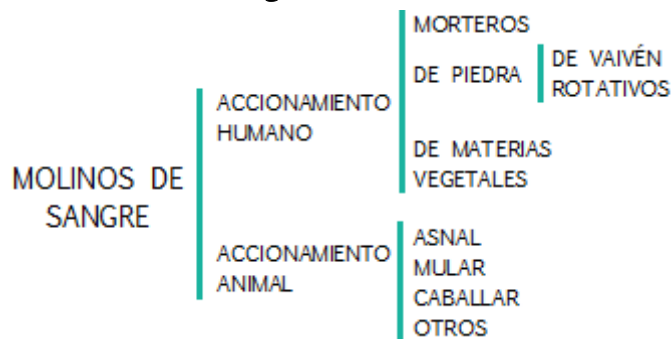


Figura 7 Clasificación de los molinos de sangre.

Este tipo de molino dio sus primeros pasos en época del Imperio Romano, en torno al año 40 a.C., como medida para aumentar la capacidad de molienda se empezaron a diseñar piedras más grandes, que evidentemente exigía un mayor esfuerzo para moverlas, por lo que se empezó a emplear varias personas para tal tarea, inicialmente trabajadores bajo la condición de esclavos (accionamiento humano). La piedra giratoria contaba con varias palancas lo suficientemente largas para empujarlas con dos manos. El siguiente paso fue el de sustituir las personas por animales como burros (accionamiento animal). A continuación se incluye una breve descripción de cada tipo.

- **Morteros:** la molienda del grano se realizaba con una piedra redonda o un palo de madera, con los que se golpeaba el grano colocado en un recipiente cóncavo o nabiforme de piedra.
- **Molinos de piedra de vaivén:** el machaqueo del grano se produce por la presión ejercida por una piedra fija en forma de mesa cóncava sobre otra con forma rodillo que gira sobre su eje horizontal.



Figura 8 Molino de vaivén.

- **Molinos de piedra rotatorios:** están compuestos por una piedra inferior fija o *solera* y otra superior giratoria o *volandera*, que gira sobre su eje vertical. El grano se introduce entre ambas piedras por el centro y sale triturado por los costados.
- **Molinos de materias vegetales:** se fabrican utilizando normalmente madera, pero también pueden ser de mimbre o caña. Presentan una tipología análoga a los morteros o los primeros molinos de piedra.
- **Molinos de accionamiento animal:** los primeros se diseñaron para sujetar al animal a un brazo de madera directamente insertado en la volandera. Posteriormente se aplicaban mecanismos como transmisiones con multiplicación del movimiento mediante engranajes para aumentar la productividad, como el de la Figura 9. Figura 9 Molino de sangre por accionamiento animal con un complejo sistema de engranajes y linternas.

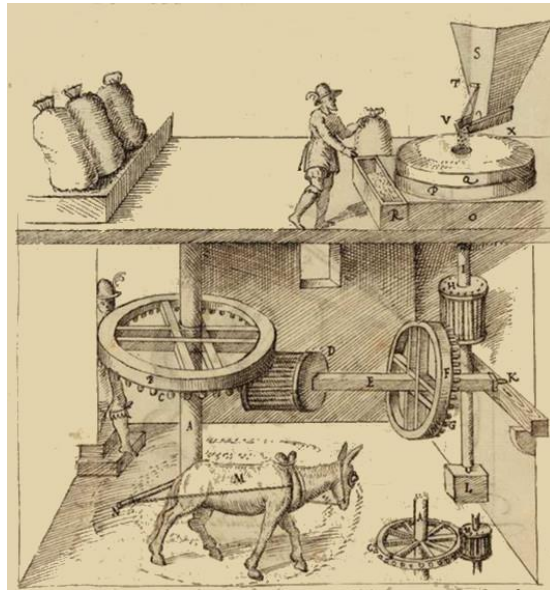


Figura 9 Molino de sangre por accionamiento animal con un complejo sistema de engranajes y linternas. Imagen tomada de (5).

2.2.2.2 Molinos de agua

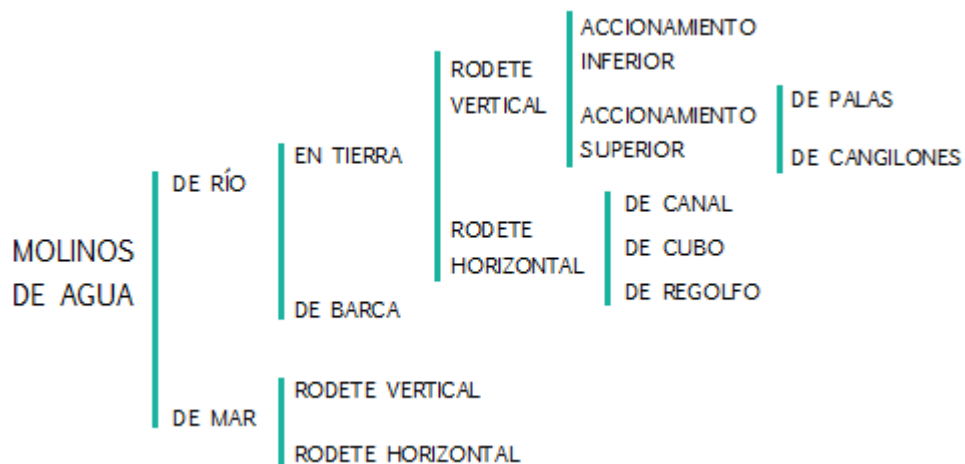


Figura 10 Clasificación de los molinos hidráulicos.

El factor común de este tipo de molinos es que cuentan con varias palas o aletas sobre las que golpea el agua el movimiento, haciéndolas girar.

- **Molinos hidráulicos de río en tierra con rueda vertical:** existen varios tipos. Una primera clase sería los molinos que meten sus palas en la propia corriente del río. En un segundo tipo las ruedas estarían accionadas por arriba. En el último caso las palas se sustituyen por

cangilones⁴ que se llenan de agua, de forma que el molino no solo gira por el golpe del agua sino también por el peso de los cangilones.

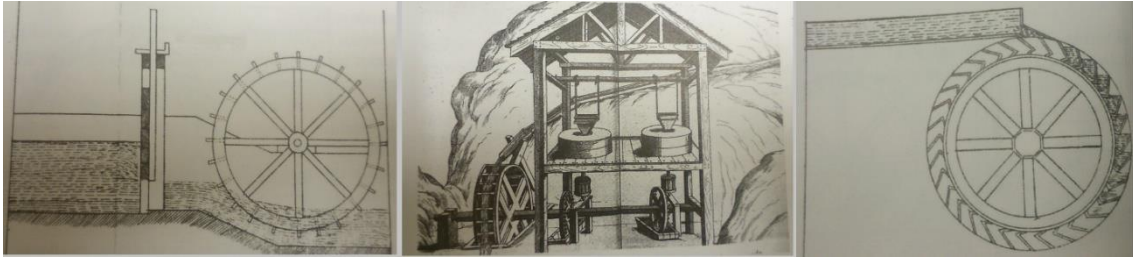


Figura 11 Molinos hidráulicos de río con rueda vertical. Imágenes tomadas de (4).

- **Molino de canal:** se diseñaba un canal de manera que conducía el agua desde el río hasta la rueda o rodezno y que luego devolvía el agua a su cauce.
- **Molino de cubo:** muy parecido al anterior, pero que cuenta con un depósito circular de pequeño diámetro en comparación con su altura denominado cubo, con el que se conseguía una mayor velocidad del agua que golpea al rodezno. Es una forma de conseguir más potencia con un caudal discreto.
- **Molino en tierra de regolfo:** trabajan con el rodete a presión en el interior de una cámara, aprovechando la energía total del agua en parte como cinética y en parte como energía de presión.
- **Molinos hidráulicos de río en barca:** parte de la rueda se sumergía en el agua para aprovechar la corriente. Los que estaban formados por dos barcos y una rueda eran lo de uso más extendido, como el de Figura 12.

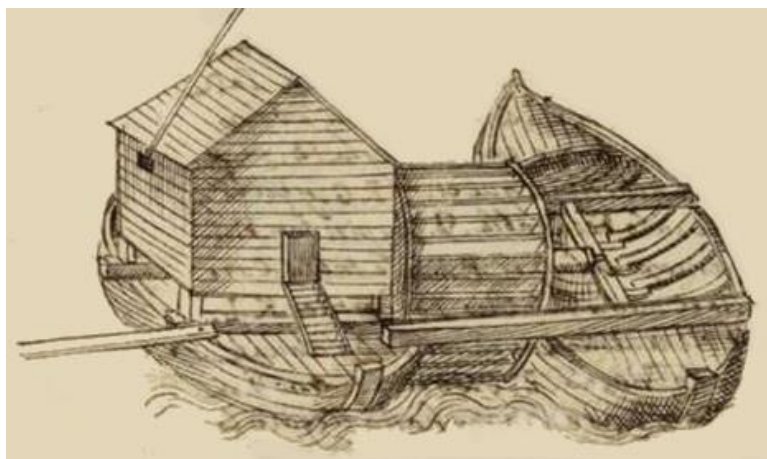


Figura 12 Molino de dos barcos con una rueda vertical. Foto tomada de (5).

⁴ Tipo de recipiente que se ajusta a la rueda del molino que solía fabricarse de arcilla, madera o metal.

- **Molinos hidráulicos de mar:** aprovechan el movimiento cíclico de las mareas, por lo que se ubicaban en entrantes costeros con grandes diferencias entre su estado pleamar⁵ y bajamar⁶. Se construía un dique de mampostería⁷ que permitiera tener una compuerta que se abre cuando sube el agua y se cierra cuando esta baja, para conseguir acumular grandes cantidades de agua que posteriormente se conduciría por canales hasta hacerla chocar contra la rueda del molino.
- **Molino hidráulico de mar con rueda vertical:** el funcionamiento es análogo al caso de los molinos de río, con la salvedad de que su funcionamiento es cíclico para asegurar que las piedras solo giran en un sentido. Por esta razón solo se accionaban durante el reflujo del agua hacia el mar, después de almacenarla durante la pleamar.
- **Molino hidráulico de mar con rueda horizontal:** Existen muy pocos molinos conocidos de este tipo. Tienen un funcionamiento muy parecido al caso de los molinos de río, aunque normalmente se añadían engranajes entre la rueda y las piedras de molienda para conseguir una mayor velocidad de giro de estas últimas.

2.2.2.3 Molinos de viento

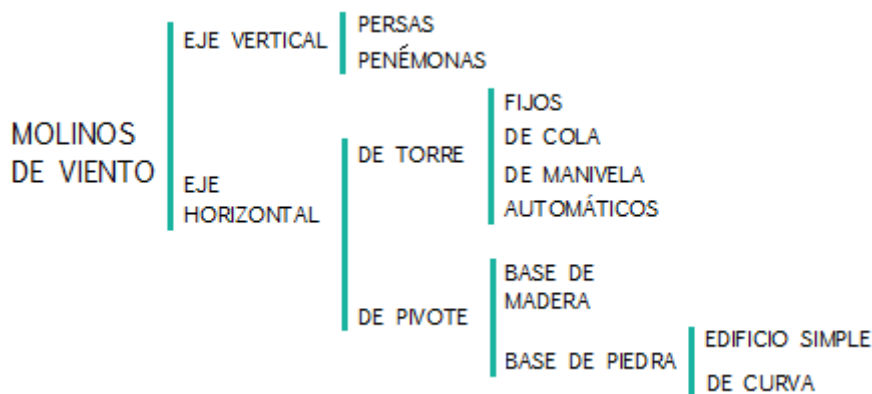


Figura 13 Clasificación de los molinos eólicos.

⁵ Estado de la marea, cuando el mar ha crecido todo lo posible.

⁶ Momento en que el agua del mar alcanza su mínima altura dentro del ciclo de las mareas.

⁷ Procedimiento de construcción en que se unen las piedras con argamasa (Mortero hecho de cal, arena y agua, que se emplea en las obras) sin ningún orden de hiladas o tamaños.

- **Molinos de viento de eje vertical o persas:** en este tipo de molinos las velas o aspas se sujetan directamente al eje vertical que será el encargado de mover las piedras de molienda.
- **Panémonas:** este tipo de molino (Figura 14) se usaba en el extremo oriente para bombear las aguas de regadío.

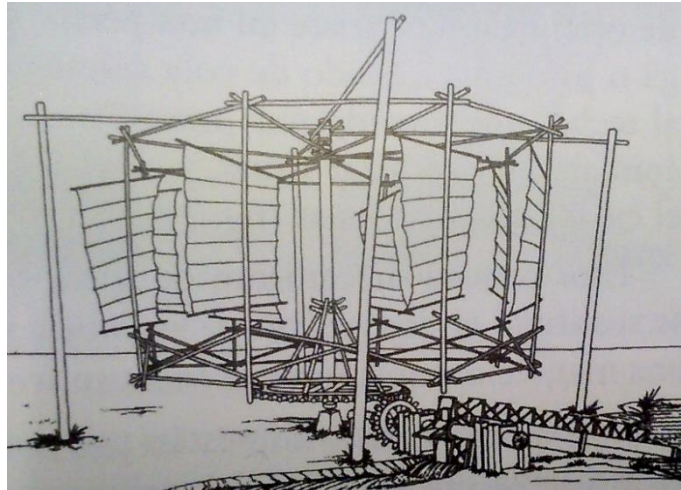


Figura 14 Panémona chica. Imagen tomada de (4).

Los **molinos de viento de eje horizontal de torre** pueden ser de varios tipos, pero tienen como factor común que son molinos de construcción, normalmente mampostería, con una cubierta en la que se coloca el eje horizontal. Las cubiertas se hacían originalmente de paja, más tarde de madera y los más modernos se fabricaban de materiales metálicos. Según el mecanismo que tengan para orientar sus aspas al viento es posible diferenciar cuatro tipos.

- **Molinos fijos:** este tipo no cuenta con un sistema que permita orientar las aspas del eje al viento.
- **Molinos de cola:** cuentan con una pértiga a modo de cola sujeta al techo (Figura 16), que al moverla transmite su movimiento al eje y las palas, para así poder orientar estas últimas a la dirección del viento.
- **Molino de manivela:** este modelo ya es un poco más sofisticado, y cuenta con un sistema de transmisión que hace girar el eje del molino y, por lo tanto, cambiar la dirección de sus aspas. Estas poleas se accionan moviendo una manivela, de ahí su nombre.
- **Molinos automáticos:** tienen un sistema de giro automático que consigue enfrentar las aspas al viento para así conseguir la mayor energía posible. Son muy típicos de la zona del Mediterráneo.
- **Molinos de viento de eje horizontal de pivote:** Son más modernos que los anteriores. El edificio que contiene al molino consta de dos partes, la inferior juega el papel de pivote y se une a la superior mediante un

eje que permite el giro de ésta. Así se logra orientar las aspas o velas del molino hacia la dirección del viento.



Figura 15 Molino de viento de pivote. Imagen tomada de (6).

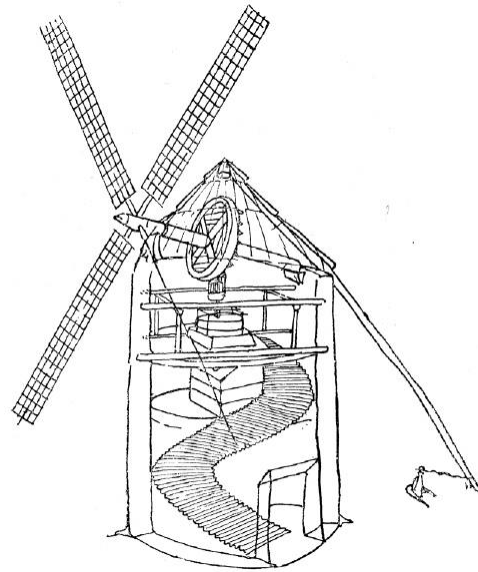


Figura 16 Molino de cola. Imagen tomada de (7).

2.2.2.4 Otros molinos

Con el paso del tiempo se fueron encontrando diferentes fuentes de energía para moverlos molinos harineros, pero el mecanismo de molienda se mantuvo: las piedras que giran una sobre la otra para triturar el grano. El Imperio Austro-Húngaro quiso mejorar esta tecnología e invirtió mucho en la investigación de este campo. Fue a mediados del siglo XIX cuando llegaron los trituradores y compresores de hierro templado, que supuso una gran revolución en la molinería.

López García explica así su funcionamiento (4): *Se sustituyeron las muelas o piedras por un sistema de varios pares de cilindros dispuestos de tal forma que aseguraban la identidad de cada parte del grano de trigo y mantuviera la integridad del gluten. El sistema combina el paso por los diversos pares de rodillos, más juntos y con estrías más finas cada vez, con los correspondientes cernidos; finalmente un último par de rodillos lisos, que actúan como compresor, convierte la parte harinosa de trigo, sémolas y semolinas, en harina de gran pureza.*

Con este revolucionario sistema no solo se puede aumentar la producción a niveles desorbitados sino que se pueden obtener distintas calidades de harina con variar la distancia de los rodillos y las velocidades de giro. Como contratiempo se puede hablar de la gran inversión inicial que supone instalar

este tipo de maquinaria, el precio de pasar de un proceso artesanal a una gran industria.

2.2.3 Los molinos hidráulicos de rodezno

Como se ha visto en el Apartado 2.2.2, existe una gran variedad de molinos. Este apartado se mete de lleno en la tipología de molinos hidráulicos con rodezno, ya que el molino de Inca entra dentro de este grupo.

Los inventos de este tipo son una obra de la ingeniería hidráulica, ya que tratan de aprovechar la energía hidráulica⁸ del agua para usos secundarios y terciarios, y no solo para uso primario en actividades como el regadío o el consumo humano.

Se va a hacer a continuación un recorrido por todos los elementos que conformarían un molino hidráulico con rodezno común, gracias a la información recogida en el Proyecto de rehabilitación del molino de Inca (8) y el libro de López García (9).

Fuera de lo que podría considerarse el molino, es decir, el caserío sobre el que estaría construido, se debe tener en cuenta el curso de agua que va a parar al mismo. Lo más habitual es realizar pequeñas obras, cuanto menos ingeniosas, para desviar una parte del caudal del agua del río o manantial gracias a un **canal o acequia**. En los molinos harineros originales estas acequias se construían con mampostería rica en cal.

Llegados al edificio del molino propiamente dicho, se pueden diferenciar dos partes: el cárcavo y la sala de molienda.

⁸ Energía que contiene una masa de agua desplazándose de una cota de nivel a otra inferior, según López García en (9).

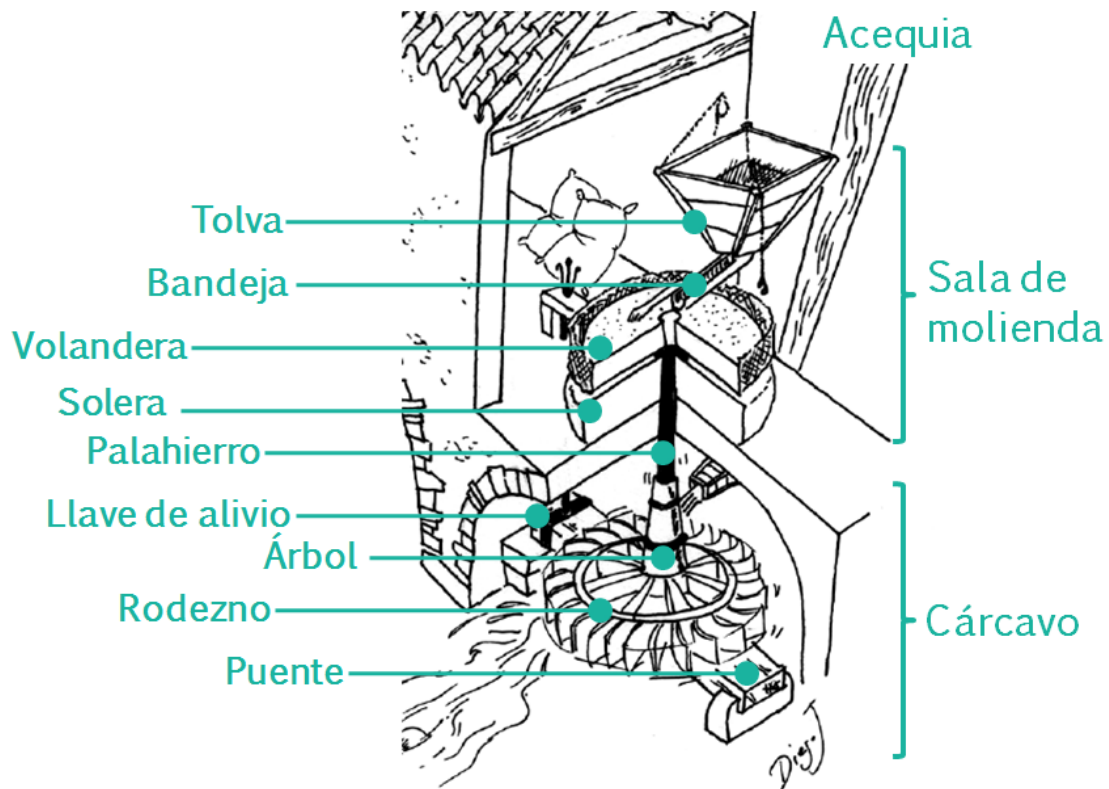


Figura 17 Dibujo de lo que sería un molino con rodezno común, indicando sus partes más importantes. Imagen tomada de (7).

Según el elemento que se sitúe después de la acequia, Se distingue entre dos tipologías de molino. Una de ellas son los **molinos de canal**, en los que el agua que llegar por la acequia se lanza por un canal en rampa hacia los rodeznos. Este tipo de construcciones son propensas a la inundación y atasco por lodo y tierra. La segunda opción sería un **molino de cubo**, en el cual el agua pasa por un pozo de sección circular (cubo) que puede tomar infinidad de alturas. Los cubos pueden estar o no inclinados, según la tipología del molino. En ambos casos también es habitual encontrar una **alberca de acumulación** previa para combatir los caudales escasos o irregulares.

Dentro de los molinos de cubo, otro concepto directamente ligado a éstos es el de **número de paradas** del molino. Cuando el caudal que llega al molino se divide en dos o tres caudales distintos, por ejemplo, se dice que hay dos o tres paradas, respectivamente. Cada una de estas divisiones contaría con un cubo propio, es decir, al final se tendrían varias parejas de piedras molenderas.

Los elementos del molino de los que vamos a hablar a continuación, así como el rodezno, se encuentran en lo que en la industria molinera se conocía como **cárcavo**, que nos es más que una cavidad normalmente abovedada. Sobre el

cárcavo se levantaría todo el edificio del molino. Lo normal es encontrar un cárcavo por cubo o parada. Cuanto más bajo sea el cárcavo mayor será el salto de agua. Hay que tener en cuenta que para garantizar que las aguas se devuelven al río o manantial el cárcavo debe estar por encima del nivel del mismo.

Tras deslizarse hasta el cubo, el agua debe pasar por el **saetillo**. Esta pieza puede adoptar diferentes geometrías según el molino particular, pero el factor común de todos ellos es que debe tener sección decreciente y la más pequeña de ellas debe directamente al rodezno del molino. El saetillo hace las veces de tobera, de modo que el agua coge una mayor presión a su salida. En la boca del saetillo se suele acoplar algún artilugio para controlar el caudal de salida del mismo. Este elemento se denomina **llave de la espada** y lo más habitual es que pueda controlarse desde la sala de molienda.

También debe existir un elemento que se encargue de poner en marcha o detener el molino. Aunque según la comunidad en la que esté instalado el invento hidráulico esta herramienta puede adoptar distintas terminologías, lo más común es reconocerlo con el nombre de **paraera**. En la Figura 18 se muestran dos tipologías distintas. En el primer caso se añade al cárcavo una viga de madera sobre la que descansa una plancha que según esté más o menos inclinada dejará o no pasar el agua a través de la boca del saetillo. El segundo modelo prescinde de la viga y acopla la plancha a la propia salida del saetillo.



Figura 18 Imagen de dos cárcavos con una distribución muy dispar.

El siguiente elemento es el famoso **rodezno**, que no deja de ser un motor que transforma la energía que lleva el agua en la energía mecánica que moverá el eje principal y, por tanto, toda la maquinaria. Los más antiguos se fabricaban con madera, y para tener una descripción más técnica de ellos se añade este extracto del Proyecto antes mencionado:

El rodezno consiste en una rueda formada por cucharas, sujeta por camones⁹ y unida a la maza por medio de radios, que giran en posición horizontal. [...] las cucharas son unas piezas de madera, compuestas por una pala y una cola, la primera consiste en el vaciado del taco de madera de forma que su mitad superior quede cóncava, la cola disminuye de grosor desde la terminación de la pala al extremo opuesto en una especie de cuña alargada, siendo encajada una contra otra, [...] uniéndose perfectamente para no dejar entre ellas rendija alguna por la que pueda penetrar el agua.

