INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura
Unidad Tecamachalco.

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación

Unidad Tecamachalco

Los molinos hidráulicos, como innovación tecnológica en las haciendas del siglo XVI

Tesis que para obtener el grado de maestría en

ciencias en arquitectura y urbanismo

Presenta:

Eduardo López Carlos

Registro SIP: A 190401

Director:

Dr. Carlos Alberto Torres Montes de Oca

Tecamachalco, Estado de México. Diciembre de 2020

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura
Unidad Tecamachalco.

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación

Unidad Tecamachalco

Los molinos hidráulicos, como innovación tecnológica en las haciendas del siglo XVI

Tesis que para obtener el grado de maestría en

ciencias en arquitectura y urbanismo

Presenta:

Eduardo López Carlos

Registro SIP: A 190401

Director:

Dr. Carlos Alberto Torres Montes de Oca

Asesores:

Dr. Tarsicio Pastrana Salcedo

Dr. Alejandro Jiménez Vaca

Dra. Luz Olivia Domínguez Prieto

Dr. Christian Miguel Ruiz Rodríguez

Tecamachalco, Estado de México. Diciembre de 2020

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
UNIDAD TECAMACHALCO

SECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION

FECHA DE CLASIFICACIÓN: 04 de Noviembre de 2019
UNIDAD RESPONABLE: Departamento de Posgrado
CARÁCTER: Confidencial
PARTES CLASIFICADAS: Registro
FUNDAMENTO LEGAL: Artículo 3, fracción II, 18, fracción 11 y 21 LFTAIPG, Lineamiento 32°- fracción XVII

SEPI/154/MCAU/11/19

Tecamachalco, Estado de México, a 04 de Noviembre de 2019.

C. LÓPEZ CARLOS EDUARDO
(A190401)
ALUMNO DE ESTA SECCIÓN
P R E S E N T E.

El Colegio de Profesores de esta Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, en sesión de fecha 26 de Febrero de 2019, dictó un acuerdo que la letra dice:

Con base en el análisis de su expediente y de acuerdo a los lineamientos establecidos por este Colegio, se le informa que se autoriza el registro de director de la tesis denominada: **LOS MOLINOS HIDRÁULICOS, COMO INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LAS HACIENDAS DEL SIGLO XVI** y tuvo a bien a designarle como director al **DR. CARLOS ALBERTO TORRES MONTES DE OCA,** en su programa de estudios de la **Maestría en Ciencias en Arquitectura y Urbanismo.**

Se comunica a usted lo anterior para los fines que haya lugar.

A T E N T A M E N T E
"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"

M. en C. ESPAÑA CABALLERO ARTURO
JEFE DE LA SEPI E.S.I.A TECAMACHALCO.

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
TECAMACHALCO
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

c. c. p. Expediente.
ASTJ/egf.

SIP-14
REP 2017

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México siendo las 9:00 horas del día 07 del mes de diciembre del 2020 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Posgrado de: SEPI ESIA Tecamachalco

Los molinos hidráulicos, como innovación tecnológica en las haciendas del siglo XVI del (la) alumno (a):

Apellido Paterno:	López	Apellido Materno:	Carlos	Nombre (s):	Eduardo

Número de registro: A 1 9 0 4 0 1

Aspirante del Programa Académico de Posgrado: Maestría en Ciencias en Arquitectura y Urbanismo

Una vez que se realizó un análisis de similitud de texto, utilizando el software antiplagio, se encontró que el trabajo de tesis tiene 15 % de similitud. **Se adjunta reporte de software utilizado**.

Después que esta Comisión revisó exhaustivamente el contenido, estructura, intención y ubicación de los textos de la tesis identificados como coincidentes con otros documentos, concluyó que en el presente trabajo **SI** ☐ **NO** ☒ **SE CONSTITUYE UN POSIBLE PLAGIO.**

JUSTIFICACIÓN DE LA CONCLUSIÓN: *(Por ejemplo, el % de similitud se localiza en metodologías adecuadamente referidas a fuente original)*

Se concluye que, el porcentaje arrojado por el software anti-plagio utilizado se encuentra debidamente referido a sus respectivas fuentes acorde a las metodologías solicitadas para la presentación de la tesis de maestría.

****Es responsabilidad del alumno como autor de la tesis la verificación antiplagio, y del Director o Directores de tesis el análisis del % de similitud para establecer el riesgo o la existencia de un posible plagio.**

Finalmente y posterior a la lectura, revisión individual, así como el análisis e intercambio de opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR** ☒ **SUSPENDER** ☐ **NO APROBAR** ☐ la tesis por **UNANIMIDAD** ☒ o **MAYORÍA** ☐ en virtud de los motivos siguientes:

SATISFACE LOS REQUISITOS SEÑALADOS POR LAS DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS CORRESPONDIENTES

COMISIÓN REVISORA DE TESIS

Director de Tesis
Dr. Carlos Alberto Torres Montes de Oca

Dr. Tarsicio Pastrana Salcedo

Dr. Alejandro Jiménez Vaca

Dra. Olivia Domínguez Prieto

Dr Christian Miguel Ruiz Rodríguez

Ing. Arq. Luis Alejandro Córdova Gonzáles
PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

“La técnica al servicio de la patria”

“Cuando muere una lengua todo lo que hay en el mundo, mares y ríos, animales y plantas, ni se piensan, ni pronuncian con atisbos y sonidos que no existen ya…”

Miguel León Portilla.

Agradecimientos

Al **CONACYT**, por el apoyo que me brindó para la realización de la presente investigación.

Al **Sistema de Becas de Posgrado del IPN**, por su apoyo para continuar con mis estudios y contribuir a la realización de esta investigación.

Al **Instituto Politécnico Nacional**, por ser mi alma mater, por forjar en mí, valores, conocimientos y actitudes que son y serán de gran utilidad para vida profesional.

A la **ESIA Tecamachalco**, por brindarme sus puertas y espacios una vez más para continuar con otra meta académica.

Al **Dr. Carlos Alberto Torres Montes de Oca,** por sus enseñanzas académicas y de vida, por la motivación que siempre me brindó para seguir con esta investigación y no darme por vencido, pero sobre todo por su amistad.

Al **Dr. Tarsicio Pastrana Salcedo y al Dr. Alejandro Jiménez Vaca**, por sus enseñanzas brindadas y el contagio por el amor a la conservación del patrimonio urbano arquitectónico. Pero, sobre todo, por los consejos de vida para seguir adelante en el ámbito académico y profesional.