Estos rodeznos en muchos casos eran sustituidos por turbinas o por motores eléctricos, como mejora para un mayor aprovechamiento de las aguas.

El rodezno descansa sobre lo que se conoce como **punte**, una viga normalmente fabricada en madera que debe ser muy dura y resistente, ya que soporta el peso del rodezno, del palahierro, del árbol o de la piedra volandera.



Figura 19 Punte del molino de Inca.

El elemento diseñado para modular la altura del puente y, por tanto, la separación de las piedras de molienda es la **llave de alivio**. Al igual que pasaba con la llave de la espada, es habitual que se regule desde la sala de molienda. Resulta de vital importancia ajustar la posición relativa de las piedras:

⁹ Elementos de hierro en forma de anillo que unen las diferentes cucharas del rodezno.

- Si están demasiado justas pueden producir mucho rozamiento y parar el molino.
- Si están muy separadas el trigo no se molería correctamente, obteniendo un producto muy lejos de parecerse a la harina.

La zona central del rodezno se denomina cruz y ella se inserta por su parte inferior la siguiente pieza, la **maza o árbol**. La maza es un tronco de madera cuya parte superior cuenta con una mortaja en la que se inserta el palahierro. Esta unión suele reforzarse con una serie de anillos de acero de distintos diámetros denominados **sortijas**.

El **palahierro** es lo que se puede definir como el eje que transmite el giro del rodezno hasta la piedra volandera y suele fabricarse de acero para garantizar su robustez. En su extremo inferior el palahierro se inserta en la maza y en su parte superior se ajusta a la **lavija**. Este elemento también se fabrica de acero, puede adoptar diversas geometrías y va incrustado en la piedra volandera, que se explicará más adelante.



Figura 20 Lavijas de distintas geometrías.

Lo más común es encontrarse con que el giro del rodezno se transmite directamente a las piedras molenderas mediante el palahierro, es decir, una vuelta del rodezno se corresponde con una vuelta de las piedras. Pero existen otros modelos que cuentan con una serie de **engranajes y poleas para**

modificar la velocidad de las piedras con respecto a la del rodezno, como puede verse en la Figura 21.

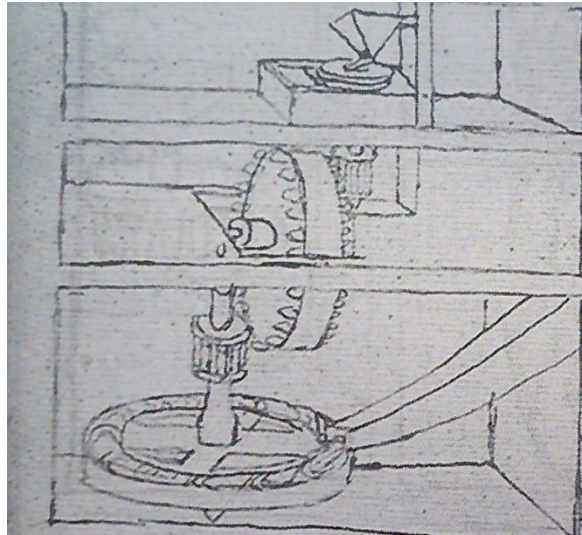


Figura 21 Dibujo de un molino de rodezno con transmisión mediante engranajes. Foto tomada de (9).

Las piezas que se van a describir a continuación ya no se encuentran en el cárcavo, sino en la propia **sala de molienda**, lugar donde se recibiría el grano y se obtendría ya molturado.

El **alfanje o pedestal** es un poyete hecho de obra sobre el que descansa el resto de elementos del molino. Resulta de vital importancia que sea macizo para evitar vibraciones del resto del molino y sobre todo de las piedras de molienda.



Figura 22 Trabajadores ocupados en el acondicionamiento del alfanje. Foto tomada de (8).

Las piezas clave de cualquier molino harinero son, sin duda, las **pedras molenderas**, que son dos piedras con forma cilíndrica:

- **Solera.** Es la piedra inferior y la que siempre permanece inmóvil. Para conseguir que no se mueva el alfanje cuenta con una cavidad con las medidas exactas de la piedra. Cuenta con un orificio en su centro por el que pasa el palahierro y para ello se suele acomodar este paso con un cojinete de madera que sustenta dicho eje.
- **Volandera.** Esta es la piedra en la que se inserta la lavija y que recibe el movimiento de giro del rodezno gracias a la transmisión del palahierro. También cuenta con un orificio en su centro por el que debe colarse el trigo.

Es muy importante que ambas piedras tengan el mismo diámetro exterior para que ninguna genere una muesca indeseada en la otra por desgaste.

La **rayadura o picado** de las piedras era determinante para garantizar primero el correcto triturado y segundo que la harina ya molida saliera por los bordes externos de las piedras gracias a la ayuda de la fuerza centrífuga. Existe infinidad de tipos de picado, notándose en su diseño el paso del tiempo, ya que las piedras más modernas cuenta con ralladuras más sofisticadas.



Figura 23 Ejemplos de distintos tipos de picado.

El **guardapolvo** es un almacén circular que encierra a las piedras molenderas para evitar que el grano ya molido se disperse por toda la sala de molienda. Cuenta con agujero en su centro para permitir la entrada del grano. Es un elemento que se debe limpiar con bastante frecuencia porque puede acumularse suciedad en sus paredes producto del calor y la humedad que se genera en su interior durante la molienda. Existen infinidad de modelos.



Figura 24 Guardapolvo de una de las paradas del molino de Inca.



Figura 25 Guardapolvo de la segunda para del molino de Inca.



Figura 26 Guardapolvo de un molino situado en la localidad de Zahara de la Sierra, Cádiz. Imagen tomada de (10).

La **tolva** es un recipiente, normalmente de madera, con forma piramidal en el que se vierten las sacas de trigo ya lavado listo para molerse. Al ser su

sección decreciente se consigue que el trigo vaya vertiéndose lenta y regularmente hacia el siguiente elemento, la bandeja.

La **bandeja o canaleta** sirve para regular la cantidad de trigo que va cayendo directamente a las piedras de molienda. Lo normal es que esté sujeta a la tolva y que en su extremo cuente con algún sistema para controlar su inclinación y, por tanto, la velocidad con la que cae el grano.

La función principal del **burro** es la de sostener la tolva. Ésta se llenaba con una cantidad considerable de trigo, normalmente una fanega, por lo que el burro tiene que ser capaz de soportar bastante peso. Lo más común es encontrar una estructura de barras en forma de cubo que descansa sobre el guardapolvo.

Se debe tener en mente que este tipo de molinos era bastante rudimentario, y una prueba fehaciente de ello es el **paladín**. Su función era hacer vibrar (“darle golpecitos”) a la bandeja para permitir que el grano vaya cayendo sin pausa. Consta de una barra unida a la bandeja ajustable y de su extremo sale una especie de bastón que hace contacto con las piedras, transmitiéndole éstas la vibración deseada.

Un elemento que no suelen tener todos los molinos y especialmente curioso es la **sonaja**, descrito como sigue en (8): *consiste en un cordel que tiene en uno de sus extremos un trozo de madera que se introduce en la tolva por su parte superior, quedando hundido en el grano. En el otro lado del cordel están amarradas unas piezas de hierro, que se quedan colgando por fuera de la tolva y encima de la piedra volandera. Al terminarse el grano de la tolva, la diferencia de peso hace que los trozos de hierro desciendan y rocen con la volandera produciendo un repiqueteo que ponía en aviso al molinero.*

Una vez que el trigo se molía entre las piedras, es recogido por el guardapolvo, y de éste se vierte en el **harnero** o **harinal**, un recipiente que suele fabricarse de madera y con forma cuadrangular.

El último elemento es la **cabria**, cuya utilidad se podría asemejar a la de una pequeña grúa que sirve para mover las piedras. Lo normal es que tenga un eje que hace subir y bajar unas abrazaderas a las que se acoplan las piedras.

2.3 LOS MOLINOS HIDRÁULICOS EN ESPAÑA

Según López (11), los molinos hidráulicos se empezaron a ver en España en la época romana (218 a.C. - siglo V), pero no es hasta la llegada de los árabes para que esta industria se afianza. Los primeros molinos que se conocen en España fueron los de tipo hidráulico con rueda horizontal por ser lo más sencillos tecnológicamente hablando.

En la época musulmana (720 d.C. – 902 d.C.) España se convierte en una de las grandes potencias europeas, por lo que se produce un importante desarrollo en las denominadas como *técnicas del agua* y los molinos hidráulicos se generalizan. Prácticamente todos los ríos del Islam cuentan o contaban antaño con molinos de este tipo: Guadalquivir, Genil, Tajo, Ebro, Segura.

Ya en la España cristiana medieval el uso de este artilugio se extendió por toda la península, y empezaron a elaborarse las primeras normas para la construcción de molinos. En general existía bastante libertad, pero se procuraba llevar un registro que asegurase que una nueva construcción no estorbaba a otra ya existente. Haciendo referencia a la arquitectura, lo único que puede distinguir un molino de una construcción rural convencional es la entrada y la salida del agua.

Como datos más concretos López García (11) pone cifras a los molinos de nueva construcción: *en 1857 fueron matriculados en España (sin contar el País Vasco ni Navarra) un total de 18.669 molinos harineros con 25.437 ruedas, de los cuales 2.252 trabajaban 6 meses del año, 6.001 entre tres y seis meses y 10.416 menos de tres meses.*

A continuación se hará mención a las comunidades autónomas cuyas industrias molineras destacaban especialmente.

- **Asturias.**

Llegaron a registrarse hasta un total de cinco mil molinos harineros en Asturias a mediados del siglo XVIII. Casi todos estos artilugios eran de pequeñas dimensiones y sus instalaciones muy rudimentarias y pobres. El caserío del molino se reducía a dos alturas, en la más baja se colocaban los rodeznos, y en la parte superior los mecanismos de trituración y todos los elementos auxiliares para el tratamiento del cereal.

La escanda¹⁰ era un tipo de cereal muy común en dicha comunidad, por ello se construyeron una gran cantidad de molinos de rabilar, usados para retirar el cascabillo que lleva unida la escanda al grano. Otro gran porcentaje de estos molinos eran de un solo rodezno y de reducidas dimensiones, al servirse de las aguas de pequeños riachuelos.

Se puede decir que los núcleos más importantes de esta industria según López García (11) eran: el concejo de Laviana situado en la cuenca minera del Nalón, en el centro de la comunidad, y el concejo de Villaviciosa en la zona centro-oriental.

- **Canarias.**

Gracias a sus terrenos barrancosos, estas islas suponen un escenario excepcional para la instalación de molinos hidráulicos, destacando Gran Canarias y Tenerife. El golfio¹¹ y las papas eran la base de la comida de campesinos y trabajadores, por lo que este invento llegó a cobrar un papel muy importante en las islas.

La tipología más abundante se corresponde con la más general descrita en el Apartado 2.2.3: acequia que desemboca en el cubo, molino hidráulico con rueda horizontal o rodezno que mueve directamente la volandera, tolva y otros elementos auxiliares con nombres autóctonos como el pescante o cabria y la canaleja o bandeja.

- **Castilla La Mancha.**

Pese a ser una comunidad más destacada por sus molinos de viento, tiene la peculiaridad de que sus molinos hidráulicos contaban con un número muy elevado de paradas. Esto era posible gracias al gran caudal de los ríos afluentes del Guadiana.

López García destaca los siguientes (11):

Los grandes molinos de Daimiel: el Zaucorta de tres piedras, el molino Nuevo de cuatro piedras, el Griñón de cuatro, y el Malemocho de cinco piedras. En Torralba el Flor de Ribera de seis piedras y el del Emperador, después el de Puente Nolaya de cinco piedras, y el de Valbuena en Corral de Calatrava.

¹⁰ Es un tipo de trigo típico de zonas frías y terrenos pobres. Tiene la peculiaridad de llevar adherido al grano una especie de película denominada cascabillo, que debe separarse para su consumo, no siendo ésta una tarea sencilla.

¹¹ Se denomina así en las Islas Canarias a cualquier tipo de cereal molido, tales como trigo, cebada o millo.

- **Castilla León.**

Se ha elaborado una tabla que recopila las zonas de la comunidad que contaban con un mayor número de molinos hidráulicos.

Región	Número de molinos	Datos de interés
Término municipal de Sobradillo, al Oeste de la provincia.	17 molinos harineros	Molinos harineros de rodezno (cubo o canal) muy sencillos y dedicados a la alimentación del ganado
Valle de Mena, al Norte de la provincia de Burgos	Cada pueblo contaba con un número variable de entre 3 a 4 molinos	Molinos hidráulicos harineros de cubo
Municipio Villa Obispo de Otero	21 molinos	Estos tres municipios pertenecen a una misma comarca, La Cepeda que contaba con más de 100 molinos registrados.
Municipio Quintana del Castillo	24 molinos repartidos entre sus trece pueblos	
Municipio de Villagatón-Brañuelas	28 molinos	

Tabla 1 Resumen de las zonas con las industrias molineras más importantes de la comunidad de Castilla León.

- **Cataluña.**

Se llegó a inventariar en el año 2005 un total de 1.001 molinos hidráulicos en la provincia de Cataluña. En la comarca del Urgell, Lérida, se conservan hoy en día unos 41 molinos harineros en diferentes estados de conservación.

A lo largo del río Sénia también se pueden encontrar numerosos de estos artilugios, aunque solían ser molinos pequeños de un máximo de dos paradas. Destaca entre ellos el único caso conocido de dos molinos alineados, el molino de Les Canals. Como se puede apreciar en la Figura 27. Figura 27 Sección del Molino de Les Canals. Imagen tomada de . Cada molino tiene su propio cubo, estando a distinta altura y siendo alimentados por una única balsa.

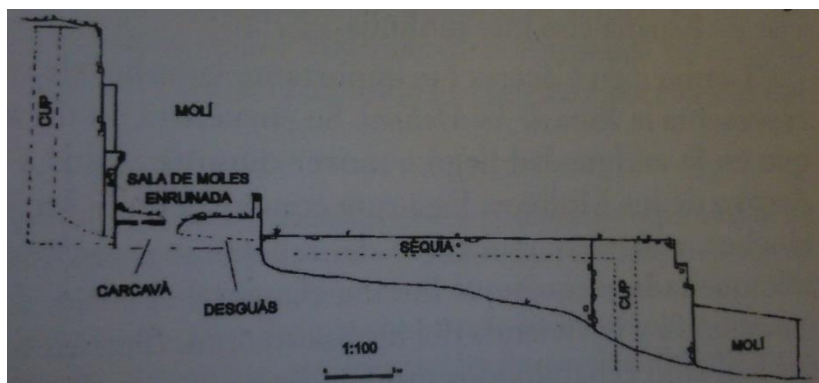


Figura 27 Sección del Molino de Les Canals. Imagen tomada de (11).

Otra zona típicamente molinera era la cuenca del Llobregat, y más concretamente poblaciones como Sant Boi de Llobregat, Sant Feliu de Llobregat y Molins de Rei. Se trata de una región muy llana en la que se cultivaban productos de huerta y cereal, con clima mediterráneo y unas condiciones morfológicas del río que eran muy propicias para la construcción de molinos hidráulicos. Se estableció una forma muy curiosa de regentar los molinos. El rey concedía el uso de las aguas a algunos favorecidos, que se convertían en los señores del lugar y se encargaban de realizar las obras del molino. Todos los agricultores que trabajaran alrededor de su propiedad estaban obligados a moler el grano obtenido en dicho molino, quedándose el señor con los beneficios de la molienda y el control de la harina.

- **Murcia.**

Las primeras referencias de la existencia de molinos en esta comunidad datan del siglo XI, fechas por las que el geógrafo Al-Idrisi hacía mención a unos molinos construidos sobre navíos. Se trataba pues de molinos flotantes de rueda vertical.

Entre los siglos XIII y XV faenaban hasta ocho molinos a lo largo de un cinturón de agua formado por un meandro¹² del río Segura. Los caseríos de estos molinos se conocían como *casares* en la época.

Entre los años 1474 y 1544 existían dos núcleos de molinos en la cuenca del río Segura. Por un lado, a la altura de la ciudad de Lorca, se situaban un total de diez molinos harineros. Por su parte, en el término municipal de Alhama se instalaron una serie de molinos de cubo y rodezno haciendo uso de las presas que regulaban el caudal del río.

¹² Dícese de cada una de las curvas que puede hacer un río.

Ya entrados en el siglo XX se mantenían en funcionamiento hasta hace poco un grupo de doce molinos harineros en la cuenca de la Rambla de los Molinos. Pese a ser un terreno bastante árido, estos artilugios se servían de los desniveles entre molinos para la construcción de los cubos.

2.4 LOS MOLINOS HIDRÁULICOS EN ANDALUCÍA

Se pueden encontrar núcleos de molinos harineros en todas las comunidades autónomas de Andalucía, normalmente situados en las zonas montañosas o de sierra. López García (11) elaboró una lista de las zonas que contaron antaño con un número considerable de estos artilugios:

- Comarca de Grazalema, Cádiz.
- Comarca de Aracena, Huelva.
- Comarcas de la Sierra y Valle de los Pedroches, Córdoba.
- La Serranía de Ronda, Málaga.
- Comarca de la Sierra Norte de Sevilla.
- Sierra Mágina, Jaén.
- Valle de Andarax y la comarca de los Vélez, Almería.
- Comarca de Guadix y el Valle de Lecrín, Granada.

Se van a hacer un breve comentario sobre cada una de las provincias de Andalucía en referencia a su tradición molendera.

- **Córdoba.**

Los molinos harineros de los que se tiene constancia en esta provincia se encontraban junto al curso del río Guadalquivir. En las localidades de Villa del Río, Montoro, Alcolea y Córdoba aún subsisten aproximadamente unos dieciséis edificios de molino, contando cada uno con tres o más paradas.

- **Almería.**

En la comarca de las alpujarras almerienses se han estudiado y documentado una gran cantidad de molinos hidráulicos, compartiendo todos ellos una única característica: no contaban con cabria. Pero en la comarca de Los Vélez este tipo de industria tuvo mucha más repercusión, dejando constancia de ello en las ordenanzas de riego, siendo la demanda de aguas mucho mayor que en caso de La Alpujarra.

Destaca también la cuenca de río Almanzora, no por su extensa industria sino por ser la cuenca más seca de Andalucía y, aun así, contar con diversos tipos de instalaciones tradicionales de aprovechamiento de los recursos naturales, tales como cinco molinos hidráulicos.

- **Jaén.**

En la zona norte-oriental de la provincia se sitúa con una zona sumamente montañosa, la Sierra de Segura. Esta geografía tan accidentada cuenta además con importantes ríos como el Guadalquivir o el Segura, así como con innumerables arroyos y riachuelos. De modo que no sorprende que ya en 1575 estuvieran registrados hasta 27 molinos hidráulicos harineros.

En la Sierra Sur de Jaén también se extendió el uso de este tipo de construcciones, aunque la mayoría de ellos quedaron desde hace mucho en estado de ruina. Destaca especialmente el Molino Alto de Santa Ana, que se mantuvo en funcionamiento durante más de 400 años, abandonando su producción en 1979. Sus dueños, conscientes del valor histórico de estas instalaciones, han ido conservando este molino. Incluso se rehabilitó por completo para convertirse en un entrañable museo de la molienda en 1999.

- **Granada.**

Se pueden distinguir tres grupos de molinos en la provincia, que aunque coexistieron en el tiempo, cada uno conlleva unas implicaciones sociales y económicas diferentes.

MOLINOS HARINEROS. El sistema de molienda es el tradicional con muelas y se solía apagar a los molineros mediante la maquila.

MOLINOS MIXTOS. La producción se realiza en régimen de fábrica, esto quiere decir que en el molino no solo se encontraba el sistema de muelas sino que se cuenta con numerosos aparatos para el lavado y cernido previo del trigo. El resultado es la mejora de la producción y calidad de la harina obtenida.

FÁBRICAS HARINERAS. Se usa el sistema de cilindros o astro-húngaro. La molturación del trigo se convierte en un proceso enteramente industrializado, realizándose en la fábrica todas las fases propias de la molinería: limpia, molturación, cernido y saxado.

En Granada se han registrado hasta un total de 690 molineros harineros con rueda horizontal. La elección de esta tipología responde a razones de

tipo topográfico y climatológico, pero también por la fuerte tradición de estos artilugios.

En la cara norte de Sierra Nevada también se pueden encontrar numerosos molinos hidráulicos. Destacan especialmente por contar con diversos sistemas para aprovechar al máximo las aguas, ya que estas dependen fuertemente de las aguas de la Sierra y son muy irregulares. Por esta razón se pueden encontrar un gran entramado de balsas, acequias y aljibes.

- **Sevilla.**

En el pueblo de Alcalá de Guadaira la molinería siempre ha formado parte de su tradición, aprovechando las aguas del río Guadaira. Existieron principalmente dos tipos de molinos hidráulicos: los *molinos de ribera*, a los que le llegaban directamente las aguas del río, y los *molinos de cao*, que contaban con una acequia para dirigir el agua hasta un salto o cao que le daba el movimiento al rodezno. A principios del siglo XVIII existían en Alcalá de Guadaira más de 40 molinos y 50 *atahonas*, un tipo de molino de sangre. En esta misma comarca pero en el antiguo cauce de los Caños de Carmona existían varios manantiales cuyas aguas se aprovechaban para mover unos doce molinos harineros.

- **Málaga.**

Existen registros que aseguran que en 1784 en la ciudad de Ronda funcionaban un total de diecinueve molinos harineros, así como batanes y molinos de aceite. Muchos de ellos se aprovechaban de las aguas del río Guadalquivir gracias a la construcción de las acequias que desviaban parte de su caudal hasta los molinos.

La comarca de la **Costa del Sol Occidental** tiene una importante tradición molendera, por ello se describen a continuación los núcleos más importantes, entre los que se encuentra Torremolinos.

En el municipio de **Benalmádena** y más concretamente en su barriada del Arroyo de la Miel se instalaron numerosos ingenios hidráulicos como batanes y molinos de papel a finales del siglo XVIII, gracias a la existencia de un manantial popularmente conocido como *cao*.

En el mismo siglo, funcionaban en la zona oriental de **Mijas** más de 15 molinos hidráulicos harineros, un número parecido de batanes de papel y algunos trapiches, que se usaban para la obtención del azúcar. Las

principales fuentes de energía hidráulica provenían del río Ojén y de los innumerables manantiales naturales de la región.

En el curso medio-bajo del río Real, en **Marbella**, se localizaban numerosos molinos harineros, muchos de los cuales siguen hoy en pie. Este río era poco caudaloso, lo que se paliaba construyendo albercas que permitían la acumulación de agua antes de esta entrara al molino propiamente dicho. Se trataba de molinos maquileros y la mayor parte de ellos eran muy humildes. Precisamente por esta razón destaca un molino que se localiza justo en la frontera con el municipio de Ojén, de dos paradas cuya función es desconocida. Los restos de esta construcción cuentan con varios caseríos cuya arquitectura dista mucho de ser humilde. No existen datos concretos, lo que otorga un cierto aire de misterio a este suntuoso molino, aunque lo que queda de él deja entrever que pertenecería a algún personaje adinerado.



Figura 28 Fachada principal del molino más enigmático de la cuenca del río Real, Marbella.

Otra población que se podría incluir en este grupo es **Torremolinos**. Por ser la ciudad en la que se sitúa el molino protagonista se le dedicará el siguiente punto íntegramente (Apartado 2.5).

2.5 TORREMOLINOS Y SU INDUSTRIA MOLENDERA

Se hace un pequeño recorrido por la historia de Torremolinos, desde su nacimiento hasta nuestros días, haciendo especial hincapié en describir cómo fue la época en que unos caudalosos manantiales movían con mucho brío los rodeznos de toda una industria molinera hoy prácticamente olvidada. Se han expuesto únicamente datos históricos que están más o menos relacionados con el nacimiento, vida y muerte de la industria molendera.

2.5.1 Primeras referencias de la población

Los primeros datos escritos sobre Torremolinos datan del año 1482, se trata de documentos del Museo Naval de Londres y en ellos se nombra a la población como *Moline* (10). Un tal Giacomo Cantelli elaboró mapas de la zona en el año 1696 y lo denominó como *Molina*. También se conoce un mapa diseñado por el ingeniero Francisco Llobet (Figura 29) donde se recogían todas las torres de defensa de la costa que abarcaba desde Málaga a Gibraltar y en la que se nombra la zona del municipio en cuestión como *T. Molinos*. Siendo esta la primera referencia de Torremolinos como núcleo urbano. La torre más famosa y que da nombre al municipio no es otra que La Torre de los Pimentales, una antigua torre vigía situada cerca de la costa que servía de torre vigía en los tiempos de la piratería.