Al profesor **Jorge F. Zárate Martínez,** por su participación y dedicación constante en el taller, por haber impulsado al estudio de una segunda lengua y consolidar un mejor perfil académico.

A los profesores de la **SEPI Tecamachalco**, porque de cada uno de ellos adquirí conocimientos que forjaron mi etapa de investigación en el posgrado.

A los **compañeros y amigos** que estuvieron presentes durante esta etapa de vida, con sus maravillosas palabras y consejos para seguir adelante y no darme por vencido.

A **mi familia,** por el apoyo, cariño y los sabios consejos que siempre me han brindado, por ser el principal motor para seguir adelante con estos proyectos. Y, sobre todo, por ser mis mejores compañeros y amigos de vida.

Resumen

Durante el Virreinato, época posterior a la conquista en México, se implementaron nuevas formas de producción agrícola que incluían el uso de maquinarias hidráulicas (molinos, norias y animales como fuerza de trabajo) utilizadas para procesar el trigo y transformarlo en harina, alimento básico para los españoles y que no pertenecía a Mesoamérica. La introducción de estos nuevos ingenios hidráulicos contribuyó a una innovación tecnológica, provocando cambios sociales, políticos y culturales en la Nueva España.

El proceso de molienda se llevó a cabo en las haciendas, consideradas como unidades de trabajo industrial y localizadas cerca de fuentes de abastecimiento de agua que servían para hacer funcionar a los molinos hidráulicos. En ocasiones, en estas zonas se encontraban canales prehispánicos pertenecientes a un complejo sistema de irrigación y que implementaron la conducción y alimentación de agua a los molinos hidráulicos.

El vínculo que existió entre estos sistemas y los molinos hidráulicos, convierte a este patrimonio cultural y, específicamente industrial en Mexico en algo único e irrepetible. Por lo tanto, una manera de poder conservar los pocos vestigios que quedan, es a través de la creación de este tipo de investigaciones y una posterior divulgación de conocimiento a la sociedad.

Palabras clave:

Molinos hidráulicos, haciendas, innovación, tecnología

Abstrac

During the Viceroyalty, after conquest period in Mexico, there were new ways of agricultural production that included the use of hydraulic machinery (watermills, water wheels and animals as workforce) to process wheat and transform it into flour, a basic food for the spaniards and that didn't belong to Mesoamerica. The introduction of these new hydraulic devices contributed to a technological innovation to produce social, political and cultural changes in New Spain.

The milling process was carried out on the haciendas (farms), considered as industrial work units and located near the water supply sources to operate the watermills. Occasionally, in these areas there were prehispanic canals belonging to a complex irrigation system and which implemented the conduction and feed to watermills.

The connection between these systems and the watermills makes unique and unrepeatable this cultural and specifically industrial heritage in Mexico. Therefore, one way of being able to conserve the few vestiges that remain is through the creation of this type of research and a subsequent dissemination of knowledge to society.

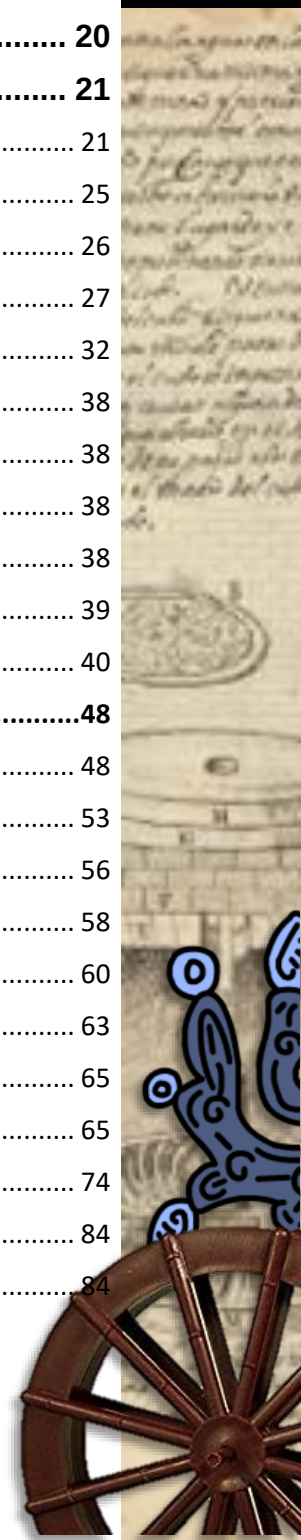
Keywords:

Watermills, farms, innovation, technology

Índice

Contenido

Agradecimientos **9**
Resumen **10**
Abstrac **11**
Índice **12**
Índice de imágenes **15**
Índice de gráficos **20**
Introducción **21**
Presentación general del documento 21
Descripción del hecho de investigación 25
Planteamiento del problema 26
Origen de la investigación 27
Justificación 32
Objetivos de la investigación 38
Objetivo General 38
Objetivos Específicos 38
Limitaciones del proyecto de investigación 38
Hipótesis 39
Conceptualización en la investigación 40
Capítulo 1. Innovación en las maquinarias europeas **48**
1.1. Innovación en las maquinarias europeas 48
1.2. Ingenios hidráulicos 53
1.3. Almazaras 56
1.4. Batán 58
1.5. Ferrerías 60
1.6. Molino de Pólvora 63
1.7. Molino de trigo 65
1.7.1. Subestructura 65
1.7.2. Superestructura 74
1.8. Abastecimiento de agua para los molinos hidráulicos 84
1.8.1. Almacenamiento 84



1.8.2. Conductores de agua 85
1.8.3. Controladores de agua 86
1.9. Composición de los espacios arquitectónicos en los molinos 86
1.10. Innovación constante en los molinos hidráulicos de trigo 90
1.10.1. Molino de balsa y cubo 96
1.10.2. Molino de Regolfo 97
1.10.3. Molino de Viento 99
Capítulo 2. Innovación en los sistemas hidráulicos prehispánicos 103
2.1. Antecedentes históricos en la cuenca de México 103
2.2. Innovación constante en los sistemas de abastecimiento de agua 108
2.2.1. Captación y almacenamiento de agua 109
2.2.1.1. Chultunes o cisternas mayas 109
2.2.1.2. Jagüeyes o depósitos pluviales a cielo abierto 111
2.2.1.3. Depósitos pluviales domésticos 112
2.2.2. Control de agua 115
2.2.2.1. Presas de derivación 115
2.2.3. Distribución de agua 118
2.2.3.1. Sistemas de irrigación permanente por medio de canales a través de manantiales y ríos perennes 123
2.2.3.2. Sistemas de irrigación de temporal por ríos permanentes 125
2.2.3.3. Sistemas de irrigación de temporal por inundación 127
2.2.3.4. Sistemas de riego a brazo 129
2.2.3.5. Sistemas de riego permanente 131
2.2.4. Metepantles y Terrazas 132
2.2.4.1 Metepantles 133
2.2.4.2 Terrazas de ladera 134
2.3. Casos análogos en Mesoamérica 135
2.3.1. Teotihuacán como sistema de riego permanente 135
2.3.2. Sistema de riego temporal en Tepetlaoztoc 136
2.4. Los tipos de cosechas en los sistemas hidráulicos 137
2.5. Innovación tecnológica en las herramientas agrícolas prehispánicas 140
2.6. La molturación como innovación tecnológica en Mesoamérica 144
Capítulo 3. Innovación en los sistemas hidráulicos del virreinato 149

3.1. Innovación en los sistemas hidráulicos del virreinato 149
3.1.1. Innovación en la infraestructura hidráulica de gran escala 150
3.1.2. Innovación en la infraestructura hidráulica de menor escala 155
3.1.2.1 Captación 155
3.1.2.2 Conducción 157
3.1.2.3 Almacenamiento 161
3.1.2.4. Control y distribución 162
3.1.2.5. Elevación 164
3.1.2.6. Producción Mecánica 165
3.2. Innovación en los oficios para la ingeniería hidráulica 168
3.2.1. Los gremios como innovación en la Nueva España 168
3.3. Innovación en los oficios e instrumentos de trabajo del agua 173
3.4. Innovación en los sistemas de medidas 177
3.4.1. Medidas Agrarias 178
3.4.2. Datas o medidas de agua 182
3.5. Las haciendas como innovación de producción agrícola 186
3.5.1. Clasificaciones de una hacienda 189
3.5.2. La arquitectura presente en las haciendas cerealeras 190
3.5.3. El aprovechamiento del agua en las haciendas y la innovación tecnológica de los molinos…. 196

Capítulo 4. Caso de estudio, ex hacienda Molino de Flores 205

4.1. Caso de estudio, ex hacienda Molino de Flores 205
4.2. Antecedentes históricos 206
4.3. Espacios arquitectónicos en la ex hacienda Molino de Flores 213
4.4. Aprovechamiento de infraestructura hidráulica prehispánica en la ex hacienda Molino de Flores 214
4.5. Reinterpretación de los espacios arquitectónicos del molino de rodezno en la hacienda Molino de Flores 227
4.6. Reconstrucción hipotética del molino de rodezno en la hacienda 234

Resultados 242
Conclusiones 244
Glosario 249
Bibliografía 253

Libros 253

Tesis..... 256
Artículos y publicaciones..... 257
Anexos 261

Índice de imágenes

Imagen 1. Ejemplo de sistema de conducción. 27
Imagen 2. Ejemplo de sistema de captación. 27
Imagen 3. Ejemplo de sistema de irrigación. 28
Imagen 4. Ejemplo de sistema de ritualidad. 28
Imagen 5. Región de Acolhuacan y su extensión en 1418. 30
Imagen 6. Representación pictográfica de la Triple Alianza en el códice Osuna (1565). 31
Imagen 7. Mapa de la ubicación de las primeras civilizaciones y la cercanía de los principales ríos. 48
Imagen 8. Representación del ciclo hidrológico. 49
Imagen 9. Construcción hipotética del sistema defensivo de Babilonia y la puerta de Ishtar, ... 50
Imagen 10. Esquema de la aplicación de una fuerza con inclinación en un rodezno. 52
Imagen 11. Diseño de un rodezno con la representación de álabes. 52
Imagen 12. Diseño y estructura de una almazara, para la producción de aceite. 56
Imagen 13. Diseño y estructura de un batan. 58
Imagen 14. Diseño y estructura de una ferrería. 60
Imagen 15. Diseño y estructura de la parte central de la ferrería. 62
Imagen 16. Diseño y estructura del martillo. 63
Imagen 17. Diseño y estructura de un molino de pólvora. 64
Imagen 18. División de un molino en superestructura y subestructura. 65
Imagen 19. Estructura de un rodezno y su eje principal. 67
Imagen 20. Estructura del eje o maza de un molino. 68
Imagen 21. Estructura de un saetín para dar presión al agua y poder mover los álabes en un rodezno. 69
Imagen 22. Estructura de un saetín. 70
Imagen 23. Estructura de cubo para almacenamiento de agua. 71
Imagen 24. Composición de la subestructura de un molino y la ubicación del saetín. 72
Imagen 25. Composición de la parte central (subestructura y superestructura) de un molino. 73
Imagen 26. Composición de una muela con sus estrías o canales para la molturación del grano. 76