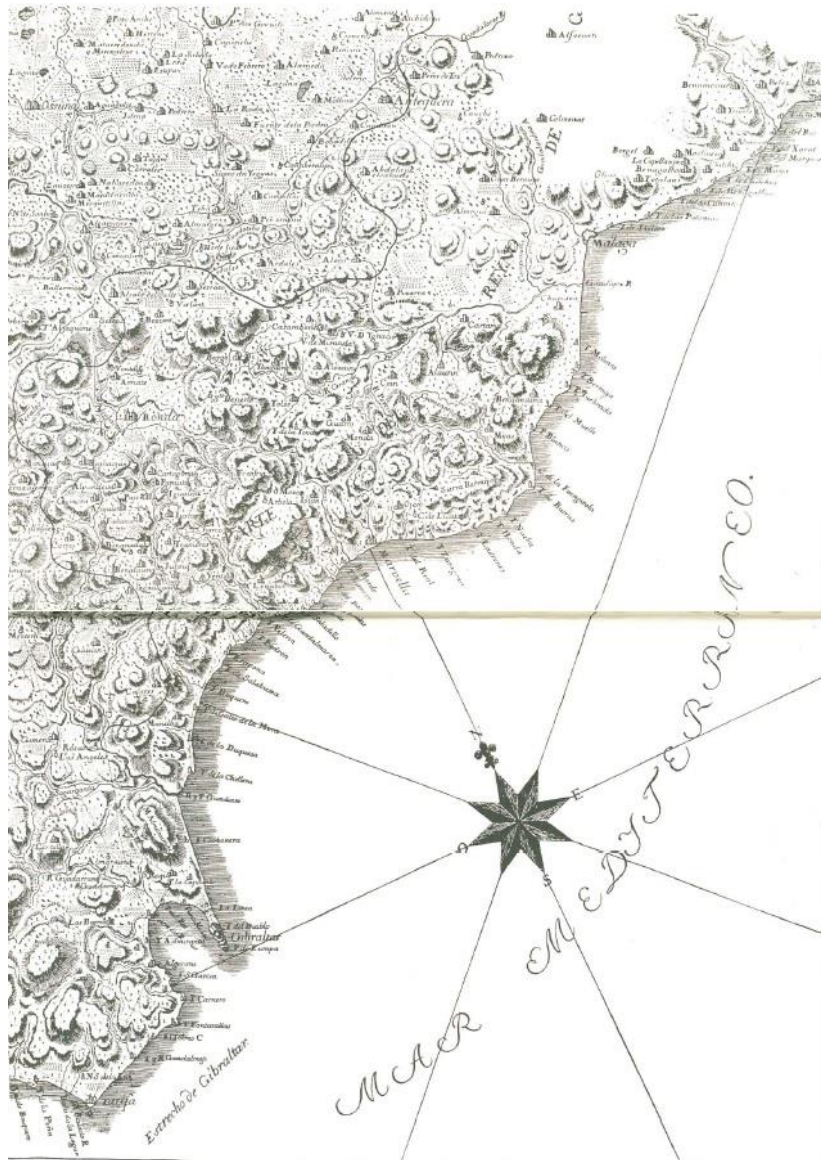


Figura 29 Mapa diseñado por Francisco Llobet en el año 1784. Imagen obtenida de (12).

2.5.2 Los años dorados de la industria

Lo cierto es que existe muy poca información de esa época de Torremolinos en que los molinos funcionaban a pleno rendimiento. En cualquier caso, Se debe imaginar un Torremolinos muy diferente al de hoy en día, irreconocible para cualquiera de sus ciudadanos “de toda la vida”. El agua de sus manantiales corría brava por las calles de la población costera. Existían cascadas con saltos de de hasta 12 metros de altura.

Esta pequeña población constituyó una gran fuente de ingresos durante la época árabe al Rey de Granada. Con este simple dato se intenta hacer ver que no era una pequeña industria sino una de las más importantes de la

comarca. Otro aspecto que aporta un valor extra a este municipio es el hecho de que de sus manantiales brotaba agua durante todo el año. Aunque existían algunos meses de menos caudal, los molinos podían seguir funcionando a pleno rendimiento.

Su escasa población se reducía a las familias que vivían de la molienda de trigo y algunos grupos de pescadores. No existían grandes edificios ni carreteras, y por supuesto sus vecinos no habían oído hablar aún de aquello del turismo.

A principios del siglo XX existían seis núcleos urbanos:

- **San Miguel.** Se trataba de una única calle a la que se reducía la mayor parte del sector urbano.
- **El Calvario.** Contaba con algunas viviendas y chozas ubicadas en una única acera.
- **Santa Rosa.** Sus vecinos se dedicaban a la ganadería y la agricultura.
- **La Carihuela.** Pequeño núcleo situado al borde de la playa.
- **El Bulto.** Debe su nombre a ser el lugar donde “se abultaban” las barcas de los pescadores.
- **Bajondillo.** Tenía dos grupos de vecinos, los pescadores y los molineros. Esta zona estaba situada entre la Calle San Miguel y la costa.

2.5.3 Traída de las aguas a Málaga

Según Palop (12), en el declive y posterior desaparición de la industria molinera torremolinense son protagonistas dos factores. Por un lado, el desarrollo de la tecnología ya había permitido la invención de nuevas máquinas capaces de suplantar molinos hidráulicos. Por otro lado, la falta de abastecimiento de agua que sufría Málaga obligó a desviar gran parte del caudal de los manantiales torremolinenses hacia la capital, sentenciando la actividad molendera.

El primer proyecto para la traída de aguas a Málaga se presentó en 1866, firmándose su autorización en 1867 para proceder a la desviación de 116 litros por segundo hacia la capital. Estas obras sufrieron serios problemas y se tuvo que sacar a concurso nuevamente el proyecto. A dicho concurso solo se presentó Don Federico Gros y Crouvés, natural de Paría y de profesión negociante, quien saldó las deudas del plan anterior y consiguió que aprobaran su obra en 1875. Como curiosidad, en este contrato se especificaba que el señor Gros y Crouvés podría hacer uso durante 99 años de las aguas

que sobrantes que no se vendieran a los consumidores. Con este proyecto se iniciaron las obras pertinentes, pero no es hasta 1923 que la traída de aguas se hace definitiva. Se habla de que se desviaban unos 13.130 litros de agua al día, dejando sin el abastecimiento suficiente a los molinos de Torremolinos.



Figura 30 La Tajea: obras realizadas para la conducción de las aguas de los manantiales torremolinenses hasta Málaga.

Se expone a continuación una tabla con las tarifas que se establecieron:

Cantidad de agua	Precio
500 L diarios	62'50 pesetas anuales
1-5 m ³ diarios	125 pesetas anuales por m ³
6-10 m ³ diarios	Los primeros 5 m ³ a 125 pesetas anuales por m ³ , el resto a 100 pesetas anuales cada uno

Tabla 2 Tarifas de arrendamiento de las aguas procedentes de los manantiales torremolinenses

Resulta de interés añadir aquí un extracto del escrito (13) que el ingeniero jefe malagueño encargado del proyecto de expropiación de las aguas en 1923 dirigió al Gobernador civil: *Constituían estos molinos hasta hace algo más de medio siglo un gran elemento de la economía general del país, se encontraban destinados casi exclusivamente a la molienda de cereales. Después, el establecimiento de las grandes fábricas harineras y la natural resistencia, por falta segura de remuneración adecuada, de los dueños de los molinos a la buena conservación y adelantos de los mismos, ha ocasionado que hayan llegado a ser un factor de escasa o nula trascendencia en la*

riqueza de la región: por todo ello, su desaparición completa no podrá acarrear inconveniente sensible alguno para el interés general; en cambio, los riegos servidos por estas aguas son muy útiles y necesarios, para el término de Torremolinos, y el Ayuntamiento de Málaga procede con evidente rectitud, no expropiándolos por ahora al menos mientras no lleguen las nuevas aguas procedentes de los canales en construcción, derivados del pantano del Chorro.

2.5.4 Evolución del municipio

Hasta principios del siglo XX Torremolinos vivió de tres industrias: la pesca, la agropecuaria y los molinos. Entonces la localidad contaba con apenas unos 500 vecinos. Hay que esperar a 1925 para empezar a notar la evolución del Torremolinos más rural hacia una población que acabaría viviendo de su turismo aprovechando su excelente clima y sus playas. En apenas un periodo de tres años (1922-1925) se llevaron a cabo más de 32 construcciones.

En el año 1801 Torremolinos ya se había independizado por vez primera, pero en 1924 la localidad vuelve a anexionarse a Málaga jugando en este proceso un papel fundamental la traída de aguas anteriormente desarrollada (Apartado 2.5.3). El declive de la industria molinera hizo saltar las alarmas y se empezó a pensar que Torremolinos no podría sostenerse por sí solo. La proximidad de las poblaciones y las cada vez mejores comunicaciones entre ambas hicieron el resto. Por mirar solo el presente las autoridades torremolinenses no supieron ver lo que la población podía llegar a ser: una mina de oro turística. En este periodo de anexión la “alejada barriada de Málaga” mantuvo bien llenas las arcas de la capital, que también supo adueñarse de las aguas de sus exuberantes manantiales. Así pues, se debe esperar hasta septiembre de 1988, y tras 9 años de lucha, para que el pueblo recuperase su ansiada independencia.

Como ejemplo de los primeros asentamientos de extranjeros y su fuerte influencia sobre Torremolinos (14) se puede hacer un breve comentario sobre la llegada del comandante George Langworthy, de los Dragoon Guards de la caballería colonial británica a Torremolinos. En 1898 se hizo con las escrituras del conocido como Castillo de Santa Clara, un precioso acantilado que separa las playas del Bajondillo y de La Carihuela. Él y su esposa consiguieron crear una mansión envidiable, cargada de detalles como escaleras de bajada a las playas y exuberantes jardines que la hacían única. Tras la muerte de su esposa el militar se unió al ejército inglés en la Primera Guerra Mundial. En 1930 este inglés convirtió su casa de Torremolinos en un hotel del lujo por razones económicas, El Hotel Santa Clara, pero que siempre sería comúnmente

conocido como El Castillo del Inglés. Se puede decir que este fue de uno de los primeros hoteles del municipio y que George Langworthy acabó convirtiéndose en el padre del turismo torremolinense.



Figura 31 El Castillo del Inglés, Torremolinos en los años 50. Imagen tomada de (15).

Torremolinos creció exponencialmente a partir de la segunda guerra mundial, fechas por las que se llevaron a cabo muchos tipos de construcciones, sobre todo viviendas y hoteles. Fue entonces cuando surgió el primer núcleo de residentes extranjeros, principalmente ingleses y alemanes, que hasta ahora siguen siendo uno de los pilares del municipio. Se convirtió en uno de los destinos costeros más deseados de Andalucía y en los años 80 también empezó a destacar su turismo gay.

Hoy en día la principal fuente de ingresos de la localidad sigue siendo el turismo, donde sin lugar a dudas juega un papel clave su cercanía al potente aeropuerto de Málaga. Se trata de una ciudad marcada por una localización y clima realmente envidiables. Es por esto que muchos jubilados eligen la ciudad como residencia. Precisamente gracias a este interés por convertir a Torremolinos en una ciudad turística se han realizado diversas obras entre las que destaca el Jardín botánico Molino de Inca, proyecto gracias al cual se recuperó este antiguo molino que se expone en este proyecto como gran protagonista.



Figura 32 Vista aérea de La Playa de La Carihuela, Torremolinos. Foto tomada de (15).

2.6 LOS MOLINOS DE TORREMOLINOS

Se hace de nuevo referencia en este apartado al libro titulado *Los molinos de Torremolinos*, escrito por Juan José Palop y que vio la luz en 1970 (12). Este libro fue reeditado en el año 2006 por el Ayuntamiento de Torremolinos. El autor se basó en viejos documentos de arrendamiento y de tipo fiscal para elaborar este pequeño gran tesoro que intenta conservar la historia de esta industria molendera tan olvidada.

2.6.1 Introducción

Se enmarcan temporalmente los años dorados de la industria molinera torremolinense entre 1760 y 1923. Se corresponderían con los primeros datos escritos que se conocen del molino de Inca, recogidos en el testamento de un tal Don Francisco de Cea, y con la traída de aguas definitiva a Málaga.

Como se adelantaba, existen muy pocos datos de aquella época en que los molinos funcionaban a pleno rendimiento. De hecho ni los más ancianos del municipio se ponen de acuerdo en cuanto a situar ciertos molinos. Juan José Palop elaboró una lista de un total de 20 molinos hidráulicos distribuidos a lo largo de un cauce que más adelante se describirá.

Estos molinos harineros eran el medio de vida de casi todas las familias de la población torremolinense. Normalmente era un único matrimonio, el molinero y su mujer, el encargado de cumplir con los trabajos necesarios para sacar

adelante el negocio. Cuando se precisaba ayuda extra se avisaba a lo que entonces se conocía como “tornapeón”, un trabajador que cobraba por horas. Por esta razón lo más habitual era encontrarnos con que el molino estaba dentro de la vivienda de la familia. Las habitaciones solían situarse en una segunda planta, de manera que la planta baja se reservaba a modo de nave de trabajo.

Se ha de tener en cuenta que la molienda de trigo era ininterrumpida, el agua de los manantiales era constante, no existía un grifo que cortar. Las partidas de trigo llegaban al molino acarreadas por mulos y a cualquier hora del día. El proceso de molienda constaba de los siguientes pasos:

- **Recepción del grano**, el cual llegaba en carros movidos por mulos.
- **Lavado del trigo**, el cual se introducía en unos cajones sobre los que se hacía caer agua. Lo que se hacía era remover el trigo con la ayuda de rastrillos y cedazos, para posteriormente abrir dichos cajones y dejar caer los granos en calderetes de hierro.
- **Oreo y secado**, que consistía en colocar dichos recipientes medio día al sol.
- **Abastecimiento de las torvas**. Una vez el grano estuviese seco el trigo se vertía en el propio molino, concretamente en una de sus partes denominada torva.
- **Almacenamiento del producto de la molienda en sacas**. Para obtener la harina no era suficiente con moler el grano, requería de más elaboración. Este trabajo se podía realizar en el propio caserío del molino o en algún cortijo cercano.

Al no existir horas de trabajo definibles los beneficios se contaban por kilos de grano molidos. Existían dos formas de pagar al molinero: una era pagar el trigo triturado y la segunda se conocía como “maquila”, y consistía en cambiar el grano recién molido por harina ya elaborada, que más tarde el molinero se encargaba de vender. La maquila podía variar según la zona donde se localizara el molino y también según la época del año. Los beneficios que podía obtener un molinero común de su trabajo aparecen en el siguiente cuadro (11):

Lugar	Estiaje ¹³		Lluvias	
Cabanes	1/16	6'25%	1/16	6'25%
Baeza	1/15	6'66%	1/20	5'00%
Béjar	1/15	6'66%	1/20	5'00%
Soria	1/12	8'33%	1/18	5'55%
Cáceres	1/12	8'33%	1/16	6'25%
México	1/10	10'00%	1/12	8'33%
Salamanca	1/16	6'25%	1/20	5'00%
Vizcaya	5/92	5'43%	5/92	5'43%
Valladolid	1/10	10'00%	1/12	8'33%

Tabla 3 Resumen de las maquilas que se pagaban en distintas poblaciones de España.

2.6.2 Manantiales

Estos molinos jamás habrían existido sin contar con el agua como fuerza motriz. Ésta brotaba entonces, y lo sigue haciendo en la actualidad, de forma natural de los manantiales de Torremolinos a través de sus macizos de calizas. La constitución calcárea de Torremolinos y de su sierra, unificada a la de Mijas, es un gran macizo de calizas dolomíticas, que pertenece al Sistema Penibético, que actúa como una enorme esponja de agua inagotable.

Los manantiales conocidos más importantes son los que siguen:

- La Cueva
- Albercón del Rey, que originalmente se llamaba Manantial del Albercón, pero que tomó este nombre tras la visita de Alfonso XIII en 1926
- La Pellejera
- San José
- Senda del Pilar

Históricamente estos manantiales abastecían de agua potable a la población siendo el de La Cueva el que alimentaba el cauce del que se servían los molinos que más adelante se enumerarán. El recorrido de estos manantiales cambió drásticamente con la expropiación forzosa de las aguas que se desviaron a la capital. Hoy en día el caudal de los manantiales ha decrecido considerablemente, siendo necesario el uso de bombas para extraer agua de ellos donde antaño bosaba abundantemente.

¹³ Época del año en que el caudal de un río, laguna o manantial es mínimo a razón de la sequía.

2.6.3 Localización y descripción de los molinos

En este apartado se va a proceder a enumerar y describir cada uno de los molinos que convivieron con el molino de Inca, haciendo un total de 20. Esta lista, como ya se adelantaba, fue elaborada por Palop (12). Se ha reeditado un mapa de la distribución de los mismos a lo largo del cauce principal, comúnmente conocido como “Cau”, que nacía en el manantial de La Cueva.



Figura 33 Mapa de la distribución de los molinos de Torremolinos por el municipio.

- | | | | | |
|-------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 1 Molino de Inca | 5 Molino del Moro | 9 Molino del Malleo | 13 Molino de La Glorieta | 17 Molino del Caracol |
|-------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|------------------------------|

2 Molino de La Molina	6 Molino del Molinillo	10 Molino del Rosario	14 Molino EL Nuevo	18 Molino de la Cruz
3 Molino del Batán	7 Molino de Manojas	11 Molino de La Torre	15 Molino de La Esperanza	19 Molino del Peligro
4 Molino de Cea	8 Molino del Castillo	12 Molino de La Bóveda	16 Molino del Pato	20 Molino del Pantriste

■ Molinos cuyo caserío sigue en pie hoy día. De todos ellos, el molino de Inca es el único que conserva su maquinaria

■ Molinos ya desaparecidos por completo

Como se puede comprobar en la Figura 33, existen dos núcleos importantes: uno en la zona de los manantiales junto al Jardín Botánico y el segundo en la zona del Bajondillo. Sobre todo en este último se concentran hasta doce inventos, por ello se va a añadir una imagen ampliada de la zona en la Figura 34. Esta concentración de molinos se explica por la elevada pendiente natural del terreno de la zona. Se debe tener en cuenta que la costa malacitana se caracteriza por tener zonas montañosas de considerable altitud muy cerca del mar. Esto conlleva que exista una considerable pendiente, acentuándose ésta en los alrededores de la costa. Este hecho facilitaba la construcción de los cubos de los molinos, convirtiéndose en un lugar clave para la historia de la molinería en el municipio.

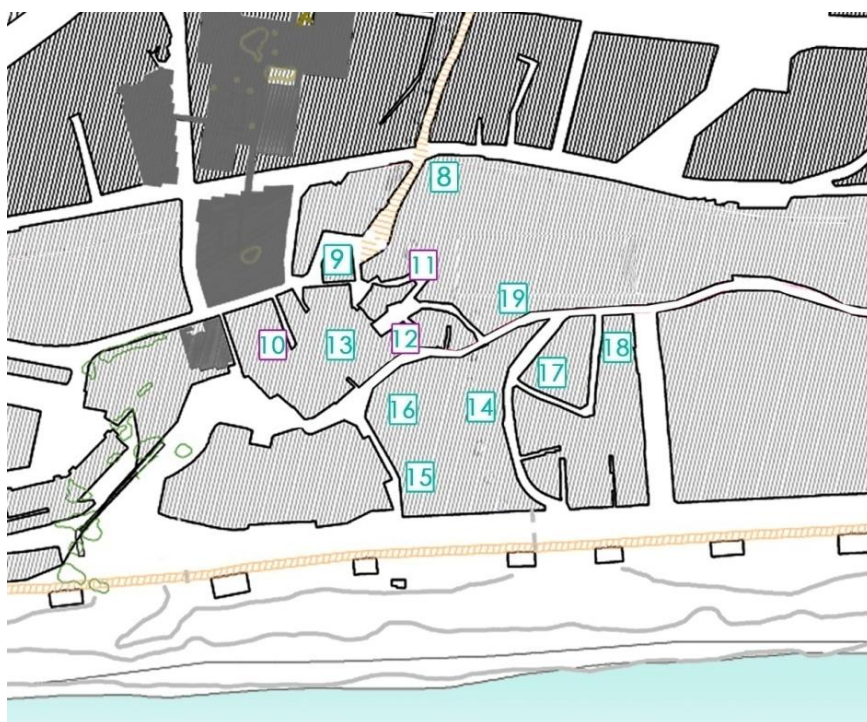


Figura 34 Localización de los molinos situados en la zona del Bajondillo de Torremolinos.

Por su localización, destaca el molino del Pantriste, muy alejado del cauce principal y aparentemente aislado, pero que cuenta con un gran valor, como ya se descubrirá en el Apartado 2.6.3.20.

El Cau contaba con un recorrido de 2 kilómetros, desde su nacimiento en el manantial de La Cueva (a una cota de 200 metros) hasta que descargara sus aguas en la playa del Bajondillo. Este caudal pasaba por la que hoy se conoce como avenida de los Manantiales y, a continuación, por la conocidísima calle San Miguel. Numerosas cascadas con caídas de hasta doce metros de altura decoraban las calles gracias a un abundante caudal, con una media de 6.000 metros cúbicos diarios. Pero este cauce no era del todo natural, ya que llegados al molino de La Torre se realizaron algunas obras de mampostería, denominadas “cáncamos”, que permitieron dirigir las aguas hacia los molinos que le seguían. Esta modificación beneficiaba al funcionamiento de los molinos de La Bóveda, de La Glorieta y El Nuevo.

A continuación se va a realizar una descripción más exhaustiva de cada uno de los molinos que fueron participes de la industria molinera torremolinense. Se ha estructurado la información respondiendo a seis puntos clave: número de paradas, tipo de molienda, localización, expediente de expropiación, estado del molino en 1970 y estado actual. Los expedientes que se redactaron de cara a la expropiación forzosa de las aguas para llevarlas a Málaga en el año 1923 resultan de gran interés porque contienen muchos datos de interés técnico.

El último apartado de este punto se corresponde con una tabla que pretende resumir unas características de interés de los molinos con el objeto de comprarlos.

2.6.3.1 Molino de Inca

Curiosamente es de los molinos más antiguos y el único conservado hoy en día, aunque con numerosas transformaciones. Este molino contaba y cuenta con dos paradas y desde sus inicios se usó para la obtención de harina.

Como se puede apreciar en la Figura 33 el molino se sitúa en la zona de los manantiales, muy cerca del nacimiento del manantial de la Cueva, y comparte zona con el Molino de Batán y de Cea.

Propietario:	Eduardo Nogales
Características:	Una parada movida por rodezno
Superficie de la finca:	237'76 m ²

Tabla 4 Ficha técnica del molino de Inca según el expediente de 1923.

Se entiende que la diferencia entre el número de paradas nominales del molino y las recogidas en la ficha del expediente de 1923 se debe a que por aquel entonces el molino habría visto sustancialmente mermada su actividad.

Durante sus últimas moliendas, el molino era propiedad de los señores Cabrera, y el molinero encargado de realizar todas las labores fue el señor Zaragoza, coloquialmente conocido como “El ventanero”.



Figura 35 El molino de Inca en sus años de actividad.

Hasta 1970 el caserío de este molino se conservó en pie, pero se habían deshecho de toda la maquinaria a excepción de un único maestrén. El molino de Inca se encuentra felizmente reformado, en el Apartado 2.7 se comentará con más detalle su estado actual.



Figura 36 El molino de Inca hoy, foto del año 2016.

2.6.3.2 Molino de La Molina

Es el molino del que se tiene menos información, ya que parece ser que desapareció con la primera acometida de la traída de aguas a Málaga en el año 1876. Se sabe que fue uno de los primeros molinos harineros y que debía su actividad a las aguas del manantial del Albercón para después redirigirlas al Molino de Batán. Existe la teoría según escribe Juan José Palop en su libro de *que el molino de La Molina fuese en cierto modo una parte integrante del molino de Inca*.

2.6.3.3 Molino del Batán

Se trataba de un molino también harinero pero de una sola parada. Se alimentaba tanto de las aguas que le aportaba el molino de La Molina como de las del molino de Inca. El caserío de este molino contaba con dos plantas, un desván, una azotea y una terraza lateral.

Este molino estaba situado en la misma zona que los dos mencionados anteriormente, igualmente cerca del nacimiento de La cueva.

Propietario:	Fernando C. Bassy de Valdivia
Características:	molino desmontado
Superficie de la finca:	3.181'80 m ²

Tabla 5 Ficha técnica del molino del Batán según el expediente de 1923.



Figura 37 El molino del Batán en sus años de actividad.

En 1970 lo que quedaba del molino del Batán era su caserío, que se arrendaba a familias de trabajadores. En el año 2004 la finca de este viejo molino fue felizmente restaurada, convirtiéndose en un complejo de lujo gracias a sus dos grandes atractivos: los llamativos jardines y la restauración de su viejo caserío. Se ha usado durante varios años para la celebración de eventos como bodas, comuniones, conciertos o fiestas temáticas. A finales de 2015 el complejo Molino de Batán cerró sus puertas, pero se espera que solo sea una pequeña pausa de su actividad.