Imagen 27. Composición de una muela con sus estrías. 77
Imagen 28. Corte esquemático de una muela fija y móvil con la estructura de una estría. 78
Imagen 29. Corte esquemático donde se aprecia la superestructura y los diferentes componentes de los que está compuesto un molino 80
Imagen 30. Corte esquemático para mostrar la parte de la tolva, la canaleta, tablilla y paletas. 81
Imagen 31. Corte esquemático para mostrar la parte de la tolva, la canaleta, tablilla y paletas. 82
Imagen 32. Estructura total de un molino hidráulico con rodezno horizontal. 83
Imagen 33. Corte longitudinal de un molino. 87
Imagen 34. Vista de cárcavo o cárcamo. 88
Imagen 35. Vista de dos cárcavos o cárcamos. 88
Imagen 36. Vista de un corte longitudinal de un molino de rodezno y de una rueda vertical. 89
Imagen 37. Morfología de la semilla de un cereal. 90
Imagen 38. Mortero como ejemplo de molienda por percusión. 91
Imagen 39. Molino de mano. 92
Imagen 40. Estructura de un molino de sangre. 92
Imagen 41. Molino de sangre accionado la fuerza humana 93
Imagen 42. Ejemplo de un molino de balsa y cubo. 96
Imagen 43. Estructura de un molino de Regolfo. 97
Imagen 44. Vista en planta de la estructura de un molino de Regolfo. 98
Imagen 45. Corte esquemático de un molino de Regolfo. 98
Imagen 46. Estructura de un molino tipo poste. 99
Imagen 47. Estructura de un molino tipo torre. 100
Imagen 48. Mapa del antiguo funcionamiento hidrológico de la Cuenca de México. 104
Imagen 49. Apreciación de la cuenca de México. 106
Imagen 50. Vista panorámica de la gran Tenochtitlan del año 1519. 107
Imagen 51. Imagen de un chultun. 110
Imagen 52. Ejemplo de un jagüey. 111
Imagen 53. Ejemplo de un impluvium que pertenece a una domus 112
Imagen 55. Imagen de Cantona. 114
Imagen 54. Imagen en donde se puede apreciar la ubicación de un jagüey. 114
Imagen 56. Ejemplo de presa de derivación. 116
Imagen 57. Parte del Lienzo de Zacatepec, del Códice Martínez García. 117
Imagen 58. Ejemplo de un sistema de irrigación permanente por medio de fuentes permanentes de agua y la construcción de presas derivadoras, canales primarios y secundarios. 123
Imagen 59. Preparación de almácigos de flores. 126

Imagen 60. Interpretación de un sistema de irrigación temporal sin uso de canales. 127
Imagen 61. Interpretación de un sistema de irrigación temporal con uso de canales. 128
Imagen 62. Siembra de maíz en hoyos, surcos o cajetes hechos por medio de herramientas de madera. 130
Imagen 63. Ejemplo de corte esquemático de una chinampa y sus características principales. 131
Imagen 64. Reinterpretación de un metepantle. 133
Imagen 65. Reinterpretación de una terraza tipo ladera. 134
Imagen 66. Mapa de Tecciiztlan, Acolman, Teotihucan Tepechpan, corregimiento de Tecciztlan, Arzobispado de México, 1580, reprografía. 136
Imagen 67. Mapa de presa efímera en Tepetlaoztoc. 137
Imagen 68. Composición general de una semilla de maíz. 138
Imagen 69. Ejemplo de hachas. 142
Imagen 70. Ejemplo de uso de hachas. 143
Imagen 71. Ejemplo de un metate para molienda de maíz. 144
Imagen 72. Proceso de cosecha del maíz y de su producción de masa (incluyendo la nixtamalización y la molienda del grano de maíz). 145
Imagen 73. Ejemplo de un molcajete. 146
Imagen 74. Cromolitografía en perspectiva de la Ciudad de México en el siglo XVII. 151
Imagen 75. Mapa del Perfil de la latitud y profundidad de los tajos, socavones, obras interiores de las bóvedas de mampostería del Real Desagüe. 152
Imagen 76. Construcción de una acequia para colocar bergantines que sirvieron como herramienta para la destrucción de la ciudad de Tenochtitlan. 153
Imagen 77. Ubicación del molino de papel. 154
Imagen 78. Representación gráfica de una ínsula o alberca para la captación de agua. 156
Imagen 79. Representación gráfica de un pozo vertical. 156
Imagen 80. Representación gráfica de un sistema de captación doméstica. 157
Imagen 81. Composición del acueducto de Chapultepec en la época prehispánica. 158
Imagen 82. Perspectiva de una de las primeras reconstrucciones del acueducto de Chapultepec. 159
Imagen 83. Representación gráfica de una tubería integrada a un muro. 159
Imagen 84. Representación gráfica de una tubería adosada a un muro. 160
Imagen 85. Representación gráfica de una tubería voladiza o mejor conocida como gárgola. 160
Imagen 87. Representación gráfica de una balsa. 161
Imagen 86. Representación gráfica de una pila. 161
Imagen 88. Composición de un aljibe. 162
Imagen 89. Estado actual de la compuerta “El castillo” ubicada en Acolman. 163

Imagen 90. Representación gráfica de una bomba hidráulica. 164
Imagen 93. Representación gráfica de una polea y un malacate. 164
Imagen 91. Representación gráfica de un tornillo de Arquímedes. 164
Imagen 92. Representación gráfica de una polea y un malacate. 164
Imagen 94. Ubicación de tres molinos hidráulicos en Tacubaya 1587. 166
Imagen 95. Ejemplo de un “Calpulli” Barrio San Pablo, México, D.F. (1564). 168
Imagen 96. Jerarquización social. 169
Imagen 97. Los cimientos de la Catedral de México hacia 1564. Códice Osuna. 170
Imagen 98. Portada de la escuela de artes y oficios en el municipio de Texcoco. 171
Imagen 99. Trabajadores indígenas construyendo una capilla. 172
Imagen 100. Geómatra. 173
Imagen 101. Agrimensor. 174
Imagen 102. Buscador de agua. 174
Imagen 104. Imagen de indígenas participando en las tareas de extracción y labrado de piedra. 175
Imagen 103. Xochimilcas y tepanecas construyen calzada por mandato del tlatoani mexica Itzcoatl, Códice Duran. 175
Imagen 105. Imagen de indígenas haciendo uso de instrumentos europeos (uso de plomadas y escuadras).....176
Imagen 106. Medidas antropométricas prehispánicas. 177
Imagen 107. Representación de las medidas de un sitio y criadero de ganado mayor. 179
Imagen 108. Representación de las medidas de un sitio y criadero de ganado menor. 180
Imagen 109. Representación de una caballería de tierra, media caballería y una suerte de tierra. 181
Imagen 110. Representación de fanegas de trigo y maíz dentro de una caballería de tierra. ..182
Imagen 111. Plano de los molinos en Santo Domingo, Tacubaya. 184
Imagen 112. Perspectiva de la ubicación de dos molinos (el de arriba y el de abajo. 185
Imagen 113. Dimensiones para el solar de un molino (50 varas por lado). 186
Imagen 114. Proceso de molienda. 190
Imagen 116. Hacienda de San Pedro Ibarra, Villa de Valles (Tamaulipas). 194
Imagen 115. Hacienda de Tarimoro, Maravatío (Michoacán). 194
Imagen 117. Hacienda de San Nicolas de las Guixas, Sierra de Pinos (Zacatecas). 195
Imagen 118. Sistema hidráulico del río Cuautitlán. 198
Imagen 119. Parte del mapa también llamado de la Relación geográfica de Teotihuacán 1580. 199