Figura 38 El molino de Batán, año 2008. Fotografía tomada de (16).

Debe su nombre a una especie de molino primitivo llamados “batán”, que la RAE define como *máquina generalmente hidráulica, compuesta de gruesos mazos de madera, movidos por un eje, para golpear, desengrasar y enfurtir los*

paños. Los batanes que entonces se usaban se servían de la fuerza motriz del agua para mover sus ejes.



Figura 39 Maqueta de un antiguo molino de batanes, imagen tomada del museo del Jardín botánico molino de Inca.

A modo de curiosidad se va a hacer un último apunte en este apartado sobre los tres molinos arriba descritos. Se vendieron en 1880 por los siguientes precios 17.526, 4.750 y 2.000 ptas. respectivamente. Contaron con diversos dueños desde 1880 hasta 1924, por ello se han recogido tales datos en la siguiente tabla:

	Molino de Inca y La Molina	Molino del Batán
1883	Don José García del Pino	
1883	Rafael del Pino y Viales	Don José García del Pino
1885	José Benítez Gómez	Don José García del Pino
1924	Manuela Gómez Gómez	Don José García del Pino

Tabla 6 Resumen de los dueños de los tres molinos situados en la zona de los manantiales desde 1883 a 1924.

2.6.3.4 Molino de Cea

Se trataba de un molino harinero de dos paradas que contaba con dos plantas. Se cree que fue de los últimos en cesar su actividad molendera. Estaba localizado en la zona de los manantiales, pero un poco más alejado de los tres ya mencionados, en dirección Norte.

Propietario:	Sociedad Azucarera Larios
Características:	Dos paradas movidas por rodezno
Superficie de la finca:	225'20 m ²

Tabla 7 Ficha técnica del Molino de Cea según el expediente de 1923.

En el año 1970 el caserío de este molino seguía en pie, conservando el estado que tenía antes de su cierre. Por aquel entonces estaba en manos de Alicia Petersen Garret. Hoy en día no queda nada de este molino, incluso su caserío fue derruido.



Figura 40 El molino de Cea tras el cese de su actividad, en estado de abandono.

2.6.3.5 Molino del Moro

Junto con el molino de Inca se cree que fue uno de los primeros en tenerse referencias escritas de su existencia. Como contrapartida, también fue uno de los primeros en dejar de moler. Éste era un molino de tres paradas, de las cuales dos de ellas estaban movidas por rodezno y la tercera por rueda hidráulica.

Contaba con un caserío especialmente grande con cuatro plantas según detalla Palop en su obra: *planta baja –donde se encontraba la industria–, principal, segunda y cámara*. Localizado en los que hoy sería la avenida de Sorolla y aledaños, ya fuera de la zona de los manantiales.

Propietario:	Herederos del Conde del Peñón de la Vega
Características:	Tres paradas, dos con rodezno y una de rueda hidráulica
Superficie de la finca:	–

Tabla 8 Ficha técnica del molino del Moro según el expediente de 1923.



Figura 41 El molino del Moro en sus últimos años cuando ya se dedicaba a la molienda de mineral.

Para el año 1970 se conservaba el caserío para alojar a personas necesitadas pero no quedaba ni rastro de la industria, como solía ser habitual. Hoy en día no quedan vestigios de este suntuoso molino.

2.6.3.6 Molino del Molinillo

Aunque en sus inicios fuese un molino harinero, en su etapa final este molino se dedicaba a la molienda de sal, contando en cualquier caso con una única parada. Estaba situado cerca del molino del Moro, en lo que hoy sería el final de la avenida de los Manantiales.

Propietario: | Ascensión Mora, viuda de Ramírez
Características: | Una parada con rodezno

Superficie de la finca: | 227'84 m²

Tabla 9 Ficha técnica del molino del Molinillo según el expediente de 1923.

Por el año 1970 se conservaba el caserío en las mismas condiciones que antaño a modo de vivienda de arrendamiento, pero no quedaban rastros de la maquinaria. A día de hoy el caserío también ha desaparecido.



Figura 42 El molino del Molinillo en sus últimos años.

2.6.3.7 Molino de Manojas

Este molino de dos paradas fue harinero hasta que se vio salpicado por un sonoro crimen. La historia la cuenta Palop como sigue en su libro (17): *el carrero, llamado por cierto José, realizó un viaje hasta cerca de Antequera en busca de grano; próximo a su destino, en una venta, montó a un hombre que alegaba un gran dolor de muelas [...]. El improvisado viajero la emprendió a puñaladas con el carrero, que falleció a consecuencia de las heridas.*

Después de aquello el molino pasó a dedicarse a la molienda de lentejas asociado a la fábrica malagueña del Ceregumil. Estaba situado en el punto de encuentro de la Plaza Costa del Sol con la calle San Miguel.

Se cree que fue el último molino en mantenerse en funcionamiento hasta la traída definitiva de las aguas a Málaga. Pese a esto, no consta en el expediente al que se ha estado haciendo referencia en los apartados anteriores.



Figura 43 Molino de Manojas en el siglo XIX.

Es sabido que su caserío contaba con dos amplias plantas. En la fecha en que se redactó el libro de Palop, 1970, se conservaba de su gran caserío sola su estructura externa.

Esta fachada sigue en pie hoy en día y alberga el conocidísimo Bar Jerez y un par de establecimientos más. La plaza Costa del Sol ha sido recientemente peatonalizada, siendo hasta hace unos meses parte de lo que antaño se conocía como la carretera de Cádiz.



Figura 44 Fachada del antiquísimo molino de Manojas. Foto del año 2016.

2.6.3.8 Molino del Castillo

Existen muy pocos datos de este molino, probablemente porque fue uno de los primeros en cesar con su actividad. Por esta razón no se tienen datos

fiables de sus paradas ni del tipo de molienda, aunque lo más probable es que fuese un molino harinero. En el mapa de la Figura 33 se comprueba que estaba situado al final de la calle San Miguel.

Propietario:	Antonio Girón Girón
Características:	Caserío usado para labores de carpintería
Superficie de la finca:	722'27 m ²

Tabla 10 Ficha técnica del molino del Castillo según el expediente de 1923.

Ya para la fecha de la expropiación de las aguas la maquinaria de este molino se había perdido. Para el año 1970 no quedaba ningún resto del molino, ni tan siquiera su caserío.

2.6.3.9 Molino del Malleo

Se trataba de un molino harinero de dos paradas, ambas movidas por rodezno. Estaba situado en lo que hoy se sigue conociendo como la plaza San Miguel, junto a la Parroquia de San Miguel. Tenía un caserío de dos amplias plantas que hacía las veces de fábrica de harina y panadería.

Propietario:	Luís Segalerva Spotorno
Características:	Dos paradas movidas por rodezno
Superficie de la finca:	496'27 m ²

Tabla 11 Ficha técnica del molino del Malleo según el expediente de 1923.

En las últimas escrituras del molino dejó de hacerse referencia a la maquinaria ni tampoco del caserío. Se había demolido todo para poder vender el solar, ya que su emplazamiento tenía y tiene mucho valor. Para 1970 no quedaba ningún atisbo de este viejo molino y ya se habían realizado numerosas construcciones en su lugar.

2.6.3.10 Molino del Rosario

Este molino harinero, cuyo caserío contaba con dos plantas, estaba adosado a la Torre del Pimentel.

Propietario:	María Teresa Bolín de la Cámara
Características:	Molino desmontado
Superficie de la finca:	177'61 m ²

Tabla 12 Ficha técnica del molino del Rosario según el expediente de 1923.

En la ficha adjunta en la Tabla 12 ya se hace referencia a que el molino estaba desmontado, esto se debió a que su último molinero, Adolfo Manojas, fue agraciado con un premio en la lotería nacional y dejó de trabajar.

En el año 1970 su caserío seguía conservándose sin grandes modificaciones a modo de apartamentos de alquiler.



Figura 45 Fachada del molino del Rosario en el año 1970. Imagen tomada de (12).

Hoy en día se conserva en pie el pequeño caserío de este molino, aun adosado a la ya mencionada Torre de los Pimenteles.

2.6.3.11 Molino de La Torre

Molino harinero de tres paradas, de las cuales dos se movían por rodezno-turbina y la tercera por rodezno-cuchara. Se situaba al final de la calle San Miguel, muy cerca de la Torre del Pimentel.

Propietario:	María Teresa Bolín de la Cámara
Características:	Tres paradas
Superficie de la finca:	707'76 m ²

Tabla 13 Ficha técnica del molino de La Torre según el expediente de 1923.

Este molino no contaba con vivienda, y su caserío quedó reutilizado a modo de restaurante, el cual hoy en día sigue en activo.



Figura 46 Bodega el Marqués, emplazada en el viejo molino de La Torre. Foto del año 2016.

2.6.3.12 Molino de La Bóveda

Se trataba de un molino originalmente harinero de dos paras, de las cuales una era movida con rodezno y la otra con turbina. Acabaría moliendo mineral y piedra durante sus últimos años de actividad. Su caserío era uno de los de mayores dimensiones. Estaba situado en lo que hoy sigue siendo la Cuesta del Tajo, un camino de gran pendiente que se acondicionó con escaleras para bajar hasta la playa. Recibía las aguas de otros 4 molinos y era uno de los molinos con mayor actividad del sector.

Propietario:	José Bertuchi Criado
Características:	Dos paradas
Superficie de la finca:	458'80 m ²

Tabla 14 Ficha técnica del molino de La Bóveda según el expediente de 1923.

Para el año 1970 el caserón de este molino se conservaba intacto, aunque no a penas se guardaba una piedra solera en su patio interior en referencia a la maquinaria. En dicho año la finca se encontraba en venta.

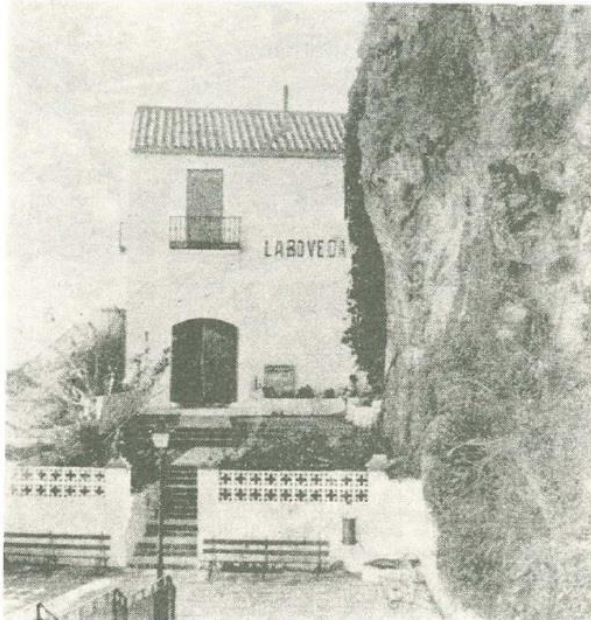


Figura 47 Molino de la Bóveda en 1970.
Imagen tomada de (12).



Figura 48 Molino de la bóveda en la
actualidad, año 2016.

Como se puede apreciar en la Figura 48, el caserío del molino se sigue conservando hoy en día.

2.6.3.13 Molino de La Glorieta

Situado entre otros tres molinos, era uno de los más pequeños de la lista. Aunque fue un molino harinero, no se cuenta con información acerca del número de paradas con la que contaba.

Propietario:	Ana Pacheco Leal
Características:	Industria desmontada
Superficie de la finca:	97'20 m ²

Tabla 15 Ficha técnica del molino de La Glorieta según el expediente de 1923.

Para el año de la expropiación de las aguas este molino ya había dejado de funcionar y su caserío se usaba a modo de viviendas de alquiler. En 1970 el edificio se seguía conservando, siendo propiedad de una familia inglesa a modo de residencia de verano.

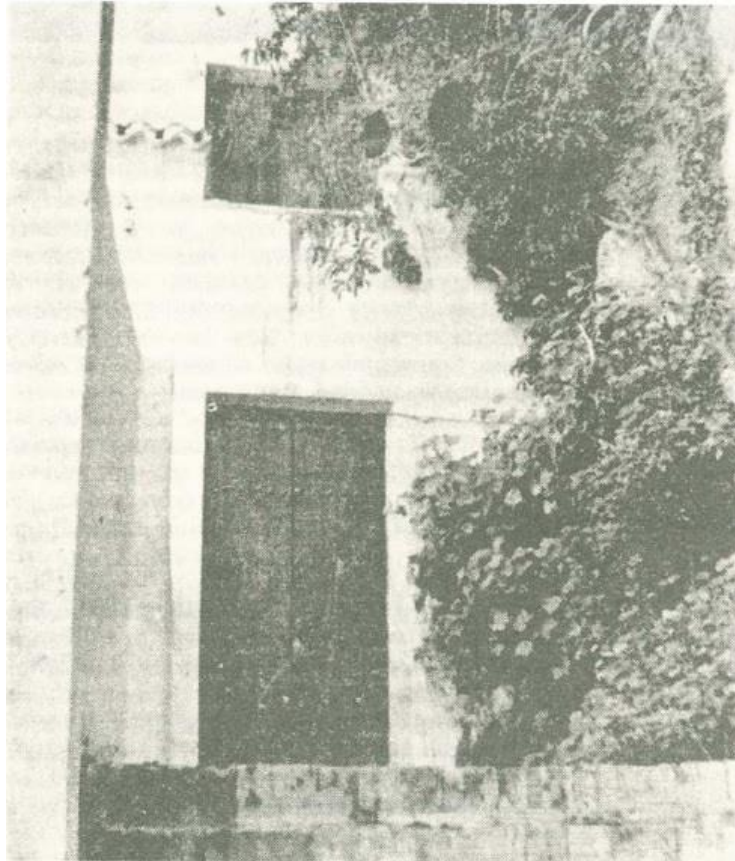


Figura 49 Puerta de entrada al molino de La Glorieta, foto de 1970 tomada de (12).

2.6.3.14 Molino EL Nuevo

A la hora de describir este molino se encuentran dos fuentes de información que distan considerablemente en contenido una de la otra. La primera es su ficha del expediente de 1923 y la segunda su última escritura de propiedad (1963). Se añade a continuación una tabla comparativa de las características que proceden:

	Expediente 1923	Escritura 1963
Superficie de la finca	304'31 m ²	985'70 m ²
Paradas	1	3
Otros	Dos saltos de agua: 5'20 m y 16'68 m Dos caudales distintos: 25'75 l/s y 30'25 l/s	Precio total de la compra del molino en 1963: 51.750 pesetas

Tabla 16 Cuadro comparativo de la información encontrada sobre el molino El Nuevo.

En el año 1970 este molino conservaba su estructura básica aunque con numerosas reformas, sobre todo en su planta alta, para acondicionarlo como apartamentos de alquiler. De la maquinaria solo se puede asegurar que se conservaron algunas piezas a modo de elementos decorativos.



Figura 50 Molino El Nuevo en los últimos años en los que se mantuvo activo.

Para 1970 ya no quedaban restos del caserío de este molino. Pese a ello, puede ser localizado porque al menos parte del terreno que ocupara este molino fue sustituido por la Pensión Micaela, que debe su nombre a una mujer muy conocida en el municipio y que nació en dicho molino.



Figura 51 Pensión Micaela en la actualidad, año 2016.

2.6.3.15 Molino de La Esperanza

Este molino dedicó sus últimos años a la molturación de minerales. Contaba con dos paradas: la primera de rueda hidráulica y la segunda de rodezno. Se situaba en lo que hoy sigue siendo la calle de Los Molinos, rodeados por otros molinos de la lista como son el del Caracol, el molino del pato y El Nuevo.

Propietario:	Ana Leal Pacheco
Características:	Dos paradas
Superficie de la finca:	100'82 m ²

Tabla 17 Ficha técnica del Molino de La Esperanza según el expediente de 1923.

Para el año 1970 apenas quedaba algún atisbo de la industria, como una piedra solera incrustada en el suelo de lo que fuera un almacén y un par de cáncamos. Como solía ser habitual, el caserío se habilitó para convertirlo en viviendas de alquiler.



Figura 52 Fachada exterior del Molino de la Esperanza, imagen tomada de (12).

2.6.3.16 Molino del Pato

Se trataba de un molino también harinero, pero para el año de la llevada definitiva de aguas a Málaga ya se encontraba desmontado y no se especifica cuantas paradas tenía. Situado en esa conglomeración de molinos que representaba la zona del Bajondillo de Torremolinos, éste que nos ocupa era vecino del molino del Caracol y del de La Esperanza.

Propietario:	Pedro Mirasol
Características:	Desmontado
Superficie de la finca:	260'96 m ²

Tabla 18 Ficha técnica del Molino del Pato según el expediente de 1923.

Para el año de edición del libro de Palop, 1970, se conservaba el caserío de dos plantes aunque con sustanciales modificaciones como la sustitución del

tejado original por una azotea. Como era habitual, se usaba a modo de vivienda temporal para veraneantes.

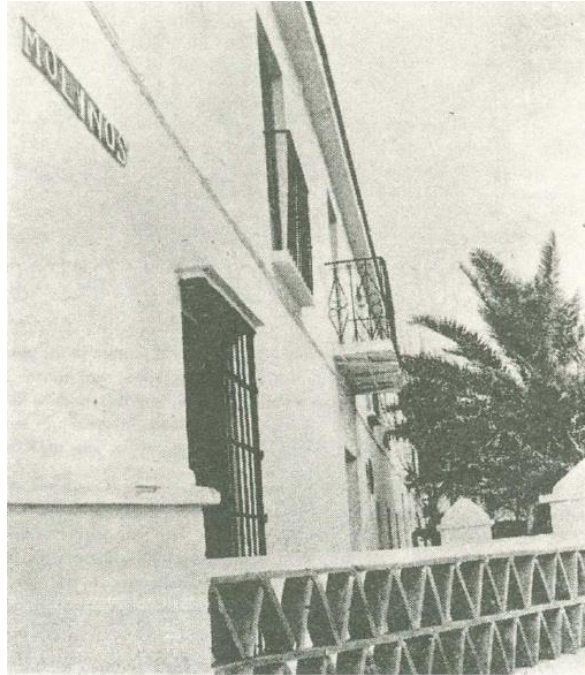


Figura 53 Molino del pato. Imagen tomada de (12).

2.6.3.17 Molino del Caracol

Se dedicó a la molienda de harina y ocupaba el último número de la calle de Los Molinos. Situado en las proximidades del molino de La Esperanza y del Pato.

Propietario:	Pedro Mirasol
Características:	Desmontado
Superficie de la finca:	185'24 m ²

Tabla 19 Ficha técnica del Molino del Caracol según el expediente de 1923.

En el año 1970 quedaba algún resto de la industria a modo de decoración. Como era habitual, el caserío de dos plantes se rehabilitó para dividirlo en varios apartamentos que por aquel entonces se alquilaban con precios de 35 a 40 pesetas mensuales.



Figura 54 El molino del Caracol a principios del siglo XIX.

El caserío de este molino se echó abajo para usar su terreno para nuevas construcciones.

2.6.3.18 Molino de la Cruz

Este molino tenía una única parada movida por rodezno. A lo largo de vida útil se usó para moler diferentes materias primas: en sus inicios fue harinero, durante un largo periodo estuvo moliendo “jaboncilla”, un preparado para la pintura, y en sus últimos años se dedicó a la molienda de piedra. Se situaba en la intersección de lo que hoy siguen siendo las calles Bajondillo y calle del Peligro.

Propietario:	José Aguado Ojeda
Características:	Una parada movida por rodezno
Superficie de la finca:	621'46 m ²

Tabla 20 Ficha técnica del Molino de La Cruz según el expediente de 1923.

El caserío de este molino, de dos amplias plantas, era un tanto especial porque también contaba con una pequeña torre. Para el año 1970 del caserío solo se conservaba la base estructural, aunque si se conservaba la torre que había sido acondicionada con una escalera de caracol, a través de la cual se podía subir al apartamento del que entonces era su propietario.



Figura 55 Molino de la Cruz. Imagen tomada de (12).

2.6.3.19 Molino del Peligro

Se trataba de un molino harinero cuyo caserío solo contaba con una planta aunque muy amplia. Situado en la calle que hoy conserva su nombre en su linde con la playa del Bajondillo, debe su nombre a que, por su localización, sufría mucho las tempestades marítimas.

Propietario:	Dolores Martín Domínguez
Características:	Desmontado
Superficie de la finca:	378'83 m ²

Tabla 21 Ficha técnica del Molino del Peligro según el expediente de 1923.

Para el año de la expropiación de las aguas el molino ya había pasado a utilizarse como viviendas de alquiler. En 1970 su solar fue reutilizado para construir chalets.

2.6.3.20 Molino del Pantriste

Se considera que este último molino debía entrar en la lista al ser uno de los molinos más primitivos. Tan es así que en la primera traída de aguas a Málaga en el año 1876 ya no quedaban restos de la industria. Pero entonces si se conservaba su caserío y siguió siendo así tras la construcción de la

famosa Carretera de Cádiz, que contaba con una curva cuyo única razón era la de evitar la demolición del ya mencionado caserío.

No se conoce con certeza el recorrido que seguían de las aguas que alimentaban este molino desde los nacimientos de los manantiales. Se cree que se trataba de una construcción y que no era un cauce natural, llamado el canal Larramendi. Por otro lado, se cree que esa costosa construcción se debía a la necesidad de regar las zonas adyacentes al molino y no como medio para alimentarlo, ya que estaba muy aislado del resto.

2.6.3.21 Tabla comparativa-resumen de los molinos

Las características que se recogen en la siguiente tabla son: el número de paradas, el caudal de agua con el que se alimentaban, la altura de los saltos de agua que tenían y cuánto se pagaba de contribución por ellos anualmente.

Nombre	Paradas	Caudal [l/s]	Salto de agua [m]	Contribución [ptas./año]
Molino de Inca	2	22	5'11	24'30
Molino de la Molina	1	-	-	-
Molino del Batán	1	36	4'46	121'50
Molino de Cea	2	122	2'68	25'32
Molino del Moro	3	122	4'44	199'23
Molino del Molinillo	1	122	1'13	21'60
Molino de Manojas	2	-	-	-
Molino del Castillo	-	122	3'38	68'04
Molino del Malleo	2	122	4'06	86'83
Molino del Rosario		67	7'11	23'76
Molino de La Torre	3	51'50	7'44	78'14
Molino de La Bóveda	-	122	11'2	30'39
Molino de La Glorieta	-	25'75	7'46	10'80
Molino El Nuevo	1 3	25'75 30'25	5'20 16'68	-
Molino de La Esperanza	1	30'25	12'56	27'70
Molino del Pato	-	30'25	3'96	25'92
Molino del Caracol	-	30,25	5,38	10'80
Molino de La Cruz	1	122	6'54	52'90
Molino del Peligro	-	122	1'19	15'12

Tabla 22 Resumen de algunas características de los molinos torremolinenses.

Se añade a continuación una tabla con el tipo de molienda a la que se dedicaron los molinos que aun seguían en activo el año de la traída de aguas a Málaga.

Molino de Cea Molino del Malleo Molino de la Torre Molino El Nuevo	Molienda de trigo
Molino del Moro Molino de La Bóveda Molino de La Esperanza	Mineral de hierro y piedra
Molino del Molinillo	Molienda de sal
Molino de Manojas	Molienda de lentejas
Molino de Inca	Viviendas de recreo

Tabla 23 Tipo de molienda de los molinos que siguieron activos hasta 1923.

Los molinos que no aparecen en la tabla anterior se encontraban ya desmontados y son los siguientes: molino del Batán, del Castillo, del rosario, de La Glorieta, del Pato, del Caracol y del Peligro.

2.7 EL MOLINO DE INCA HOY

Se habla en este apartado del proceso de reconstrucción del molino de Inca llevado a cabo por el Ayuntamiento de Torremolinos (8). Este proyecto empezó en 1985 con una serie de actuaciones previas debidas al mal estado de conservación de antiguo edificio y concluyó en el 2003. Así mismo, se añade unas líneas que intentan dar una idea del estado actual del molino, enmarcado en el Jardín Botánico Municipal Molino de Inca, que cuenta con un espacio de unos 40.000 metros cuadrados en la zona de los manantiales de Torremolinos.

2.7.1 Proyecto de rehabilitación del molino de Inca

Cabe destacar que se impuso como condición para la realización de este proyecto que todos los trabajadores participantes debían ser personal municipal, hasta el límite de lo posible, ya que surgieron ciertas tareas que requerían una maquinaria muy específica. En esta línea, formaron parte del proyecto todo tipo de profesionales de distintos sectores: carpinteros, albañiles, herreros, fontaneros, electricistas, pintores y canteros.

En el estudio preliminar se descubrió el emplazamiento original del molino, así como el sistema de canales, toberas, cubos, bóvedas y acequias existentes durante la época en la que el molino estuvo funcionando. Así mismo, se reconstruyó la distribución original de interior y exterior del mismo, descubriendo los canales de agua de entrada y salida, gracias a los vestigios existentes.