Imagen 120. Mapa en donde se muestra la ubicación de la presa y el partido, surtiendo agua a los poblados de Cuanalan, Tepexpan, Tequisistlán, Totolcingo y Santa Catarina. 201

Imagen 121. Mapa qe. comprende las Haciendas pertenecientes al Rl. 203

Imagen 122. Localización de la ex hacienda Molino de Flores, 4 km al oriente del municipio de Texcoco, Estado de México. 205

Imagen 123. Crecimiento territorial de la hacienda por temporalidad (1592, 1910 y 1937). 209

Imagen 124. Desplazamiento de los pobladores del barrio de Tuzcacuaco a raíz de la expansión territorial de la hacienda. 210

Imagen 125. Plano de la ex hacienda Molino de Flores. 212

Imagen 126. Sistema hidrológico del Lago de Texcoco que regula las aguas pluviales de los nueve ríos del Oriente del Valle de México, del rio de la Compañía provenientes del Estado de México y del rio Churubusco provenientes del Distrito Federal. 215

Imagen 127. Plano de la ubicación de los sistemas hidráulicos prehispánicos (acueductos en uso y abandonados) en la parte oriental de Acolhuacan. 216

Imagen 128. Corte esquemático del acueducto A, conformado por seis canales superpuestos. 217

Imagen 129. Vista en planta de la composición del sistema hidráulico en el cerro Teztcotzinco. 219

Imagen 130. Vista en planta del baño de la reina, ubicado al noroeste del cerro. 220

Imagen 131. Vista en planta del baño del rey, ubicado al suroeste del cerro. 221

Imagen 132. Infraestructura hidráulica en el cerro Teztcotzinco. 222

Imagen 133. Vista desde los baños de Nezahualcóyotl en el cerro de Teztcotzinco. 223

Imagen 135. Mapa Istlahuacan, Texcoco. Estado de México, 1592. 225

Imagen 134. Mapa Patlachiuhqui y Moyotepec Texcoco, Estado de México (1591). 225

Imagen 136. Mapa que ilustra el área correspondiente a los cerros Teztconzinco, Metécatl, Cócotl, así como de la ubicación de la hacienda. 226

Imagen 137. Planta arquitectónica del conjunto de espacios requeridos para el molino de trigo (Balsa, cubos, edificio de molienda y cárcavos). 228

Imagen 139. Corte transversal del edificio donde se encuentra el molino. 229

Imagen 138. Mapa que ilustra el posible trayecto de la acequia que alimentaba a la balsa y a los cubos para el accionamiento del molino. 230

Imagen 140. Ubicación de la compuerta que alimentaba al cubo 2. 231

Imagen 141. Representación y descripción de las cuatro fachadas correspondientes al edificio del molino de rodezno. 232

Imagen 142. Plano arquitectónico de las áreas en donde se ejecutaban las actividades de lavado, secado y almacenamiento del trigo, así como del resguardo de la harina como producto final. 233

Imagen 143. Modelo en 3D. Vista en planta del rodezno. 234

Imagen 144. Modelo en 3D. Vista en alzado de la maza o eje del rodezno. 235

Imagen 145. Corte esquemático a través de una fotogrametría para la ubicación del molino hidráulico y la conexión con el cubo a través del saetín. 237

Imagen 146. Modelo en 3D. Vista en planta de la muela y del banco. 238

Imagen 147. Modelo en 3D. Vista en planta, alzado e isométrico de la superestructura del molino. 239

Imagen 148. Isométrico por medio de una fotogrametría del edificio principal del molino y modelado en 3D de la maquinaria. 240

Imagen 149. Isométrico por medio de una fotogrametría del edificio principal del molino y modelado en 3D de la maquinaria. 241

Índice de gráficos

Gráfico 1. Mapa conceptual para la investigación.....46

Gráfico 2. Mapa conceptual para la clasificación de ingenios hidráulicos. 54

Gráfico 3. Mapa conceptual para la clasificación de ingenios hidráulicos, mediante el uso de la rueda. 55

Gráfico 4. Mapa conceptual para la clasificación de molinos hidráulicos dependiendo del uso y posición de la rueda. Realizó Eduardo López Carlos. 95

Gráfico 5. Mapa conceptual para la clasificación de molinos hidráulicos dependiendo de la fuerza aplicada.....101

Gráfico 6. Clasificación del tipo de infraestructura de acuerdo a la manera de obtención del agua. 108

Gráfico 7. Esquemas de acequias prehispánicas basados en los datos de Willian E. Doolitle, e interpretados por parte de Alejandro Jiménez Vaca en su libro, Las acequias en la cuenca de México.....120

Gráfico 7.1. Esquemas de acequias prehispánicas basados en los datos de Willian E. Doolitle, e interpretados por parte de Alejandro Jiménez Vaca en su libro, Las acequias en la cuenca de México.....121

Gráfico 7.2. Esquemas de acequias prehispánicas basados en los datos de Willian E. Doolitle, e interpretados por parte de Alejandro Jiménez Vaca en su libro, Las acequias en la cuenca de México.....122

Gráfico 8. Clasificación de la infraestructura hidráulica durante el periodo del Virreinato. 167

Gráfico 9. Modelo de trabajo y la estratificación socio – económica de una hacienda durante el virreinato.....188

Gráfico 11. Partido Arquitectónico de una hacienda con un molino hidráulico. 193

Gráfico 10. Partido Arquitectónico de un molino hidráulico harinero español. 193

Introducción

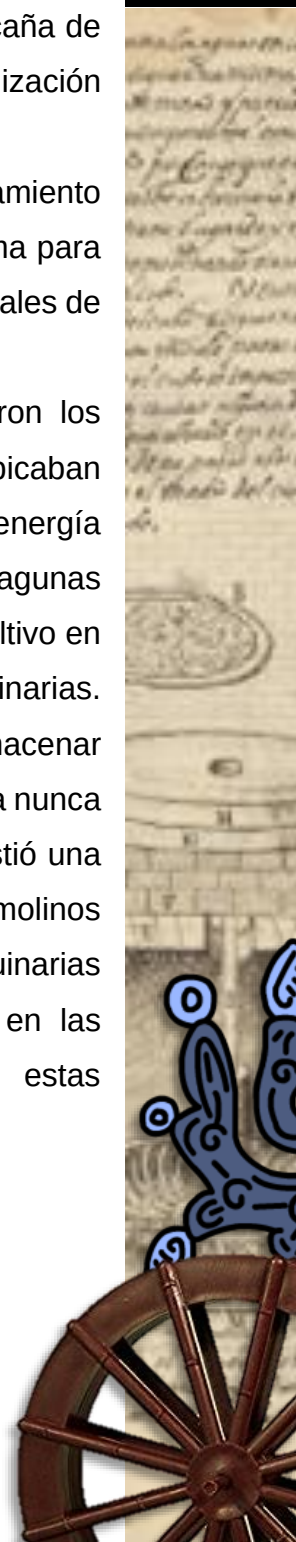
Presentación general del documento

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad la difusión de la ingeniería hidráulica en las haciendas cerealeras, particularmente en los molinos hidráulicos que eran utilizados como sistema de producción durante los siglos XVI y XVII, épocas en que el panorama del virreinato marcó un cambio radical para la agricultura con la llegada de los españoles y la necesidad de poder establecer sus propios cultivos como la caña de azúcar, la cebada y el trigo, siendo este último el factor importante para la utilización diferente del suelo y del agua.

La implementación de tecnología hidráulica fue lo que permitió el accionamiento de los molinos hidráulicos y la transformación del trigo en harina, la materia prima para la creación del pan y que estaba considerado como uno de los alimentos primordiales de los españoles.

Estas maquinarias o también llamados ingenios hidráulicos como fueron los batanes, molinos, norias y ferrerías eran pertenecientes de Europa, se ubicaban estratégicamente en zonas donde existía abastecimiento y producción de energía mecánica con ayuda de la fuerza del agua que era producida en cuencas, ríos, lagunas y/o arroyos y que sirvieron para la creación de canales, caminos y campos de cultivo en la que los campesinos la utilizaban como herramienta para accionar dichas maquinarias.

En toda Mesoamérica se utilizaban canales que servían para conducir, almacenar y principalmente para la irrigación de campos de cultivo o jardines, el uso del agua nunca fue utilizado para mover o accionar ninguna maquinaria. Por consiguiente ¿Existió una innovación tecnológica por parte de los sistemas hidráulicos prehispánicos en los molinos hidráulicos? ¿Qué cambios sucedieron cuando los españoles establecieron maquinarias que jamás se habían visto en Mesoamérica? ¿Existió alguna modificación en las maquinarias? ¿Los materiales que se utilizaron para la construcción de estas maquinarias tuvieron algún beneficio?



Esta investigación está dividida en cuatro capítulos con el propósito de clarificar todas estas preguntas y generar conciencia sobre este patrimonio cultural, crear un significado importante en la vida de cada habitante ya sea de índole tangible o intangible y ser transmitido por generaciones, asegurando una herencia cultural para la sociedad.

Al inicio se hace una descripción acerca del planteamiento del problema y del origen de la investigación, fundamentada con ayuda de otras fuentes. Se explica cuál es la justificación; partiendo de la importancia de conservar el patrimonio industrial.

Se plantea cual es el objetivo general y de los específicos, así como de las limitaciones que se presentaron en la investigación. Por último, se describe la conceptualización, explicación de las palabras que serán utilizadas como ejes principales para esta investigación.

Capítulo I. Innovación en las maquinarias europeas.

Parte de lo general a lo particular, realizando una clasificación de los diversos ingenios hidráulicos que existieron, el uso que se les daba y de la aplicación de la rueda como elemento fundamental en estas maquinarias. Se profundiza en los molinos hidráulicos harineros, describiendo las partes en que se componen y explicando el desarrollo del uso del agua, desde su captación hasta el momento en el que entra en contacto con la maquinaria y regresa a su curso natural.

Se presenta una sub clasificación que consiste en los diversos molinos harineros dependiendo de la colocación de la rueda, así como del tipo de fuerza que se aplica. Este capítulo finaliza con una explicación histórica del proceso de molienda y como se fue innovando para la creación de maquinarias que ayudaron a satisfacer las necesidades de trabajo y esfuerzo del ser humano.

Otro de los objetivos es ilustrar y detallar las maquinarias como se hacían en los diferentes tratados, el uso de esquemas y formas en color negro para representar lo que se quería dar a conocer. Se realizaron dibujos extraídos en su mayoría del tratado de Juanelo Turriano y de algunas otras investigaciones o libros acerca de este tema, la finalidad es enriquecer esta investigación y facilitar la comprensión de lo que se quiere dar a conocer.

Capítulo II. Innovación en los sistemas hidráulicos prehispánicos.

Se abordan las características que se presentan en estos sistemas hidráulicos y el uso que se les dan, se realiza un proceso histórico en donde se muestra la constante innovación tecnológica en los canales prehispánicos y los diferentes cambios que se han realizado dependiendo del lugar y de la época.

Se muestran ejemplos de ciudades que utilizaban estos sistemas para abastecer de agua no solo a su comunidad, también en jardines o lugares de recreación ubicados en la región de Acolhuacan, territorio ubicado al oriente de la cuenca lacustre del área central mesoamericana. Se hace una descripción de la manera en que se construían estos sistemas y de las herramientas que se utilizaban.

En este capítulo también se realizaron ilustraciones o esquemas para facilitar y explicar lo que se quiere dar a conocer, utilizando colores como se realizaban antiguamente los códices, documentos con ilustraciones a color que servían para narrar algún acontecimiento de índole político, económico o social.

Capitulo III. Innovación en los sistemas hidráulicos del virreinato.

En este capítulo se presenta el mestizaje, la combinación de conocimientos entre dos culturas; la europea y la mesoamericana y los diversos procesos o cambios que se tuvieron que realizar (políticos, económicos, sociales y tecnológicos) en la Nueva España para satisfacer las nuevas necesidades de este lugar; y que contribuyeron a la construcción de unidades de trabajo (haciendas) dotadas de ingenios hidráulicos.

Se realizó una minuciosa investigación sobre los distintos tipos de infraestructura, determinando una clasificación de acuerdo a su magnitud y a su uso de cada una de ellas e indicando las diferencias y comparaciones que existían entre estas nuevas infraestructuras con las europeas y las pertenecientes a la época prehispánica.