A través de los datos sacados del estudio ya mencionado y la investigación sobre documentos históricos se establecieron como válidas las siguientes características para el molino:

- Molino harinero hidráulico
- Dos paradas movidas por rodezno
- Salto de agua de 5'11 m
- Caudal de 22 l/s

Pero en las medidas que más tarde se tomaron el salto era de 4'08 m, lo que seguramente es debido a que en el momento de determinar la altura del salto tuvieron en cuenta la cota del nacimiento del manantial en vez de la cota de la boca de los cubos.

El proyecto definitivo de restauración se inició en 1994, una vez que se aseguró la estabilidad del edificio. Éste contaba con dos plantas y los muros eran de fábrica de mampostería bastarda con mezcla de ladrillería y piedra, formada con un mortero de cal y barro.

El resultado del proceso de restauración fue conseguir revivir esos viejos molinos que antaño supusieron tanto para los habitantes de Torremolinos.



Figura 56 Molino de Inca felizmente restaurado, foto de 2016.

Pero esta rehabilitación solo era una de las piezas del gran proyecto que llevó a cabo el ayuntamiento para abrir al público un majestuoso jardín botánico del que se hablará más adelante [Apartado 2.5.3].

Se muestran a continuación una serie de fotografías tomadas durante el proceso de restauración.



Figura 57 Recogida de la madera verde para la fabricación del rodezno. Foto tomada de (8).



Figura 58 Acoplamiento de las cucharas del rodezno. Foto tomada de (8).



Figura 59 Rodezno ya terminado listo para su colocación. Foto tomada de (8).



Figura 60 Colocación de la solera. Foto tomada de (8).

Lo más importante de este proceso es que a día de hoy este molino funciona tal y como lo hacía en los años en los que la industria molinera torremolinense estaba en activo. Frecuentemente se pone en marcha para completar la experiencia molinera de sus visitantes.

Para conseguir esto durante el proceso de reconstrucción se diseñó un sistema que dotara del agua suficiente al mecanismo del molino, ya que por aquel entonces el nacimiento del manantial no alumbraba agua alguna. Se creó un sistema de bombeo que extrae agua del manantial. Ésta va a parar a un pequeño embalse al pie del mismo, para después seguir un circuito cerrado que desemboca en las paradas del molino.

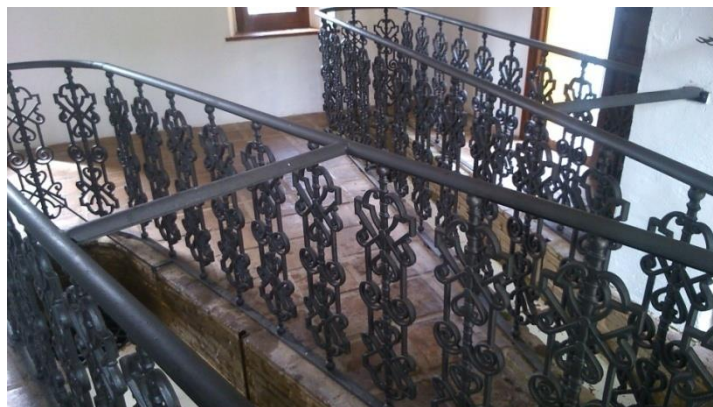


Figura 61 Fotografía de las dos paradas en que se divide el cauce principal que llega al molino de Inca, situados en la planta alta del caserío.

2.7.2 El caserío del molino de Inca

Adicionalmente, el complejo del Jardín botánico Molino de Inca cuenta con un pequeño museo dedicado a la industria molinera. Éste se sitúa en el caserío del molino, el cual cuenta con dos plantas.

La planta baja está dividida en dos habitaciones. A la entrada de la primera de ellas se encuentra una amplia colección de las herramientas típicas que usaban los molineros de la época, así como algunas piezas originales de este y otros molinos. Al fondo de esta sala está dispuesta toda la maquinaria de las dos paradas del molino.

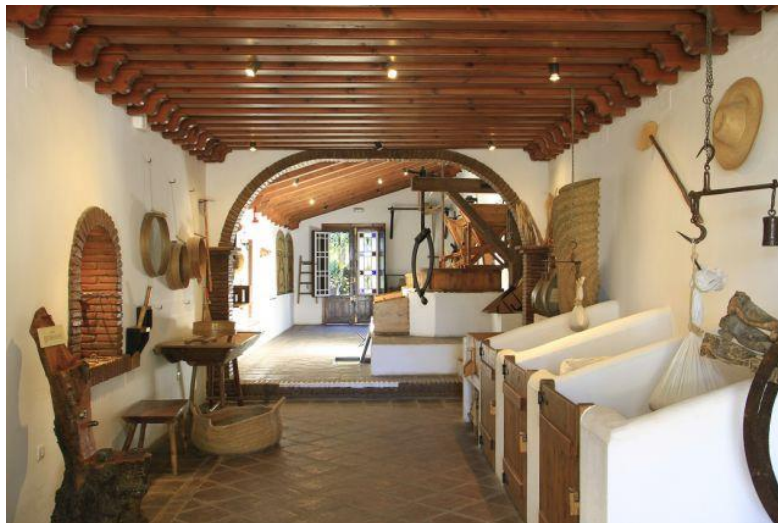


Figura 62 Sala primera de la planta baja del caserío del molino de Inca. Imagen tomada de (18).

En la segunda sala de la planta baja se encuentra una colección de maquetas de molinos. Gracias a ellas los visitantes pueden hacer un recorrido por la historia de la industria molinera, ya que se presentan desde los modelos más primitivos (movidos por mulos) hasta alguna réplica del molino harinero hidráulico que nos ocupa. En esta misma sala se exponen las fotos que se mostraron en el punto anterior (Apartado 2.7.1) sobre el proyecto de rehabilitación. Al fondo de esta sala se encuentran las escaleras que se dirigen a la planta superior.

Una de las habitaciones de la planta segunda está abierta al exterior y se puede ver el recorrido que siguen las acequias hasta descargar el agua en los dos cubos (se trata de un molino de dos paradas) de sección circular. En la habitación contigua se guarda mobiliario que, según cuenta la leyenda, constituyó la habitación en la que se hospedó el rey Alfonso XIII durante su visita en 1926. Incluso se conserva una bañera en la que supuestamente se bañó la reina Victoria Eugenia. Lo cierto es que solo existen pruebas de que

fuese el Rey Alfonso XIII el que hiciera una breve visita a este complejo en el citado año.

2.7.3 Jardín botánico Molino de Inca

Este jardín botánico (19) cuenta con más de 400 especies entre árboles y arbustos y más de 70 palmeras tropicales, así como el gran atractivo que suponen los árboles centenarios como la araucaria, de más de 50 metros de altura, el eucalipto, algarrobo o el nogal, entre otros. En el jardín conviven un total de doce especies de aves diferentes, como búhos, halcones, águilas, guacamayos, entre otras. Algunas son ejemplares únicos en la península.

El Jardín Botánico ofrece miradores orientados a las distintas áreas en las que se divide, como son el área tropical, boscosa y frutal. El agua juega un papel importante en este entorno gracias al Albercón del Rey, el manantial de La Cueva y los estanques situados en el centro de la zona tropical y rodeados por 56 especies de árboles palmíferos de distintas partes del mundo. Las cuatro estaciones están representadas a través de esculturas de corte clásico que simbolizan el carácter circular del paso del tiempo y el reencuentro anual con las actividades y las fiestas que corresponden a cada fecha.



Figura 63 Fotografías tomadas del Jardín botánico Molino de Inca, año 2016.

3. HERRAMIENTAS DE REPRESENTACIÓN GRÁFICA

3.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se pretende, por un lado, describir brevemente los software de diseño gráfico más utilizados del mercado en el campo de la ingeniería. Por otro lado se van a especificar las razones por las cuales, entre todas ellas, se ha elegido CATIA V5 para la elaboración de este trabajo.

Los primeros software de diseño asistido por ordenador (CAD - *Computer Aided Design*) vieron la luz en los años 50, pero se debe esperar hasta 1970 para que se hicieran más robustos, fiables y, por lo tanto, útiles. Este tipo de herramienta dio sus primeros pasos de la mano de sectores como la automoción y la aeronáutica. Se debe entender aquí que supusieron una gran revolución, ya que la reducción de los costes de diseño, ensayos y pruebas de todo tipo es altísima.

Con la evolución de la informática este tipo de software se hizo cada vez más fuerte hasta llegar a hacerse imprescindible, de ahí el afán de las grandes empresas por crear herramientas cada vez más completas y revolucionarias. En esta línea surgen otros complementos como la fabricación asistida por ordenador (CAM - *Computer Aided Manufacturing*) o la Ingeniería asistida por ordenador (CAE - *Computer Aided Engineering*).

A continuación se añade la descripción de cada uno de los software que se ha considerado relevante.

3.2 SIEMENS NX

NX, también conocido como Siemens NX o simplemente Unigraphics o U-G, es un paquete de software 71 CAD/CAM/CAE desarrollado por la compañía *Siemens PLM Software* (una unidad de negocios de la división de Siemens Industry Automation). Cuenta con avanzadas herramientas y tecnologías de diseño, que le permiten simplificar y agilizar el proceso de desarrollo de productos. A diferencia de las soluciones empresariales cerradas y exclusivamente CAD, NX ofrece el más alto nivel de integración entre las diversas disciplinas de desarrollo en un entorno abierto y de colaboración.

- Sus usos, entre otros, son los siguientes:
- Diseño (modelado paramétrico y directo de sólidos/superficies)
- Análisis para ingeniería (estático, dinámico, electromagnético y térmico usando el método de elementos finitos, y análisis de fluidos usando el método de volúmenes finitos.
- Manufactura digital para la industria de la maquinaria.

Aunque es muy similar a CATIA (es el principal competidor en la industria), todavía es menos conocido y usado, y en la industria aeroespacial sigue siendo éste bastante más empleado (20).



Figura 64 Motor diseñado mediante Siemens NX. Imagen tomada de (21).

3.3 AUTOCAD

Es uno de los programas más usados en arquitectura e ingeniería, siendo el líder indiscutible para el modelado de estructuras y planos. Usa un sistema de capas, lo que permite al diseñador una muy buena organización de los distintos elementos que componen el plano o la pieza.

Por otro lado, trabaja con el uso de imágenes de tipo vectorial, aunque también puede importar otro tipo de archivos como mapas de bits.

Aunque fue concebido para la creación de planos y es ésta la especialidad del programa, las versiones actuales permiten el modelado sólido en tres dimensiones, siendo este modelado no paramétrico (22).



Figura 65 MModelado en 2D mediante AUTOCAD.



Figura 66 Resultado de un modelado en 2D y en 3D (23) en AutoCAD.

3.4 AUTODESK INVENTOR

Software producido también por la empresa Autodesk que surge por la necesidad de la compañía de competir en el mercado con distintos software de modelado paramétrico que habían irrumpido con fuerza en el ámbito de la ingeniería y el diseño. Así pues, el modelado paramétrico permite modelar la geometría, dimensión y material de forma que si se alteran las dimensiones, la geometría se actualiza automáticamente guardando la misma proporción.

El uso principal es la creación de ensamblajes a partir de la unión de piezas u otros ensamblajes. Se forman imponiendo restricciones entre superficies, bordes, planos, puntos y ejes para agregar una pieza o sub-ensamblaje a otro.

El diseño modular descrito permite poder recrear conjuntos grandes y complejos, siendo el fundamento de las recreaciones 3D de los distintos programas que se usan actualmente.

Si bien es verdad que Autodesk Inventor se incorporó al mercado más tarde que sus competidores, va incorporando con rapidez distintas funciones que poseían estos, situándose en primera línea de competitividad (24).

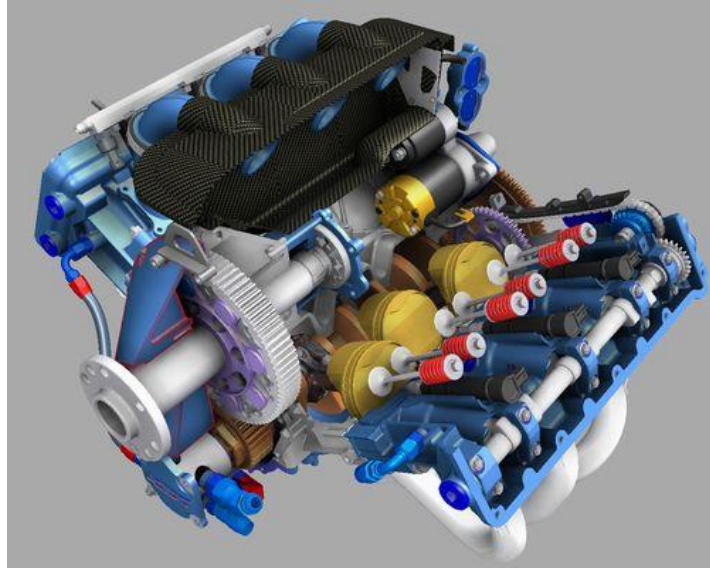


Figura 67 Vista final de un motor diseñado en Autodesk Inventor. Imagen tomada de (25).

3.5 SOLIDWORKS

Este software de modelado mecánico tridimensional es desarrollado por la empresa SolidWorks Corp., filial de la francesa Dassault Systèmes, S.A.

SolidWorks Corp. fue fundada en 1993 por Jon Hirschtick y lanzó el producto SolidWorks 95 en el año 1995. Dos años más tarde, en 1997, Dassault Systèmes adquirió la compañía. SolidWorks fue creado para el sistema operativo Microsoft Windows con intención de hacer la tecnología CAD accesible sin necesidad de software y hardware caros para funcionar. Destaca por ser muy intuitivo y fácil de manejar, permitiendo plasmar ideas de forma rápida sin necesidad de realizar operaciones complejas y lentas.

Las principales características que hacen de este programa una herramienta versátil y precisa es su capacidad de ser asociativo, variacional y paramétrico de forma bidireccional con todas sus aplicaciones, siendo pionero en dicho desarrollo paramétrico. Además usa el Gestor de diseño (FeatureManager) que facilita la modificación rápida de operaciones tridimensionales y croquis de operación sin necesidad de rehacer los diseños plasmados en el resto de sus documentos asociados. El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tantos planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción, todo ello de forma automatizada.

Junto con las herramientas de diseño de Pieza, Ensamblajes y Dibujo, SolidWorks incluye Herramientas de productividad, de Gestión de proyectos, de

Presentación y de Análisis y Simulación que lo hace ser muy competitivo dentro del mercado (26).



Figura 68 Resultado del diseño de un F-16 mediante el software SolidWorks. Imagen tomada de (27).

3.6 SOLIDEDGE

Se trata también de un software de modelado paramétrico en tres dimensiones desarrollado inicialmente por la empresa estadounidense Intergraph y actualmente perteneciente a la alemana Siemens AG, que sustituyó el núcleo ACIS por Parasolid, motor geométrico de otras herramientas CADs como SolidWorks o IronCAD. Usado por ingenieros principalmente, permite el modelado piezas de distintos materiales, doblado de chapas, ensamblaje, así como funciones de dibujo en plano entre otras funciones.

Al ser el software de diseño 3D de Siemens AG y dada la implantación del mismo en todas las líneas de producción e ingeniería de la empresa, ha sufrido importantes mejoras, destacando entre ellas la compatibilidad del software con archivos de otros programas, pudiendo traducir los mismos y operar con ellos mediante Solid Edge (28).

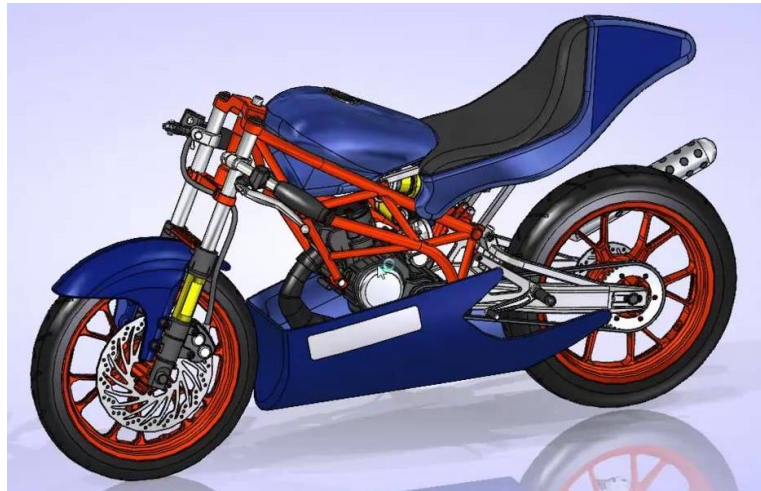


Figura 69 Diseño de una motocicleta con SolidEdge. Imagen tomada de (28).

3.7 CATIA V5

Fue desarrollado por la empresa francesa Dassault Systèmes y distribuido por IBM. El programa sirve para prestar apoyo en toda la línea de producción, desde la concepción del diseño hasta el análisis de productos. Está disponible para Microsoft Windows, Solaris, IRIX y HP-UX.

La principal peculiaridad de CATIA es que provee una arquitectura abierta para el desarrollo de aplicaciones y para personalizar el programa.

CATIA se desarrolló inicialmente para la industria aeronáutica si bien desde los últimos años se ha integrado en la industria del automóvil para el diseño y desarrollo de componentes de carrocería. Concretamente empresas como el Grupo VW (Volkswagen, Audi, SEAT y Škoda), BMW, Renault, Peugeot, Daimler AG, Chrysler, Smart y Porsche hacen un amplio uso del programa. El sector de la construcción también ha incorporado el uso del software para desarrollar edificios de gran complejidad. El Museo Guggenheim Bilbao fue un hito arquitectónico que ejemplifica el uso de esta tecnología. Por tanto, es capaz de trabajar con superficies complicadas, siendo el programa puntero para ello (29).

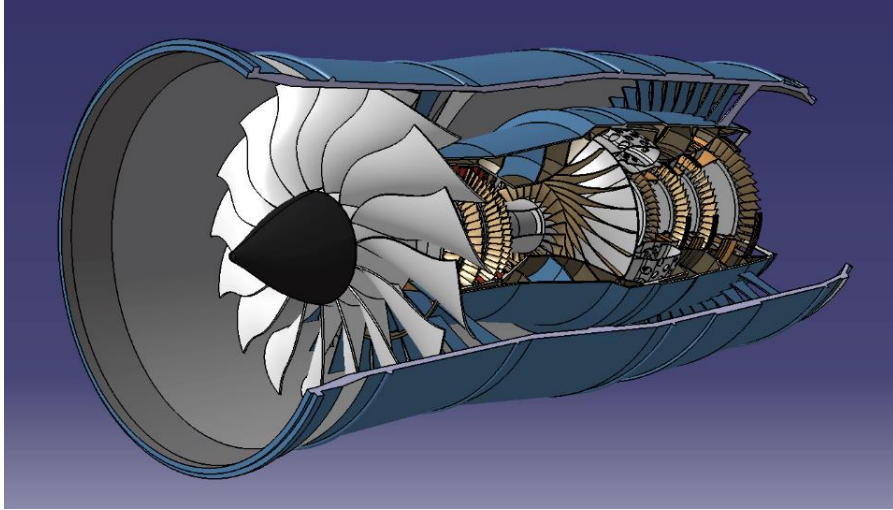


Figura 70 Turbofán de una aeronave diseñado mediante CATIA. Imagen tomada de (30).

3.8 ¿POR QUÉ CATIA V5?

Una vez descritas todas estas herramientas de diseño solo falta explicar por qué se ha utilizado CATIA V5. La decisión atiende a varias razones:

- Este programa aún a las tres disciplinas que se explicaron anteriormente: CAD/CAM/CAE.
- Es uno de los programas más potentes del mercado, por lo que suple con creces las necesidades de este modelado, no siendo necesaria la utilización de ningún otro software de manera complementaria.
- La autora está familiarizada con el software al haber cursado una asignatura dedicada a tal efecto durante sus estudios de grado.
- Aunque su mayor campo de aplicación sea el de la aeronáutica, las posibilidades de esta herramienta son infinitas, siendo este trabajo un ejemplo de ello, y haciendo un alarde de su versatilidad.

Por último, este programa presenta diferentes versiones que han surgido desde que fue creado, satisfaciendo las necesidades del mercado e introduciendo mejoras. Para este proyecto se usará la Versión 5 y su Release número 19 (CATIAv5R19).

4. MODELADO CON CATIA V5

4.1 INTRODUCCIÓN

La comunicación gráfica es un medio excelente no solo para transmitir ideas, sino también para resolver problemas técnicos. Resulta de interés añadir aquí la definición que hace López García en su libro (1) de la ingeniería gráfica:

La disciplina que se encarga de aplicar los conocimientos científicos a este campo de la técnica, a la invención, estudio, perfeccionamiento y utilización de máquinas, ingenios e industrias fabriles, es la ingeniería gráfica.

Siguiendo esta importante disciplina, se van a presentar a continuación los resultados del modelado que se ha realizado del molino de Inca mediante CATIA V5. Cabe recordar que las medidas, características y distribución de las diferentes piezas son fieles al molino real. Se ha pretendido que el nivel de detalle sea muy alto, esfuerzo que queda plasmado, por ejemplo, en el modelado de toda la tornillería del artilugio.

Este apartado se va dividir en varios sub-apartados, correspondiéndose cada uno con un elemento destacado del molino. La selección de éstos se ha hecho en torno a varios criterios, tales como:

- No se van a mostrar piezas simples, sino conjuntos de ellas con una relación estrecha.
- Exponer las partes que han requerido el uso de algún módulo específico en CATIA o algunas operaciones especialmente curiosas.
- Que el lector conozca los elementos que conforman este tipo de artilugios con un buen nivel de profundidad.

El objetivo de este punto es describir rigurosamente cada una de las piezas del molino de Inca, cabe añadir que la función de cada una de ellas se explicó en el [Apartado 2.2.3](#).

4.2 ELEMENTOS MODELADOS

En primer lugar se presentan las piezas situadas en el cárcavo del molino y, a continuación, las de la sala de molienda. La información está repartida del siguiente modo: primero se mostrará una vista general del conjunto y posteriormente se describirá cada elemento individualmente.

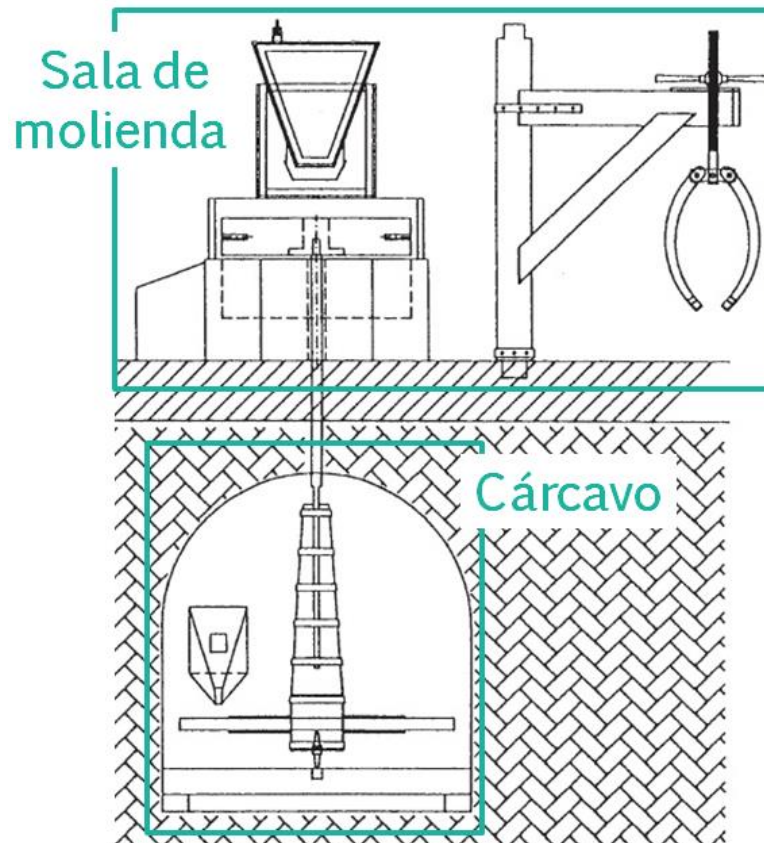


Figura 71 Sección en planta del molino de Inca.

4.2.1 Montaje del cárcavo.

Se añade a continuación una imagen acompañada de los nombres de los elementos situados en el cárcavo del molino. Se muestran fuera del cárcavo para garantizar una mejor visualización de las piezas.