Con esta información se pudieron analizar casos análogos de haciendas que presentaran evidencias sobre el uso y aprovechamiento de infraestructuras hidráulicas prehispánicas y, por lo tanto, la construcción de molinos hidráulicos, a través de mapas, litografías y crónicas históricas. El uso de gráficos en esta capitulo sigue siendo importante, ya que se puede apreciar mucho más lo que se quiere dar a entender en esta investigación. Para este capítulo, se realizaron dibujos en blanco y negro para expresar

los diferentes tipos de infraestructura que había en el lugar, así como de los distintos trabajadores que existían en los gremios.

Capitulo IV. Caso de estudio. Ex hacienda Molino de Flores.

La ex hacienda Molino de Flores, presenta un caso de suma importancia, además de contar con un importante ingenio hidráulico; el molino, también se instaló un batán, maquinaria que tenía como objetivo principal la elaboración de obrajes, para este caso, la elaboración de paños. Sin embargo, a través de fuentes bibliográficas, crónicas históricas y el uso y la interpretación de mapas se puede constatar que anterior al establecimiento de esta hacienda se ubicaba uno de los principales jardines ubicados en la cabecera principal de la región Acolhuacan y por lo tanto en esta zona se utilizaban canales pertenecientes a todo un sistema hidráulico ubicados en los tres principales cerros cercanos a la hacienda, Teztcotzinco, Metécatl y Cócotl.

El objetivo principal para este caso de estudio es interpretar todos los datos que se obtuvieron a través del marco teórico y analizarlos en la ex hacienda Molino de Flores, determinando si realmente, el uso de sistemas hidráulicos prehispánicos conllevó a la construcción del molino hidráulico y la creación de una innovación tecnológica.

Para este capítulo se utilizaron softwares de modelado tridimensional para hacer una reconstrucción hipotética del molino hidráulico ubicado en la ex hacienda a través del uso de parámetros que permitieran dimensionar cada una de sus partes, así como del trabajo de capturas de fotografías del edificio donde estaba ubicado el molino para poder realizar una fotogrametría y obtener su modelado tridimensional. Posteriormente se analizó cada una de sus fachadas y se obtuvieron resultados que nos proporcionaran información sobre los distintos espacios que conformaban a este edificio y las actividades que se llevaron a cabo para la limpieza, el resguardo y el almacenamiento de la semilla de trigo.

Descripción del hecho de investigación

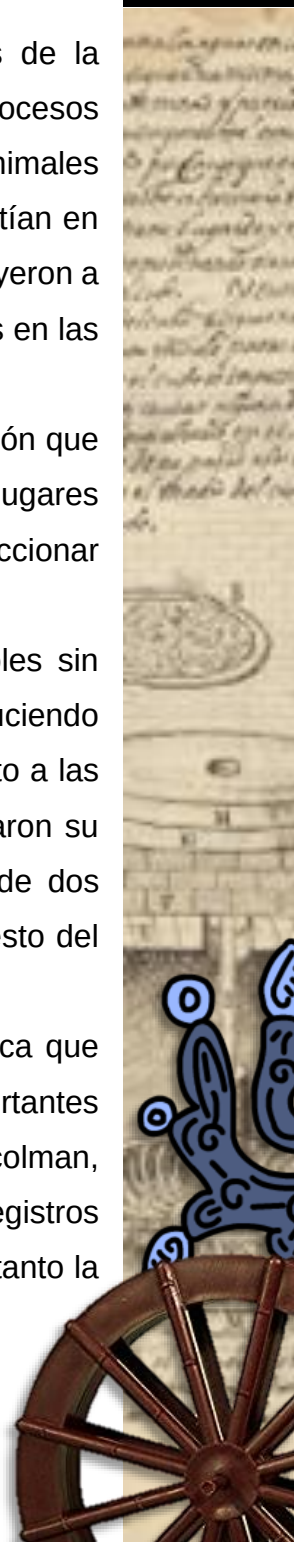
La descripción del hecho de esta investigación es la innovación tecnológica que se produjo en las haciendas cerealeras con el uso de los molinos hidráulicos y el aprovechamiento de infraestructura hidráulica prehispánica. Siendo el objeto de estudio los molinos hidráulicos y, el hecho, la innovación hidráulica que se produjo al momento de la introducción de estos junto con la ayuda de mecanismos hidráulicos prehispánicos que sirvieron para el accionamiento de dichas maquinarias.

Gracias a la llegada de la cultura española a Mesoamérica a través de la conquista, se implementaron formas de producción agrícola, que incluían procesos técnicos en materia hidráulica traídas de Europa (molinos, batanes, norias y animales como fuerza de trabajo) para procesar materias primas alimenticias que no existían en territorio prehispánico (trigo, arroz, cebada, etc.). Estos nuevos sistemas contribuyeron a una "innovación tecnológica", provocando cambios sociales, políticos y culturales en las comunidades conquistadas. (Rojas, 2012, p.20).

Los molinos fueron instalados con ayuda de las mercedes reales (concesión que se le daba a los dueños de las haciendas) por lo que los dueños de estos lugares adquirieron la propiedad de las tierras y el derecho del uso del agua para poder accionar sus maquinarias o irrigar sus campos de cultivo.

La mayoría de los sistemas prehispánicos fue utilizada por los españoles sin mayores modificaciones, pero con el paso del tiempo se fueron modificando, produciendo un nuevo cambio para contar con la fuerza necesaria y poder dar funcionamiento a las maquinarias europeas. Cambio radical también para los nativos ya que cambiaron su forma de producir y obtener sus alimentos, sin embargo, existió una fusión de dos culturas que actualmente se encuentran en México y que lo hace especial al resto del mundo.

Para esta investigación fue necesario tomar en cuenta un área geográfica que permitiera sustentar el hecho de investigación. Acolhuacan, fue una de las importantes regiones en el periodo Postclásico y que comprende los actuales municipios de Acolman, Texcoco y Chimalhuacán. Es esta zona se pudieron localizar con ayuda de registros históricos la ubicación de diversas haciendas con producción cerealera y por lo tanto la implementación de molinos hidráulicos, basado en la producción de harina.



Planteamiento del problema

Con forme al hecho de investigación citado anteriormente se puede deducir que existió un aprovechamiento de la infraestructura existente del lugar (sistemas de riego, de almacenamiento, de conducción, recreación y de ritualidad por parte de la cultura mesoamericana) y que después fue utilizada como medios que permitieran el accionamiento de maquinarias pertenecientes a los europeos (molinos, batanes, norias y animales como fuerza de trabajo). También se puede ligar el hecho a que existió una búsqueda de sistemas sofisticados y la creación de tecnología que pudieran dar un crecimiento agrícola, económico y la solución a nuevas necesidades que se presentaban en las haciendas. O simplemente por qué existió un choque de ideas culturales.