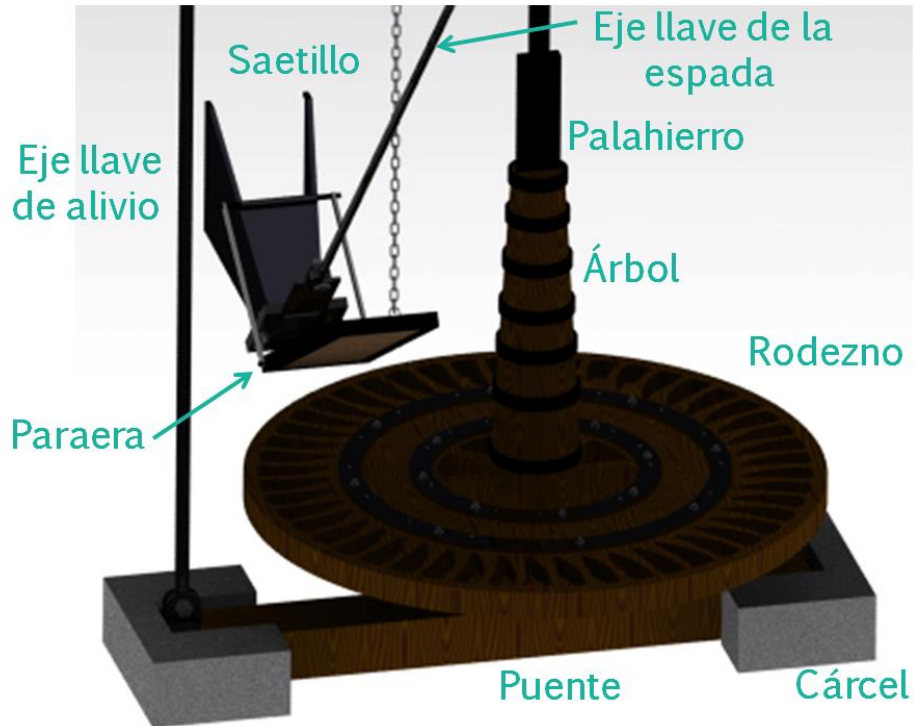


Figura 72 Montaje del cárcavo.



Figura 73 Cavidad del cárcavo.

Se han mostrado todos los elementos del cárcavo fuera del mismo para mejorar la calidad de la visualización. Por ello se añade el cárcavo en la imagen de la izquierda, que como se puede apreciar está abovedado. Se debe tener en cuenta que en la realidad está construido con obra de mampostería. Tiene una profundidad de unos 3'5m, una altura máxima de 2m y el radio de la bóveda mide aproximadamente 1m.

4.2.2 Conjunto saetillo, paraera y llave de la espada.

Estos tres elementos están situados en el cárcavo del molino y se detallan como conjunto porque están acoplados entre si, como se puede ver en la siguiente figura.

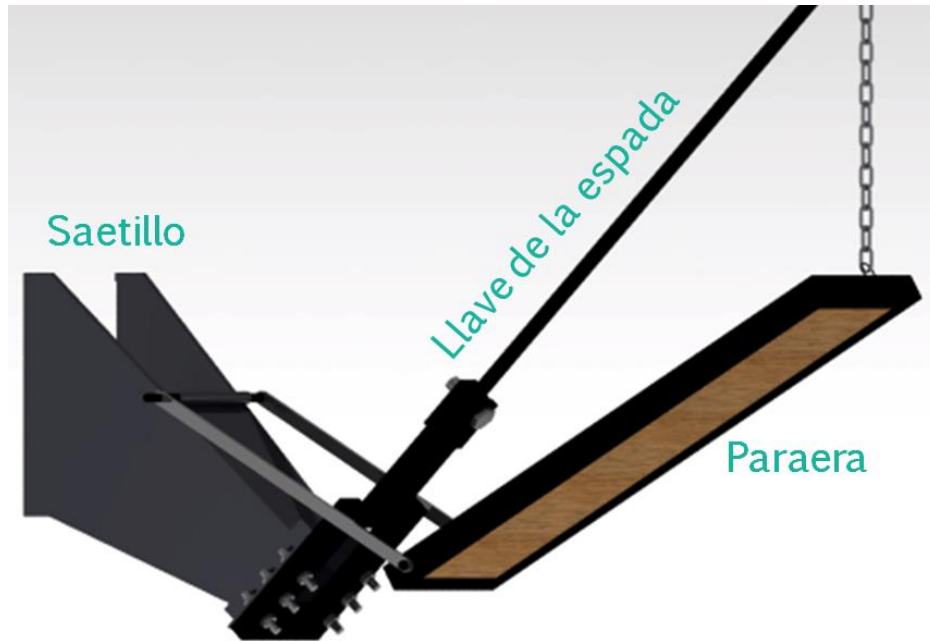


Figura 74 Conjunto saetillo, paraera y llave de la espada.

- SAETILLO

El saetillo se sitúa en la terminación del cubo del molino y redirige el caudal de agua hacia el rodezno. Esta pieza tiene forma de tronco de pirámide de base rectangular, estando lo que sería su eje inclinado para garantizar que la sección de salida apunte al rodezno.

El diseño de este elemento ha sido especialmente difícil por su singular geometría. Como se puede ver en la Figura 75, la sección mayor y la menor forman un cierto ángulo, no son paralelas, por lo que se tuvo que recurrir al módulo de superficies de CATIA.

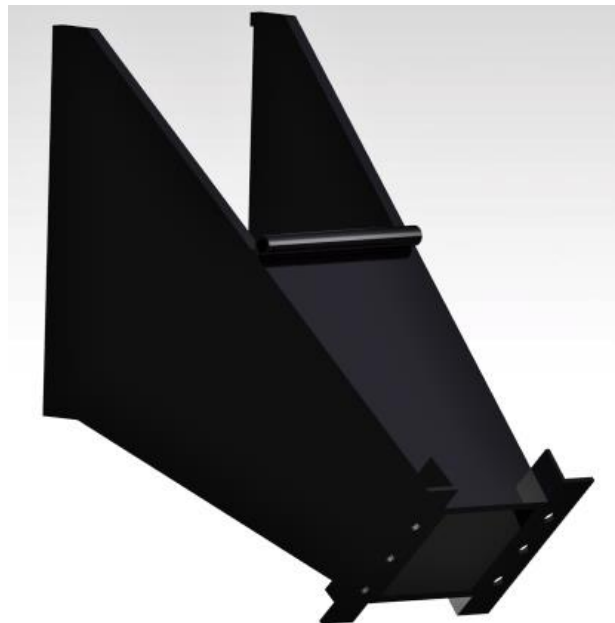


Figura 75 Saetillo.

La abertura de la cara superior tiene una importante función, y es la de evacuar el agua cuando el caudal que se deja pasar por la boca del saetillo es menor que el que entra al mismo.

- PARAERA

La paraera, como se puede intuir de su denominación, se utiliza para arrancar o detener el giro del rodezno. Consta de tres elementos principalmente: una plancha de madera encerrada en una estructura metálica, unas barras de acero que permiten acoplar la bandeja al saetillo y una cadena. Esta última sirve para subir o bajar la bandeja desde la sala de molienda.

Se muestra en la imagen de la izquierda el sistema diseñado para unir la plancha de la paraera al saetillo, asegurando que ésta no se desplace en el plano horizontal. Consta de dos barras laterales de acero y un eje insertado en la propia estructura del saetillo.

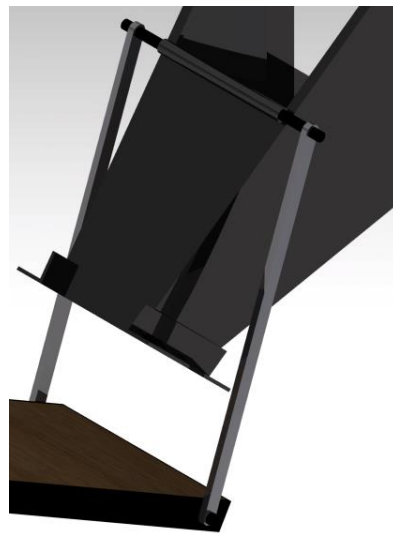


Figura 76 Sujeción de la bandeja de la paraera al saetillo.

En la siguiente figura se muestran las dos posibles posiciones que puede adoptar la plancha de la paraera con respecto al saetillo, correspondiéndose con los estados de abierto y cerrado, respectivamente.

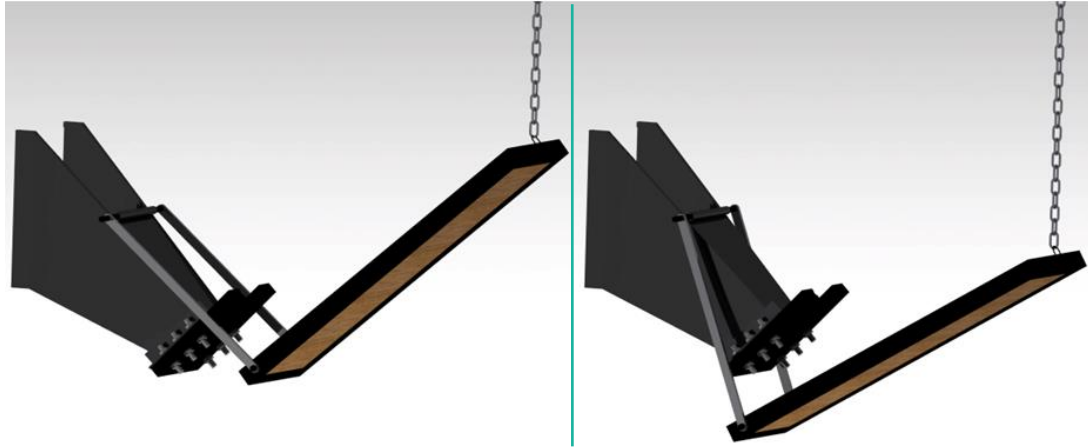


Figura 77 De izquierda a derecha: paraera abierta y paraera cerrada.

- LLAVE DE LA ESPADA

La llave de la espada se usa para controlar el caudal de agua que incide sobre el rodezno. Está constituida por dos elementos importantes: una guillotina colocada en la sección de salida del saetillo y su llave de accionamiento situada en la sala de molienda.

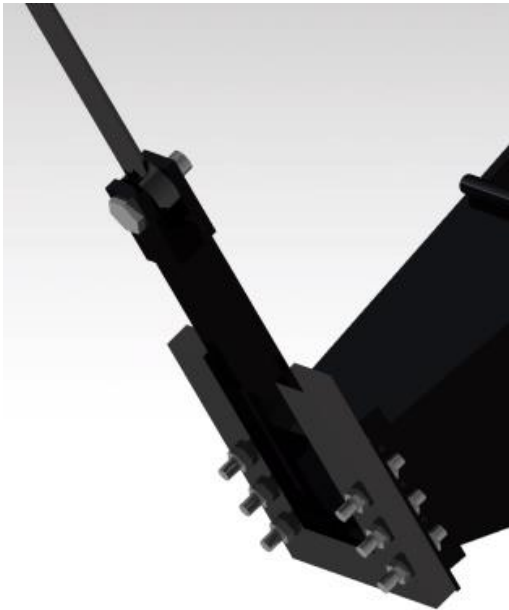


Figura 78 Guillotina de la llave de la espada acoplada a la salida del saetillo.

Como se puede apreciar en la imagen de la izquierda, la guillotina se desliza sobre una pieza de acero que está unida a la sección final del saetillo mediante un total de 6 tornillos pasantes y fijados con tuercas hexagonales. La guillotina esta atornillada a un eje, de forma que cuando éste sube el caudal de salida del saetillo aumenta. Sería posible bajar por completo la guillotina, cerrando el paso del agua, pero como se ha comentado el punto anterior esta función se reserva para la paraera.

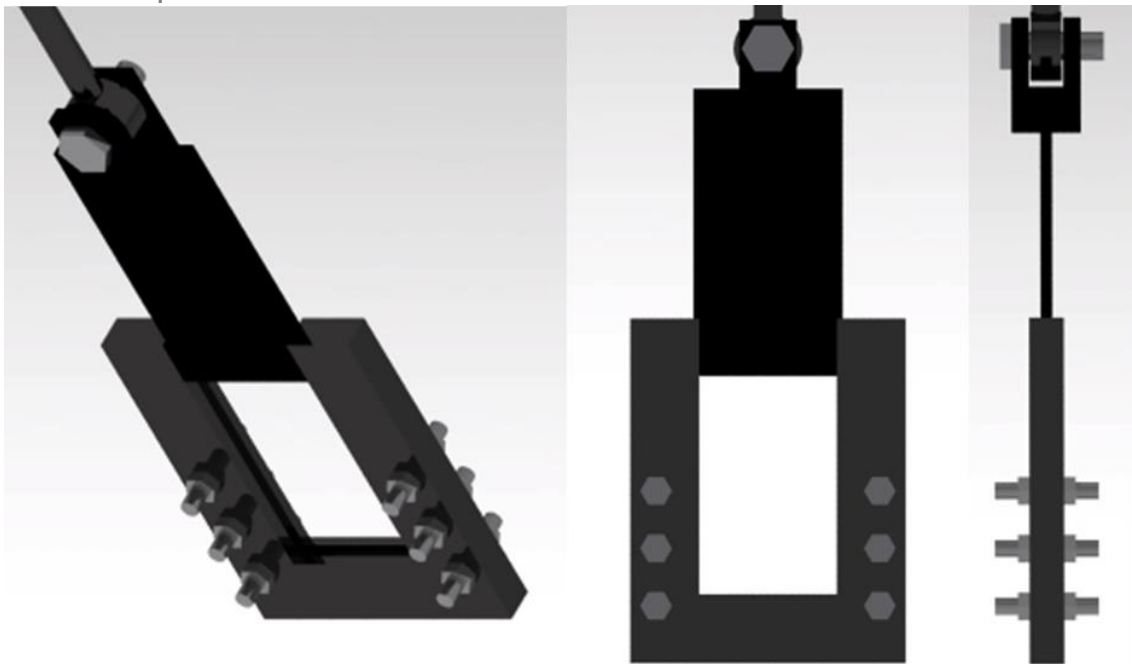


Figura 79 Diferentes vistas de la guillotina de la paraera.

Como se adelantaba, en la sala de molienda se sitúa tanto el mando de accionamiento de la paraera como de la llave de la espada, aunque éstos son totalmente diferentes. La bandeja de la paraera se sube o baja tirando o soltando la cadena de la imagen. La llave de la espada cuenta con un eje que sube o baja cuando se gira el respectivo volante, localizado en la parte inferior de la sala. Este eje está roscado en la parte superior, por lo que cumple las funciones de un tornillo sinfín.



Figura 80 Cadena de la paraera y volante de la llave de la espada.

4.2.3 Conjunto puente y llave de alivio.

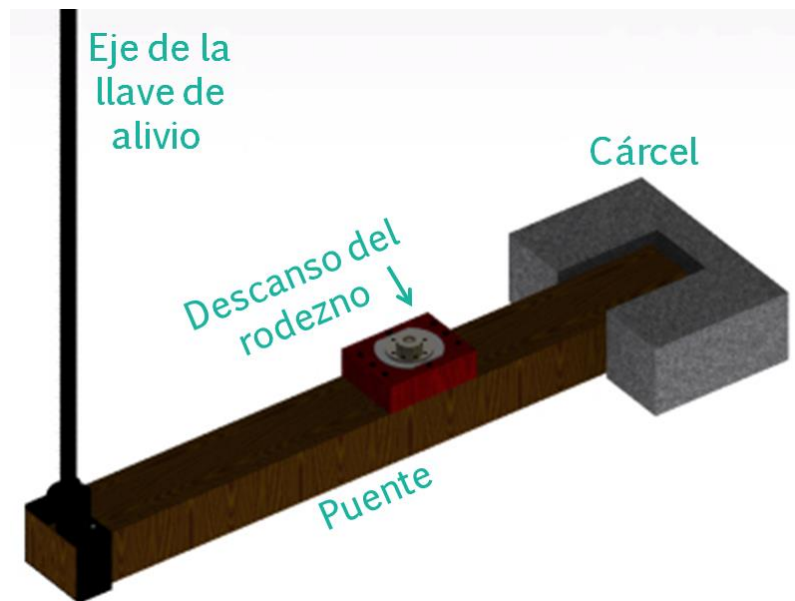


Figura 81 Vista general del conjunto puente y llave de alivio.

El puente es el elemento sobre el que descansa la mayor parte de la estructura subterránea del molino y la llave de alivio sirve para regular su inclinación.

- PUENTE

Grosso modo se trata de una viga de madera, más concretamente de álamo negro, encajonada entre dos poyetes de hormigón denominados cárceles (el de la izquierda no se muestra para evitar que tape otros elementos de interés) y al que se une la llave de alivio.

En la zona central de esta viga se colocan las piezas pertinentes para acoplar el rodezno, elemento que se detallará en el Apartado 4.2.4. Como se puede apreciar en la Figura 82 Descanso del árbol.Figura 82, este conjunto está formado por un tocho de madera de tono rojizo (distinta del álamo negro) atornillada al puente y sobre la que descansan una plancha metálica que sirve de unión con la pieza fabricada en bronce. Esta última pieza mencionada será sobre la que descansa la punta del árbol y resulta de vital importancia, ya que sobre ella girarán todos los elementos del molino. Está fabricada en bronce porque este material reduce al máximo los efectos de la fricción.

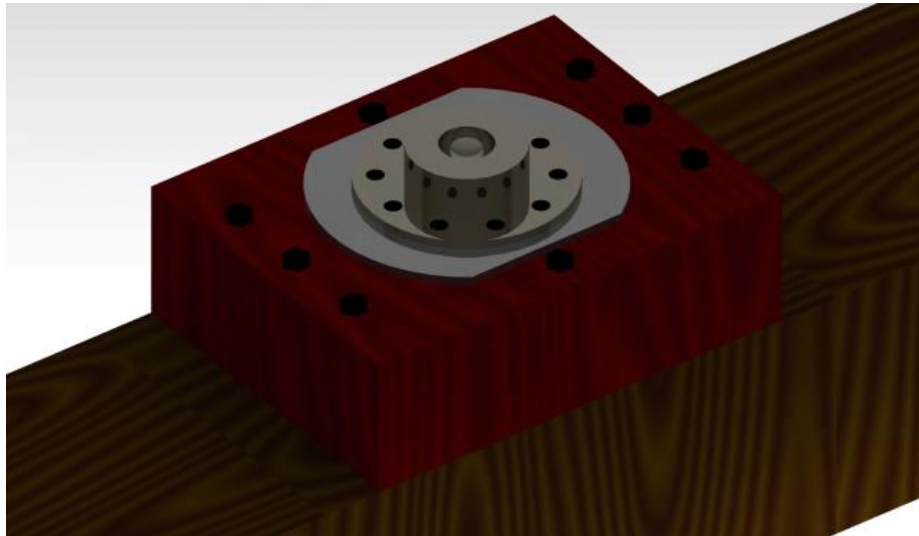


Figura 82 Descanso del árbol.

- LLAVE DE ALIVIO

La llave de alivio se utiliza para aumentar (aliviar) o reducir (asentar) la distancia entre las piedras volandera y solera, mediante el aumento o disminución de la inclinación del puente, respectivamente. En la Figura 83 se muestra cómo el eje se une al puente mediante una especie de abrazadera de acero pintada en negro. Lo que se ve en la Figura 84 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de esta llave solo es su eje, que termina en un tornillo sinfín. En la sala de molienda se sitúan los elementos que accionan la llave de alivio, como se muestra en la Figura 83, donde también es posible apreciar el roscado de dicho eje.



Figura 83 Elemento de unión entre el puente y la llave de alivio.



Figura 84 Volante de la llave de alivio y eje con roscado visible.

4.2.4 Conjunto rodezno, árbol, palahierro y volandera.

Se ha elegido este grupo de piezas porque la transmisión del movimiento, desde que el agua empuja las cucharas del rodezno hasta que se mueve la piedra volandera, es totalmente directa, es decir, la piedra dará tantas vueltas como el rodezno.

Pieza	Elementos	Material
Rodezno	Cucharas	Álamo negro
	Camones	Acero pintado de negro
	Tornillería	Acero
Árbol	Tronco	Álamo negro
	Anillos	Acero pintado en negro
Palahierro	---	Acero pintado en negro
Volandera	Piedra	Granito
	Lavija	Acero

Tabla 24 resumen de los materiales del conjunto rodezno, árbol, palahierro y volandera.



Figura 85 Vista general del conjunto rodezno, árbol, palahierro y volandera.



Figura 86 Árbol de una de las paradas del molino de Inca en mal estado.

La elección del álamo negro para estas piezas se debe a que, además de ser muy ligera, se trata de una madera que resiste muy bien la humedad. Esta característica consigue que las piezas aguanten durante más tiempo, pero no las excluye del desgaste.

Una prueba fehaciente de ello es que, en la actualidad, el árbol de una de las paradas del molino de Inca se encuentra inutilizado porque la humedad ha hecho ceder la madera.

- RODEZNO

El rodezno está compuesto por un total de 48 cucharas, en las cuales se distinguen dos partes: la zona más ancha es la cazoleta, donde incide el agua, y la más estrecha la cola. Los radios (un total de 7) unen el rodezno con el árbol, y como se puede apreciar en la Figura 87 solo uno de ellos lo atraviesa por completo. Por último, los camones son unas piezas de color negro con forma de anillo, los cuales se encargan de mantener unidas todas las cucharas así como los radios. Este rodezno cuenta con cuatro camones, los dos que se ven y dos exactamente iguales por debajo. Se intercalan dos tipos de tornillos: 64 tornillos simples con cabeza hexagonal y 16 tornillos pasantes ajuntados con arandelas y tuercas.

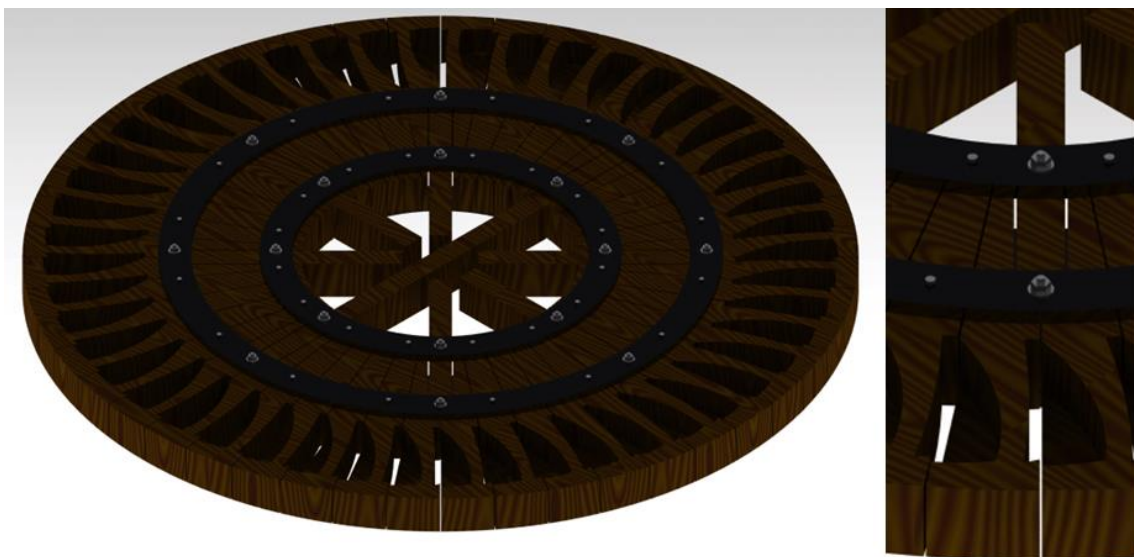


Figura 87 Rodezno.

- ÁRBOL

El árbol o maza cumple la función de transmitir el giro del rodezno al palahierro. Tiene forma de pirámide de base circular truncada, con una altura de 1'15 m, un diámetro máximo de 25 cm y mínimo de 12'5 cm

Consta de un tronco de madera con varios agujeros practicados para acoplar los radios del rodezno y el palahierro. También se ayuda de una serie de anillos de acero pintado para dar consistencia al conjunto. En la cara inferior del tronco se acopla la punta de bronce denominada cruz, elemento que descansa sobre el puente, como ya se explicó en el apartado anterior. El árbol no cuenta con ningún tipo de tornillería, sino que todos sus elementos o bien se ajustan perfectamente por su geometría o están pegados.



Figura 88 Árbol.



Figura 89 Palahierro.

- PALAHIERRO

El palahierro (Figura 89) puede tomarse por el eje principal del molino y tiene una longitud de 2'5 m. Se encarga de transmitir el movimiento desde el árbol hasta la lavija. Es posible diferenciar tres tipos de sección, de abajo a arriba: el primer tramo se inserta en el árbol y es rectangular; la segunda es perfectamente circular con un diámetro de 6 cm, lo que nos permite hacernos una idea de la robustez de la pieza; el tramo final del palahierro toma sección cuadrada para encajar perfectamente en la lavija.

- VOLANDERA

La volandera es una de las piedras encargadas de realizar la molturación del trigo. Se escoge el granito como material para fabricarlas porque es muy duro, es decir, soporta muy bien la erosión que sufren las piedras. Con esto se consigue que el trigo ya molido no vaya acompañado de trozos de las piedras. En la cara inferior de la volandera se practica una entalladura donde

se encaja la lavija, encargada de transmitir el giro del palahierro a la piedra corredera.

La volandera o corredera presenta en su cara inferior el picado o ralladura, que no son más que unas estrías y surcos que se le practican a la piedra para favorecer el triturado. El picado modelado se corresponde con el diseño real, conocido gracias a las imágenes tomadas durante la rehabilitación del molino de Inca (8). Resulta importante comentar que el picado de la volandera y la solera tienen sentido inverso, como se muestra en la Figura 90, para romper el grano del modo en que lo harían unas tijeras. Los surcos mayores sirven para evacuar la harina por la acción de la fuerza centrífuga. En los surcos más finos, denominados abanicos, se produce principalmente la molienda.



Figura 90 Picado de las piedras molenderas.

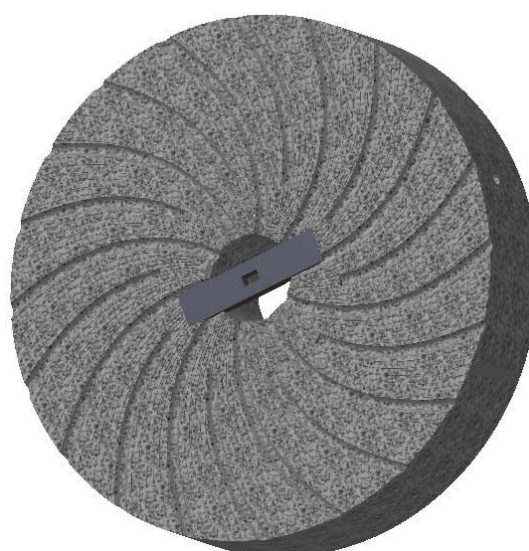


Figura 91 Lavija colocada en la volandera.

Se hace un breve comentario aquí sobre las dimensiones relativas del rodezno del molino y las piedras molenderas. El diámetro del rodezno del molino de Inca es de 1'65 m y el de las piedras 1'20 m. esto no concuerda con los testimonios de algunos aficionados de la molinería, que afirman que el diámetro del rodezno debería ser como máximo el mismo que el de las piedras. Se desconoce si esta discordancia se debe a un mal diseño de alguno de estos dos elementos durante la remodelación del molino o si ha sido así desde los orígenes de este artilugio.

4.2.6 Alfanje.

El alfanje es un elemento clave para entrar a describir las piezas situadas en la sala de molienda, ya que todas ellas, directa o indirectamente, descansan sobre él. Otra forma de captar esta idea es que el alfanje está diseñado para acoplar todos los elementos superiores del molino.



Figura 93 Alfanje.

Una de las características más importantes que debe cumplir este poyete de obra es que sea macizo, para reducir al máximo las posibles vibraciones derivadas del giro del molino y del choque de las piedras molenderas. Gracias a las imágenes que se tomaron durante la rehabilitación del molino es sabido que por conseguir esto, el alfanje se diseñó con armaduras de refuerzo, como se muestra en la Figura 94. El alfanje cuenta con cuatro agujeros pasantes practicados para el paso de distintos elementos:

- Eje de la llave de la espada.
- Eje de la llave de alivio.
- Cadena de la paraera.
- Palahierro.

También sobre él se coloca la cabria, elemento que se describirá más adelante. El rebajamiento más importante es aquel en el que se coloca la piedra solera, que debe tener el diámetro adecuado para evitar que la solera gire acompañando a la volandera.



Figura 94 Reforzamiento del alfanje.

4.2.7 Conjunto solera, guardapolvo y harnero.

Una vez que el grano entra a través de los agujeros del guardapolvo y la volandera, pasaría a triturarse entre las piedras. Por acción de la fuerza centrífuga, como ya se había avanzado, el grano ya molido sale por los canales más gruesos de las piedras. El guardapolvo está diseñado para evitar el espolvoreo de esta harina, que irá cayendo lentamente por la piqueta (hueco practicado en el alfanje) hasta el harinal. Como casi todas las piezas de la sala de molienda, harnero y guardapolvo están fabricados en madera de pino.

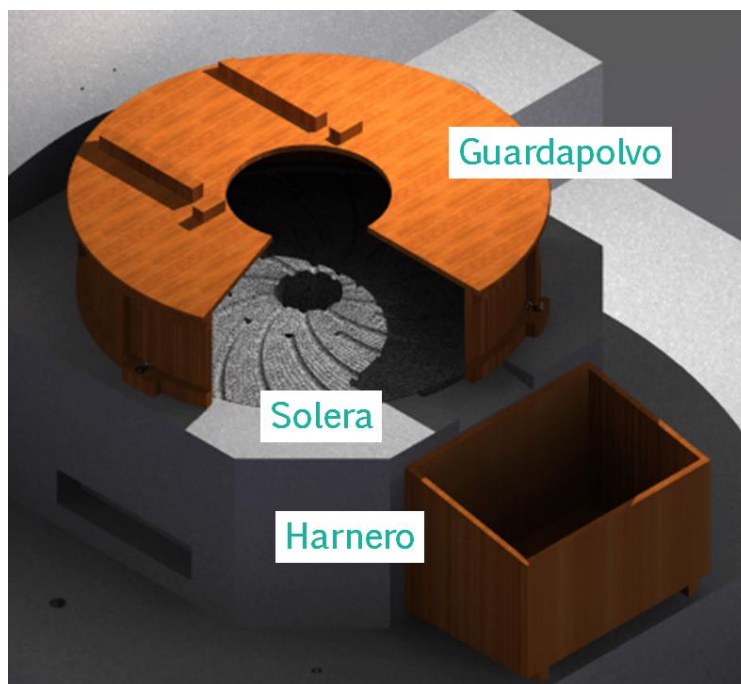


Figura 95 Vista general del conjunto solera, guardapolvo y harnero.

- SOLERA

En la Figura 95 se le ha practicado un corte al guardapolvo para apreciar la colocación de la piedra solera o solero. Como ya se adelantaba en el Apartado 4.2.4, esta piedra está fabricada de granito. En su centro tiene un ojo por el que pasa el palahierro. En este caso el picado se practica en la cara superior de la piedra.

- GUARDAPOLVO

Se trata de un armazón de madera de pino diseñado de forma que existe un espacio de 5 cm entre él y las piedras de molienda. La sujeción del guardapolvo al alfanje es bastante rudimentaria, como se muestra en la Figura 96. Consta de dos tornillos pasantes que unen el elemento de sujeción al alfanje y un tercero que sujeta la aldabilla, unida al guardapolvo gracias a un cáncamo. Alrededor de todo el contorno del guardapolvo se reparten tres sujeciones de este tipo, que conforman un sistema muy sencillo si se quiere retirar el guardapolvo durante alguna labor de mantenimiento.



Figura 96 Sujeción del guardapolvo al alfanje.

- HARINAL

El harinal o harnero no es más que un recipiente de madera donde se espera que caiga el trigo ya triturado. Resulta muy común encontrarnos un paño de tela que tapa la piqueta con objeto de que la harina no se disperse, como se muestra en la Figura 97.



Figura 97 Paño colocado en la piqueta.

4.2.8 Conjunto tolva, bandeja y burro.

La función conjunta que cumplen estos tres elementos es la de verter los granos de trigo sobre las piedras de molienda.



Figura 98 general del conjunto tolva, bandeja y burro.

- TOLVA

El primer paso sería echar las sacas de trigo necesarias en la tolva, que hace las veces de contenedor. En este caso la tolva tiene forma de pirámide, estando ésta truncada, abierta en su sección inferior y apuntando al ojo de las piedras. La tolva está fabricada en madera de pino. Como se puede apreciar, no se trata de una pieza única, sino que lleva acoplados una serie de refuerzos tanto en sus bordes y aristas como en las secciones centrales.

- SONAJA

Otro elemento que va acoplado en la tolva es la sonaja, cuyo modo de funcionamiento ya se explicó en el Apartado 43. Con objeto de ver todas las piezas que conforman la sonaja, se le ha practicado un significativo corte a la tolva en la Figura 99. En este caso concreto la sonaja está compuesta por

elementos como: tres sonajas de acero, una arandela, cuerdas para unir las distintas partes, un pequeño mecanismo fabricado con madera de pino y una especie de lágrima, también de pino, que será el elemento que se introduzca en el trigo.

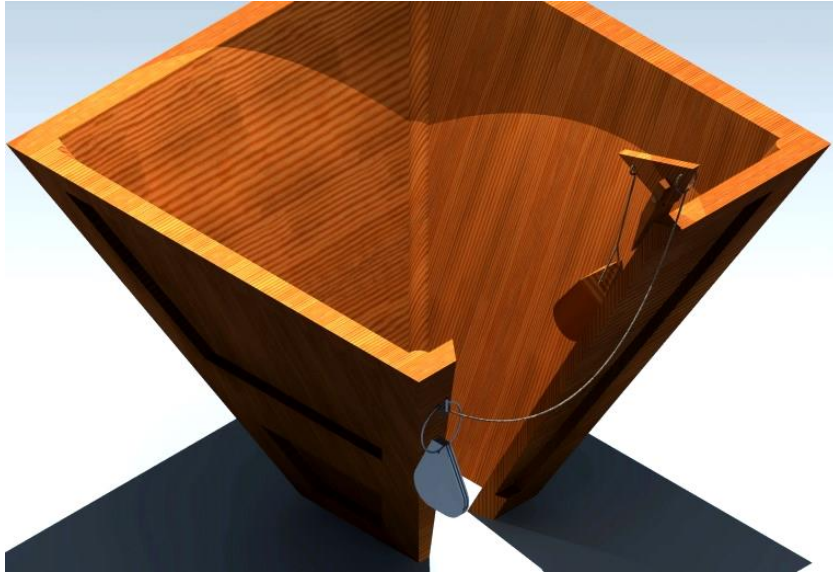


Figura 99 Tolva y sonaja.

Se hace un breve comentario sobre la lágrima de madera mencionada en el párrafo anterior por la complejidad que supuso su modelado. Con el objetivo de ser fiel al diseño real de las piezas, se tuvo que hacer uso del módulo de superficies de CATIA (*Mechanical Design* → *Wireframe and Surface Design*) para recrear la parte superior de esta pieza, al tratarse de una pirámide de base cuadrada.



Figura 100 Lágrima de la sonaja.

- BANDEJA

La bandeja se sitúa justo debajo de la sección inferior de la tolva, con objeto de que la caída del trigo desde la misma no sea demasiado acusada. Está

formada por dos tablillas laterales unidas a lo largo a una base, formando un ángulo, uno de cuyos extremos está fijado a los lados de la boca de la tolva y el otro, que queda libre, sobre el ojo de las piedras. La bandeja está fijada a la tolva gracias a un sencillo sistema de cadenas, como puede apreciarse en la Figura 101. Esta pieza está fabricada con madera de pino y a ella se acoplan otros elementos importantes como una barra de acero para regular su altura y el paladín.



Figura 101 Bandeja y paladín.

Para regular la caída del grano se cuenta con un sistema muy simple con el que se puede seleccionar la inclinación de la bandeja con respecto a la horizontal, véase la Figura 102; **Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Se trata de una cuerda, en la jerga de la molinería se conoce como rienda, que une dos barras de acero, una colocada en la bandeja y otra en el burro, y en cuyo extremo se anuda un contrapeso. Aumentando o disminuyendo la longitud de la cuerda se consigue bajar o subir la bandeja, respectivamente. La bola de acero que hace las veces de contrapeso equilibra la bandeja.



Figura 102 Mecanismo para la regulación de la inclinación de la bandeja.

- PALADÍN

Otro elemento que está acoplado a la bandeja y que también resulta muy curioso es el paladín, mostrado en la Figura 103. Consta de dos elementos principalmente: una barra de sección rectangular que sirve para unir el paladín a la bandeja y un bastón de madera que debe quedar apoyado sobre la piedra volandera.



Figura 103 Paladín.

- BURRO

El burro es una estructura de barras que sirve para sostener la tolva e, indirectamente, la bandeja. Todas las barras son de sección cuadrada de 5 cm de lado. Descansa sobre el guardapolvo, que cuenta con unas barras fijadas de modo que el burro encaje perfectamente. También existe una barra extra atornillada al alfanje para sujetar la barra inferior trasera. Sendos elementos se muestran en la siguiente imagen.



Figura 104 Burro y sus elementos de sujeción.

4.2.9 Conjunto cabria.

Este elemento hace las veces de grúa para sacar las piedras molenderas del alfanje durante las labores de mantenimiento, para recalcar la picadura por ejemplo.



Figura 105 Vista general del conjunto cabria.

- PUNTOS DE APOYO Y GIRO DE LA CABRIA

La cabria está unida al alfanje por dos puntos. Ambos elementos cuentan con algún tipo de lubricante que facilite el giro reduciendo el efecto de la fricción. El lubricante más común en los años en que se diseñaron este tipo de artilugios era el *sebo*, un tipo de grasa animal muy densa.

Este sistema de pivote-casquillo, además de permitir el giro de la cabria según su eje vertical, es el elemento donde se acopla la cabria al suelo del alfanje. Ambas piezas son de acero pintado de negro. La estructura de la cabria se une al casquillo gracias a la colaboración de cuatro tornillos de cabeza hexagonal.



Figura 106 Sistema pivote-casquillo, giro inferior de la cabria.

Las dos piezas metálicas que conforman este giro están son de acero y van unidas mediante un conjunto de tornillo, arandela y tuerca. El elemento de la izquierda está encajado en la pared del alfanje y el de la derecha abraza a la estructura de madera.

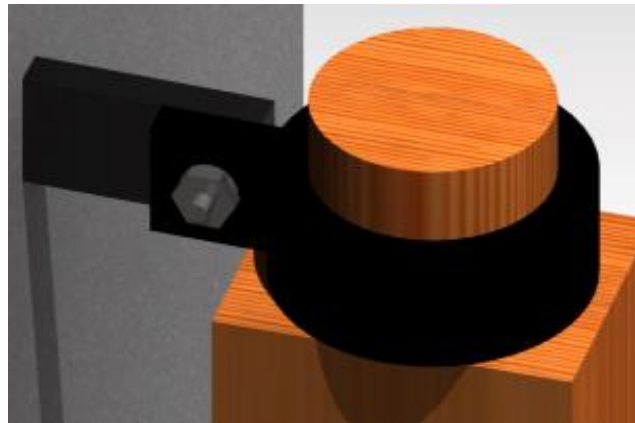


Figura 107 Giro superior de la cabria.

- REFUERZOS DE LA ESTRUCTURA DE MADERA

El elemento principal de la cabria es su estructura de madera de pino, formada por dos grandes vigas colocadas perpendicularmente y una tercera a modo de travesaño para añadir estabilidad al conjunto. Cuenta con dos elementos de refuerzo fabricados en acero, uno uniendo las dos barras principales (Figura 108) y el segundo en la parte inferior de la barra vertical (Figura 109).

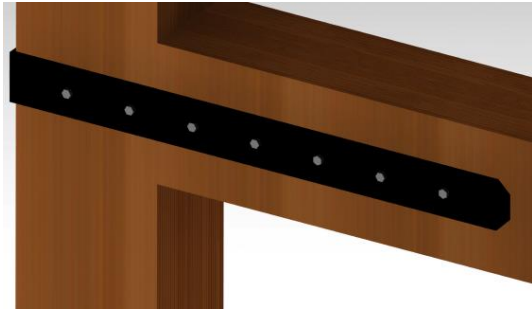


Figura 108 Refuerzo alargado horizontal de la cabria.



Figura 109 Refuerzo cerrado inferior de la cabria.

- MECANISMO PARA SUBIR Y BAJAR LAS PIEDRAS MOLENDERAS

El último conjunto importante de la cabria es el formado por el eje vertical, las abrazaderas y la palanca, mostrado en la Figura 110.

Para subir y bajar las abrazaderas de la cabria se debe accionar la palanca, que va unida a la rosca del eje vertical y hace las veces de tornillo sinfín. Se puede apreciar en la imagen superior derecha de la Figura 110 que también se ha modelado la rosca del eje. Entre el volante y la estructura de madera no existe ninguna pieza sino que la zona está impregnada de lubricante.

Resulta especialmente curiosa la tornillería que une el eje vertical con las abrazaderas, ya que en lugar de usar las tuercas comunes, los tornillos se fijan con la ayuda de un alambre, detalle que puede apreciarse en la imagen inferior derecha de la siguiente figura.



Figura 110 Abrazaderas, eje y palanca de la cabria.

El *modus operandi* para, por ejemplo, subir la piedra volandera con la ayuda de la cabria sería el siguiente:

1. Retirar todos los elementos que descansan sobre el guardapolvo, como son la tolva, la bandeja y el burro.
2. Retirar el guardapolvo desajustando las aldabillas.
3. Se colocan los pernos, fabricados en caucho, en los orificios practicados en la volandera para tal fin.
4. Se gira la cabria para orientarla hacia la piedra y girando la palanca se hacen bajar las abrazaderas.
5. Se hacen pasar los extremos de las abrazaderas por los pernos, asegurando dicha unión con una especie de arandelas de caucho a modo de topes.
6. Solo queda volver a accionar la palanca para hacer subir la piedra.

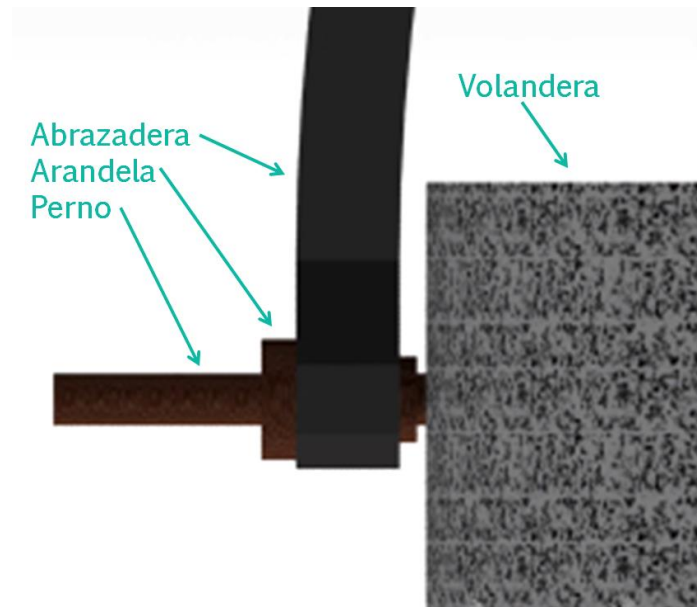


Figura 111 Alzado del acoplamiento de la volandera a las abrazaderas de la cabria

4.2.10 Montaje final.

Se muestra a continuación el montaje completo del molino desde diferentes perspectivas.

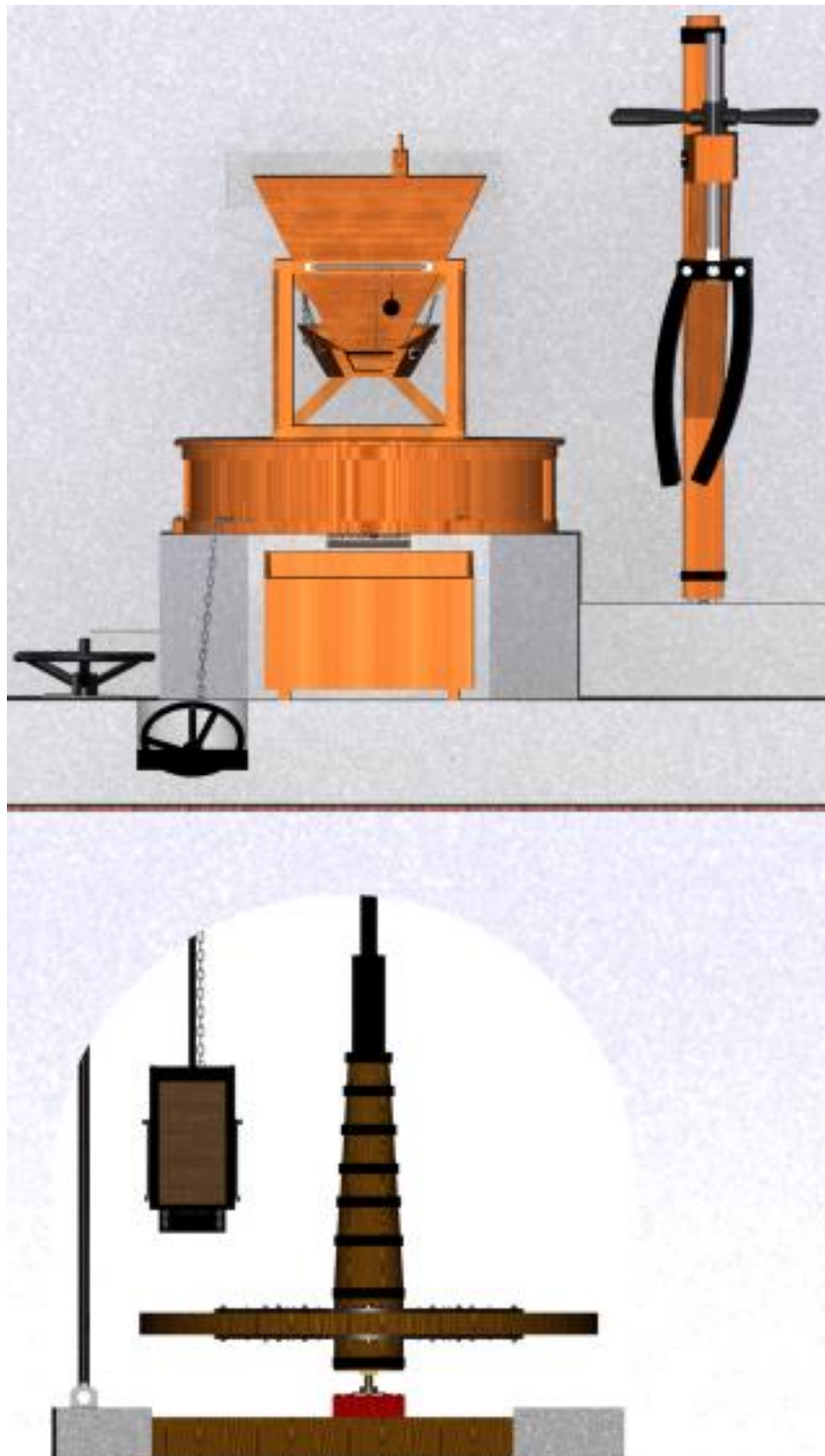


Figura 112 Alzado de las dos alturas del molino.

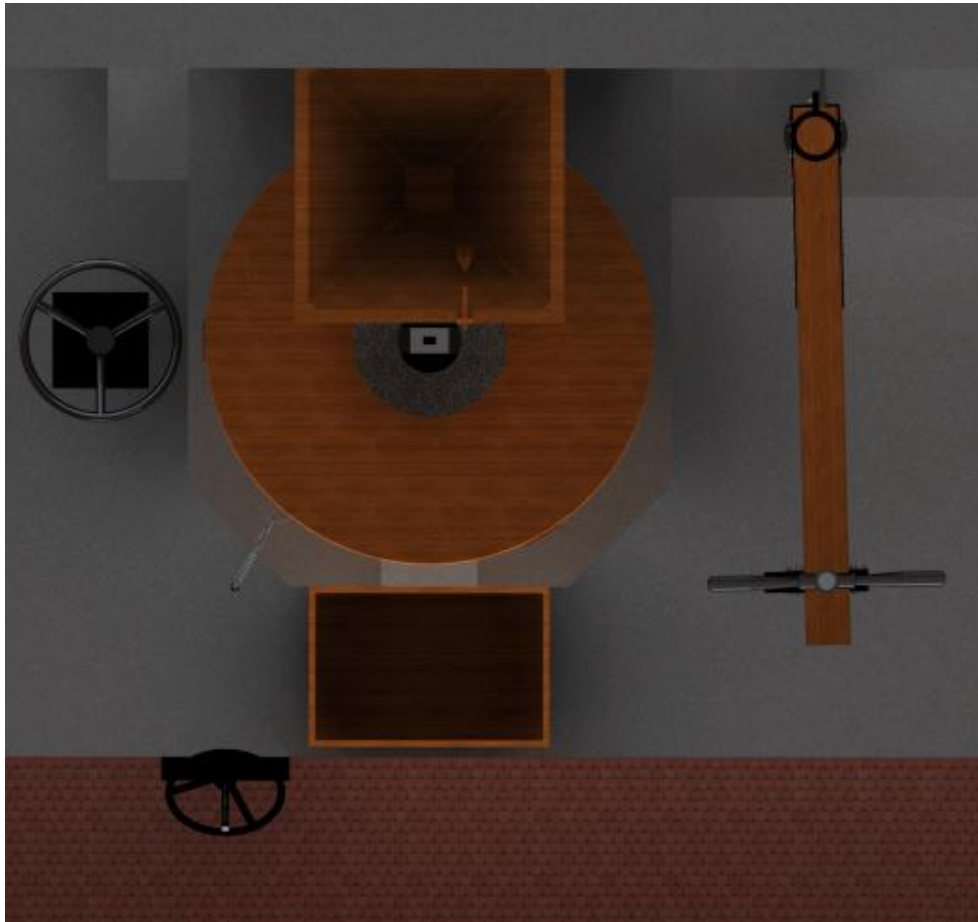


Figura 113 planta del montaje final.

4.3 ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS (CLASH)

Durante todo el proceso de montaje de las más de cien piezas de las que consta el molino se ha ido asegurando que no existiera interferencia alguna entre sus partes. De este modo se ha conseguido ensamblar el molino por completo y que el número de interferencias de tipo choque sea nulo.

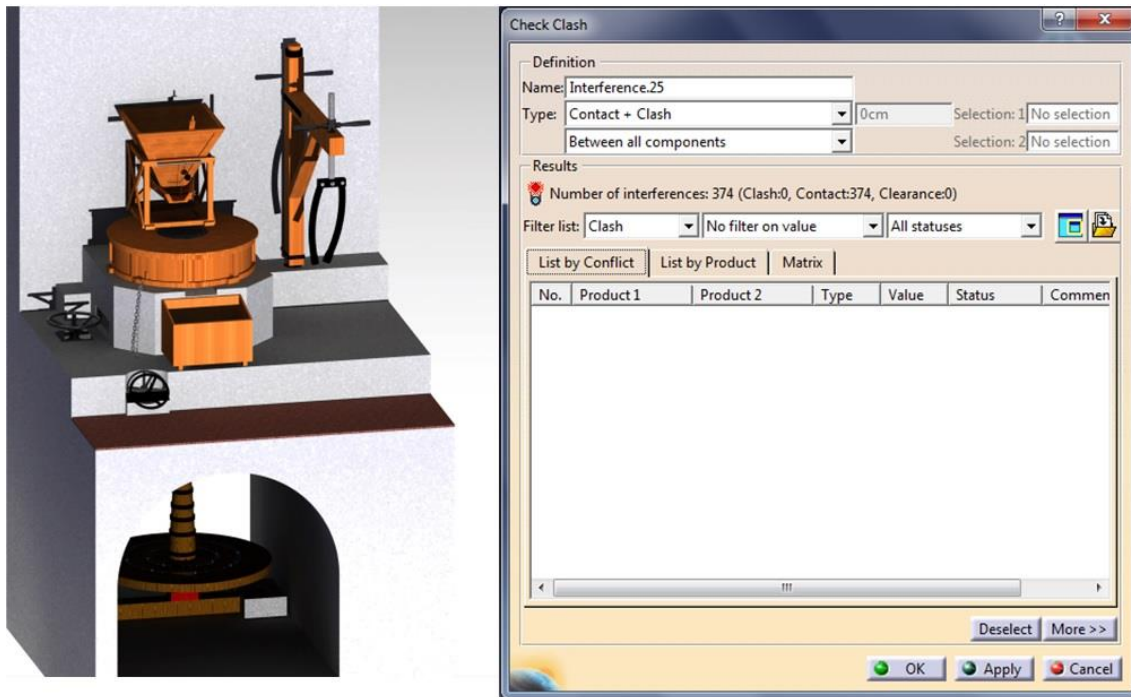


Figura 114 Análisis de interferencias del montaje completo.

Para obtener el resultado de este análisis de interferencias se han seguido los siguientes pasos en el módulo de *Assembly Design* de CATIA: *Analyze* → *Clash...* → *Between all components* → *Apply*. Llegados a este punto aparece la ventana de la imagen, en la que se puede interpretar que no existe ninguna interferencia de tipo choque (*clash*) entre ninguna de sus componentes (*between all components*).

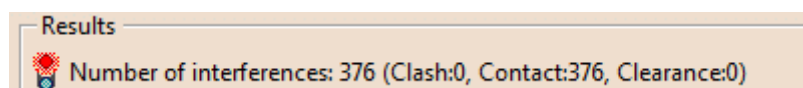


Figura 115 Resultado del análisis de interferencias.

5. REALIDAD AUMENTADA

5.1 DEFINICIÓN DEL CONCEPTO DE REALIDAD AUMENTADA.

El objetivo de la realidad aumentada (31) es combinar elementos virtuales con el propio entorno físico para mejorar la experiencia real y obtener más información de los elementos que nos rodean. Busca ampliar nuestra percepción mediante imágenes, vídeos o información digital con ayuda de una amplia gama de dispositivos móviles como smartphones, tablets, un ordenador o unas gafas virtuales. Este concepto no debe confundirse con la *realidad virtual*, ya que no pretende sustituir por completo la realidad física, sino que la complementa.

Para poder disfrutar de la realidad aumentada son indispensables tres elementos:

- Una cámara que tome la información del mundo real para trasmitirla al software de realidad aumentada
- Dicho software para procesar dicha información y para enviar datos que complementen a la realidad
- Un componente que plasme el contenido

Cada vez son más las aplicaciones que se basan en este concepto y que pretenden ayudarnos en nuestra vida cotidiana. Con la llegada de los terminales móviles a nuestro día a día este tipo de tecnología ha evolucionado exponencialmente. Se trata de un mercado aun en explotación y en el que infinidad de empresas ven un gran futuro.

Dada su flexibilidad, puede aplicarse a todo tipo de ámbitos: videojuegos, publicidad, medicina, arquitectura, educación, reconstrucción de piezas de museos, etc. Se va a destacar en la siguiente lista sus aplicaciones más llamativas:

- Publicidad. Se pretende impactar al consumidor con una experiencia única y una interacción con los propios productos. En un futuro no muy lejano se cree que el uso de hologramas estará completamente extendido.

- Arquitectura. El desarrollo de prototipos y maquetas a escala reducen considerablemente los costes de cualquier tipo de proyecto.
- Educación. Participación y diversión es lo que promete un buen uso de este tipo de tecnología para los alumnos.
- Medicina. La cirugía asistida es una metodología cuyo uso está extendiéndose. Gracias a las tablets los profesionales de la salud pueden apoyarse en imágenes que los guíen durante todo tipo de operaciones.
- Eventos sociales. Durante la celebración de algún evento deportivo, las aplicaciones de la realidad aumentada nos permitirían acceso directo a estadísticas e información de referencia.
- Automoción. Un claro ejemplo sería el sistema que los coches de último modelo incorporan para la ayuda durante el estacionamiento.
- Turismo. Ofreciendo guías turísticas por ciudades museos y monumentos.

Los límites de la realidad aumentada solo dependen de la imaginación de su creador, por lo que se trata de un campo con un potencial enorme.

5.1 CÓDIGO QR

Se va a aplicar en este punto el concepto de realidad aumentada a la modelación del Molino de Inca. El objetivo es crear un código QR que permita redirigir a los usuarios a una página web que pretende ser un resumen de todo lo expuesto en este trabajo.

El enlace a la página web es el siguiente:

<http://yitosizale.jimdo.com/rehabilitaci%C3%B3n/>

El código QR generado se muestra a continuación:



Figura 116 Código QR que da acceso a la página web de este trabajo.

La idea es colocar este código QR a la entrada del museo del molino de Inca, con el objetivo de que los visitantes usaran sus smartphones para escanearlo y acceder a la página web creada en base a este proyecto. También se daría acceso a este enlace desde la página web del propio ayuntamiento de Torremolinos, de modo que pudiera servir para animar a futuros visitantes a disfrutar del precioso complejo del Jardín botánico.

La página web, de título “El molino de Inca: puesta en valor del patrimonio industrial de Torremolinos”, contiene todo tipo de información relacionada con este molino. Los tres puntos tratados son:

- Historia de la molinería en Torremolinos.
- Proyecto de rehabilitación del molino de Inca.
- Modelado en 3D del molino de Inca.

El objetivo es que todos los visitantes cuenten con una fuente de información más amplia y dinámica. Deja de ser absolutamente necesario desplazarse hasta el molino de Inca para saber mucho más sobre el mismo.

Las siglas QR (32) responden al concepto inglés *Quick Response*. Este tipo de código tiene como principal característica que el tiempo que se tarda en procesarlo es bajísimo. Fue creado en 1994 por la compañía japonesa Denso Wave y su uso está completamente extendido en todos los países del mundo. Su característica principal es que cuenta con tres cuadros en las esquinas que permiten al lector situar el código a la perfección.

Generar un código de este tipo hoy en día es una tarea increíblemente sencilla. Una vez que se ha creado la página web, se introduce su *código url*¹⁴ en <http://www.codigos-qr.com/generador-de-codigos-qr/>. Unos segundo después se genera un código QR que al escanearlo te redirige a la página deseada.

¹⁴ Secuencia de caracteres de acuerdo a un formato estándar que designa recursos en una red como puede ser Internet.

6. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS

6.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se pretende, por un lado, hacer un balance final sobre el trabajo realizado en base a distintos aspectos tales como:

- Enseñanzas obtenidas, tanto durante los procesos de investigación como en las labores de modelado.
- Discutir si se han cumplido o no los objetivos y/o expectativas.
- Resumen de las dificultades surgidas y la forma en que se han salvado.
- Sensaciones personales del autor.

Por último, se comentan los posibles estudios futuros que se abren tras la realización de este trabajo, bien por ampliación o perfeccionamiento del presente proyecto, bien por otros temas que han ido apareciendo a lo largo del proyecto, y que debido a que se salían del ámbito del proyecto no se ha ahondado en ellos.

6.2 CONCLUSIONES

En primer lugar hay que destacar que pese a las dificultades encontradas a lo largo del proyecto, principalmente durante las labores de modelado, nos mostramos satisfechos con los resultados obtenidos.

Conforme se ha ido ahondando en la investigación sobre la industria de la molinería con el fin de recoger la documentación suficiente para la elaboración de este trabajo fin de grado, ha ido creciendo exponencialmente el interés de la autora por estos inventos. Sin duda se trata de unas importantísimas obras de la ingeniería de nuestros antepasados, que por su condición de antiguas y por el escaso respeto que existe en España en general por la arqueología industrial, han ido quedando en el más triste de los olvidos.

Más concretamente a nivel del municipio de Torremolinos, pese a la importante obra de recuperación del molino de Inca culminada en el año

2006, se puede comprobar que no existe ningún tipo de estrategia en lo que a la conservación de sus molinos se refiere. Existen algunos caseríos en pie repartidos por las zonas más emblemáticas de la ciudad que pasan absolutamente desapercibidos. Tanto, que no se respetan ni sus fachadas, siendo éstas burdamente aplacadas con baldosas cerámicas con la incursión de los nuevos establecimientos. Por estas razones uno de los indiscutibles objetivos de este trabajo ha sido el de la conservación del patrimonio industrial de Torremolinos, como deja latente su título.

Al no contar con ningún tipo de informe que recogiera las medidas de las distintas partes del molino se tuvo que proceder a medirlas de manera manual como paso previo al modelado en CATIA V5. Esta tarea se realizó con la ayuda de un metro y un pie de rey. La lectura positiva de este hecho es un conocimiento mucho más profundo del invento, ganando su modelado en calidad.

En el desarrollo del modelado sin duda es donde se han encontrado las mayores dificultades. Se ha extraído la conclusión de que resulta especialmente complicado llevar una obra de tipo artesanal a un programa como CATIA V5. La razón radica en que esta herramienta de modelado en 3D es muy estricta y cuenta con un módulo de ensamblaje muy limitado para casos como este, en que las piezas son imperfectas por su carácter artesanal. Pese a ello, los resultados son muy buenos y sobre todo de un nivel visual envidiable.

Se tomó la decisión al inicio del proyecto de conseguir un alto nivel de detalle en el diseño de la tornillería del molino. Al tratarse de un artificio muy antiguo los tornillos convencionales son los más utilizados para unir las distintas piezas. Se inició esta parte del modelado dando rosca tanto a los tornillos como a los agujeros en los que se insertaban. Pero esto resultó ser una gran fuente de problemas ante la imposibilidad de poder hacer encajas las roscas, ya que CATIA las modela como *no visibles*. Por esta razón se decidió eliminar todos los roscados, modelando un roscado visible únicamente en los ejes de mayores dimensiones.

Todas las dificultades que se detallan y muchas otras menos importantes han colaborado, sin embargo, en mejorar las técnicas personales de la autora del manejo de CATIA V5. Se ha conseguido refrescar los conocimientos que se tenían y sobre todo mejorarlos.

Se está muy satisfecho con el nivel de detalle alcanzado en la modelación, ya que se ha intentado ser fiel al diseño del felizmente rehabilitado molino de Inca. Esto se refleja, por ejemplo, en la selección de las texturas adecuadas

para dar al montaje un aspecto totalmente realista. También cabe destacar el diseño de la ya mencionada tornillería o el de elementos como cadenas, que también han dado numerosos problemas felizmente solventados.

Bajo la idea de colaborar en la puesta en valor del patrimonio industrial de Torremolinos. Se espera que todo el trabajo realizado hasta ahora sea puesto en valor exponiéndolo, al menos una parte de él, en el museo de la molinería del Jardín botánico molino de Inca.

6.3 DESARROLLOS FUTUROS

En el campo de la ingeniería ningún trabajo debe darse por terminado, sino que se debe decidir en qué dirección se quiere investigar y hasta qué nivel de profundidad. Por esta razón se van a comentar a continuación el potencial de este trabajo en cuanto a lo que ampliarlo se refiere.

Resulta interesante hacer la distinción de los posibles estudios futuros directamente derivados de los resultados del trabajo y los derivados de la documentación investigada, que ha sacado a la luz temas muy interesantes.

De entre todas las ideas que han ido surgiendo se ha elaborado una lista resumen de las más atractivas:

- **Uso del modelado del molino para su animación.** Este era uno de los objetivos iniciales del trabajo, pero por falta de tiempo y dado el gran esfuerzo que ha supuesto su modelación se decidió prescindir de su animación. Esta tarea puede llevarse a cabo en el módulo *Infrastructure* de CATIA y más concretamente en la pestaña de *Real Time Rendering*. Pero existen otras muchas herramientas igualmente válidas: DMU NAVIGATOR, DMU SPACE ANALYSIS, DMU KINEMATICS, DMU FITTING, DMU OPTIMIZER, PRODUCT FUNCTION OPTIMIZATION y PRODUCT FUNCTIONAL DEFINITION.
- **Realizar un estudio más profundo de otros aspectos de interés del molino.** Existe la opción de analizar los esfuerzos y tensiones a las que están sometidos los diferentes elementos del molino, entiendo así de forma más rigurosa los materiales que se usaron para su fabricación. En esta línea, también se podría realizar propuestas acerca de sustituir estos materiales por otros más modernos, que no cambiaran su aspecto visual actual pero que favorecieran a su

conservación. Otra posible vertiente sería la de investigar acerca de sus parámetros de funcionamiento para estimar la producción de harina que pudo haber alcanzado el molino de Inca. Su estudio y análisis puede servir para conocer sus técnicas de funcionamiento, parámetros, procesos, régimen de trabajo y, en definitiva, conocer no solo estos ingenios sino también a los técnicos y artesanos que los diseñaron, fabricaron y mantuvieron en funcionamiento durante siglos.

- **Modelado de la segunda parada del molino de Inca.** Aunque la otra parada del molino es sustancialmente parecida a la modelada, existen diferencias en algunos de sus elementos como son la bandeja, el paladín o el guardapolvo. Al final las diferencias en estas piezas se deben a la época en que se fabricaron.
- **Investigación y modelado de los molinos de la ciudad de Marbella.** Durante una parte de la investigación realizada para la redacción del Apartado 2.4 Los molinos hidráulicos en Andalucía., se descubrió que en la zona norte de esta población siguen en pie una importante serie antiguos molinos harineros, y aunque existe documentación al respecto no existe ningún tipo de recreación virtual. La mayor parte de ellos están en estado de ruina, pero sus restos podrían ser suficientes para su reconstrucción virtual y puesta en valor.
- **Puesta en marcha de un plan para la conservación del patrimonio industrial de Torremolinos.** Este último punto más que suponer un tema para un futuro trabajo fin de grado pretende ser una propuesta para sacar del olvido la industria molendera torremolinense. Ya se había comentado en el apartado de conclusiones que sorprende el poco cuidado que se le ha dado a este aspecto del municipio. Las ideas que han surgido en esta línea han sido:
 - Crear una legislación para proteger la arquitectura de los pocos caseríos que aun siguen en pie en la ciudad.
 - Programación de coloquios o exposiciones en organismos claves como centros culturales, colegios o en el propio ayuntamiento. Estas actividades servirían para acercar al pueblo su historia molendera tan desconocida y también para crear conciencia en cuanto a la conservación de la arqueología industrial.

- Creación de una aplicación interactiva que permita que los vecinos y visitantes hagan un recorrido por los sitios en que se levantaron estos inventos, acercándolos así a las raíces del municipio.
- Ampliación y modernización del material mostrado en el museo de la molinería del Jardín botánico molino de Inca con el objetivo de mejorar su calidad y favorecer el aumento de visitas, ya no solo al molino sino al propio Torremolinos.

En definitiva se trataría de sacar partido a la historia de Torremolinos y convertirla en un atractivo más para su ya potentísimo turismo, sin olvidarnos de sus tantos habitantes que desconocen por completo esta importante faceta del municipio.

BIBLIOGRAFÍA

1. **López García, Rafael.** *Molinos hidráulicos. Apuntes de historia y tecnología.* Alcalá La Real : Formación Alcalá S.L., 2006.
2. —. Historia de la molinería. *Molinos hidráulicos. Apuntes de historia y tecnología.* Alcalá La Real : Formación Alcalá S.L., 2006.
3. slideshare. [En línea] [Citado el: 25 de 04 de 2016.] <http://es.slideshare.net/universidadpopularc3c/notas-para-una-historia-de-la-ingeniera-y-de-la-tnica-desde-la-antigedad-hasta-el-renacimiento>.
4. **López García, Rafael.** Tipología de molinos según la fuente de energía. *Molinos hidráulicos. Apuntes de historia y tecnología.* Alcalá La Real, Jaén : Formación Alcalá S.L., 2006.
5. Dicter 2.0. [En línea] María Jesús Mancho Duque, 2000. [Citado el: 27 de 04 de 2016.] <http://dicter.usal.es/lema/molino> .
6. COIIM. *Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid.* [En línea] [Citado el: 28 de 04 de 2016.] http://www.coiim.es/revista/Articulos/06_2009_MolinosdeViento.aspx.
7. **Moreno Vega, Alberto y López Gálvez, María Yolanda.** *Los molinos como impulsores de la industria medieval: la obtención de alimentos.* Tui, Pontevedra : s.n., 2012.
8. **Fernández Bonnemaïson, Juan.** *Rehabilitación del Molino de Inca.* Torremolinos, Málaga : Cilniana, 2003.
9. **López García, Rafael.** Los molinos hidráulicos. *Los molinos hidráulicos. Apuntes de historia y tecnología.* Alaclá La Real, Jaén : Formación Alcalá S.L., 2006.
10. Andalucía información. [En línea] Grupo Publicaciones del Sur S.A. <http://andaluciainformacion.es/gente-lugares-y-tradiciones/567985/los-viejos-molinos-de-torremolinos-1/>.
11. **López García, Rafael.** Los molinos hidráulicos en España. *Molinos hidráulicos. Apuntes de historia y Tecnología.* Alcalá La Real : Formación Alcalá S.L., 2006.
12. **Palop, Juan José.** Los molinos de Torremolinos. *Los molinos de Torremolinos.* Torremolinos, Málaga : Excelentísimo Ayuntamiento de Torremolinos, 1970.

13. —. La anexión de Torremolinos a Málaga. *Los molinos de Torremolinos*. Torremolinos, Málaga : Excelentísimo Ayuntamiento de Torremolinos, 1970.
14. **De La Fuente, Rafael**. La opinión de Málaga. [En línea] [Citado el: 17 de 03 de 2016.] <http://www.laopiniondemalaga.es/malaga/2013/05/19/amor-lado-oscuro-luna/589002.html>.
15. Torremolinos y Benalmádena, un sol de ciudad en la Costa del Sol. [En línea] <http://www.torremolinosbenalmadena.com/playas-de-torremolinos-y-benalmadena/playa-la-carihuela-torremolinos-ID21.html>.
16. Bodaclick. [En línea] 2000-2013. <http://bodas.bodaclick.com/molino-de-batan>.
17. **Palop, Juan José**. Molino de Manojas (Manuel). *Los molinos de Torremolinos*. Torremolinos, Málaga : Excelentísimo Ayuntamiento de Torremolinos, 1970.
18. Apartamentos Torre de la Roca. [En línea] [Citado el: 24 de 03 de 2016.] <http://blog.apartamentoslalroca.com/?cat=5>.
19. Diputación de Málaga. [En línea] 2016. [Citado el: 23 de 04 de 2016.] http://www.malaga.es/es/turismo/naturaleza/cnl-83/lis_cd-3706/jardin-botanico-molino-inca.
20. Siemens. [En línea] [Citado el: 15 de 06 de 2016.] <http://blog.industrysoftware.automation.siemens.com/blog/2011/11/11/local-motors-launches-solid-edge-design1/>.
21. [En línea] [Citado el: 09 de 07 de 2016.] <http://tech-clarity.com/nx-cad-vision/3744>.
22. Autodesk. [En línea] [Citado el: 15 de 06 de 2016.] <http://inthemachine-autodesk.typepad.com/blog/autodesk-inventor-professional/>.
23. CAD CAM Inform. [En línea] 2016. [Citado el: 15 de 06 de 2016.] <http://www.cadcamengineering.net/autocad-3d-tutorials/>.
24. Wikipedia. [En línea] [Citado el: 15 de 06 de 2016.] http://es.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Inventor.
25. In the machine. [En línea] Autodesk, 2010. [Citado el: 15 de 06 de 2015.] <http://inthemachine-autodesk.typepad.com/blog/autodesk-inventor-professional/>.
26. Wikipedia. [En línea] [Citado el: 15 de 06 de 2016.] http://es.wikipedia.org/wiki/Solid_Edge.

27. F-16 SolidWorks Surfacing. [En línea] SolidSmack, 2011. [Citado el: 15 de 06 de 2015.] <http://www.solidsmack.com/wp-content/uploads/2011/10/F-16-solidworks-00.jpg>.
28. Youtube - Solid Edge for SharePoint. [En línea] [Citado el: 15 de 06 de 2015.] https://www.youtube.com/watch?v=Hi_IHmNSv-A.
29. Sistema formación y empleo. [En línea] [Citado el: 15 de 06 de 2016.] <http://www.sistemaformacion.com/utilidades-de-catia-para-la-ingenieria-y-el-diseno>.
30. Keltia Desing Inc. [En línea] Aerospace Recruiting and CATIA, 2010. [Citado el: 15 de 06 de 2016.] <http://keltia-design.com/catia-training>.
31. Youtube. [En línea] [Citado el: 09 de 07 de 2016.] <https://www.youtube.com/watch?v=-qb4YkhRO58>.
32. Wikipedia. [En línea] [Citado el: 09 de 07 de 2016.] https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_QR#Caracter.C3.ADsticas_generales.
33. Diario Sur. [En línea] [Citado el: 17 de 03 de 2016.] <http://www.diariosur.es/costadelsol/201503/14/primer-hotel-torremolinos-golpe-20150313205157.html>.
34. **Palop, Juan José.** Situación y determinantes laborales. *Los molinos de Torremolinos*. Torremolinos, Málaga : Excelentísimo Ayuntamiento de Torremolinos, 1970.
35. Historia del automóvil en Malaga - Segunda parte. [En línea] [Citado el: 18 de 04 de 2016.] http://historiadelaautomovilenmalagasegunda.blogspot.com.es/2011/09/el-automovil-en-el-paisaje-urbano-de_6818.html?view=mosaic.
36. Tripadvisor. [En línea] [Citado el: 20 de 04 de 2016.] https://www.tripadvisor.es/Restaurant_Review-g187440-d7612466-Reviews-El_Marques_Bodegon-Torremolinos_Costa_del_Sol_Province_of_Malaga_Andalucia.html.
37. Sapos y princesas: ideas y planes inolvidables con niños. [En línea] [Citado el: 23 de 04 de 2016.] <http://www.sapoyprincesas.com/actividad/malaga/aire-libre/parques-y-jardines/paseo-con-mi-familia-por-el-jardin-botanico-molino-de-inca/>.

38. Manantiales y fuentes de Andalucía. [En línea] Instituto del Agua de la Universidad de Granada, 2007. [Citado el: 29 de 04 de 2016.] http://www.conocetusfuentes.com/datos_elemento_337.html.

39. Códigos QR. [En línea] DENSO WAVE INCORPORATED, 2009. [Citado el: 20 de 05 de 2016.] <http://www.codigos-qr.com/generador-de-codigos-qr/>.