Con base en lo citado anteriormente se puede crear el planteamiento a este hecho de investigación, denotando una pregunta, la cual es parte fundamental de este trabajo y por lo tanto marca los límites de esta investigación.

¿Sera que el aprovechamiento de infraestructura existente del lugar dio paso a la innovación hidráulica producida en las haciendas con el uso de los molinos hidráulicos?

Son varios los investigadores que analizan los molinos de trigo en las haciendas.

Reyes (2000) *Tecnología y arquitectura popular. Los molinos en la provincia de Granada.* Realiza una exhaustiva investigación sobre el mecanismo y las partes importantes de un molino de rodezno horizontal, así como de su importancia que tuvieron en la región de Granada, España.

Gómez (2008) *"Los molinos del valle de México. Innovaciones tecnológicas y tradicionalismo (siglos XVI-XIX)"*. Se enfoca en catalogar los distintos molinos hidráulicos establecidos en todo el estado de México a partir del siglo XVI.

Espinosa (2012) *"El molino de Tuzcacuaco. Antecedentes de la hacienda molino de Flores, Texcoco, Estado de México, 1567-1667"*. Explica los diferentes acontecimientos (sociales, culturales y económicos) que surgieron en torno al batan y al molino hidráulico ubicado en la ex hacienda Molino de Flores.

Pastrana (2012) Los molinos de Xuchimangas. Realiza una profunda investigación sobre la molienda en los conventos, específicamente en Xuchimangas, producción

industrial privada que se generaba en Tepotzotlán y que generaban toneladas de harina, explica detalladamente el mecanismo de los molinos y su configuración arquitectónica dentro del convento.

Con estas investigaciones se pudo centrar las bases para dicha investigación, obtener información para analizar la composición, función y el establecimiento de los molinos a base de rodeznos horizontales o también conocidos como molinos hidráulicos harineros.

Esta investigación, por lo tanto, está centrada en conocer si existió esa innovación producida por dos tecnologías (prehispánica y europea) establecidas en la ingeniería hidráulica de las haciendas para la producción agrícola que se implementó en los siglos XVI, momento en que los españoles ya estaban establecidos en América.

Origen de la investigación

El origen de esta investigación denota en el interés que existe acerca de los diversos sistemas hidráulicos que existieron en Mesoamérica. Rojas (2012) *"Semblanza Histórica del agua en México"* expone y cita las diferentes obras hidráulicas en la época prehispánica y colonial.

Realiza una profunda investigación acerca de las obras de ingeniería hidráulica que se utilizaba en la época prehispánica en donde tuvieron más de una función y se vincularon con más de un tipo de agua (pluvial y de manantial) por ejemplo:

- Captación, conducción, almacenamiento y distribución de agua para usos domésticos, de aguas pluviales, perennes superficiales y subterráneas.

Imagen 1. Ejemplo de sistema de conducción. Acueducto de Teopantecuanitlan, Guerreo.

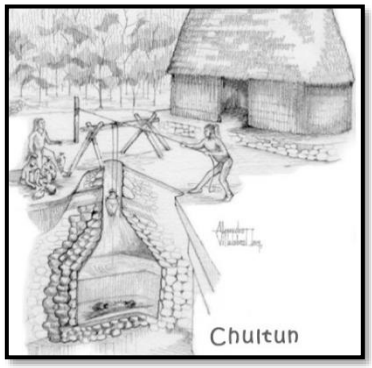


Imagen 2. Ejemplo de sistema de captación. Chultun o pozo antiguo en Yucatán.

- Conducción, control y drenaje de aguas pluviales para evitar inundaciones.
- Conducción, control y drenaje de aguas de desecho “negras” de las poblaciones rurales y urbanas.
- Provisión de agua para la irrigación agrícola.
- Control, aprovechamiento y desagüe de zonas lacustres y pantanosas.
- Recreación y ritualidad. (p.10)

Imagen 3. Ejemplo de sistema de irrigación. Tlalcosautitlan, Guerrero.

Imagen 4. Ejemplo de sistema de ritualidad. Baños de Nezahualcóyotl.

En las imágenes 1-4 se pueden apreciar los diversos sistemas hidráulicos que expone Rojas.

Cuando ocurre la conquista la investigadora explica que existe una innovación, una “revolución tecnológica” ya que vinieron acompañadas de un nuevo sistema sociopolítico y cultural que dio otro sentido a las costumbres que se venían manejando y desencadenando nuevos fenómenos en la parte hidráulica.

En los inicios de la época novohispana, la mayoría de los sistemas hidráulicos prehispánicos fue utilizada por los españoles sin mayores modificaciones, pero después hubo una transformación técnica, estos sistemas incorporaron nuevas máquinas, tanto por la necesidad de irrigar porciones territoriales continuas, así como de mayores dimensiones.

Posteriormente se consultó a Von Wobeser (1983) *“La formación de la hacienda en la época colonial. El uso de la tierra y el agua”* en donde da a conocer algunos aspectos relacionados con la utilización de las tierras y aguas durante los periodos de formación y de consolidación de la hacienda. La utilización de agua durante el siglo XVI y la aparición de las primeras obras hidráulicas, el surgimiento de la hacienda, la perdida de las tierras de las comunidades indígenas, entre otros aspectos.

Existe un apartado de este documento en que habla sobre el uso del agua y los conflictos que existieron después de la conquista, (el dominio por parte de la corona española de todas las aguas y los demás recursos naturales), así como del derecho

sobre el uso del agua en el que se podía comprar (a quien lo tuviera), arrendar u obtener mediante un censo. (Ibídem, p. 81)

En cuanto al desarrollo de la tecnología hidráulica española está relacionado con la minería y con los cultivos de riego, particularmente con el del trigo y con la industria azucarera. En la agricultura el agua se utilizaba en sus tres modalidades: las aguas perennes, las torrenciales y las pluviales. Las dos primeras se utilizaban para la construcción de obras hidráulicas en los distritos de riego y mediante la tercera se lograban los cultivos de temporal. (Ibídem, p. 81)

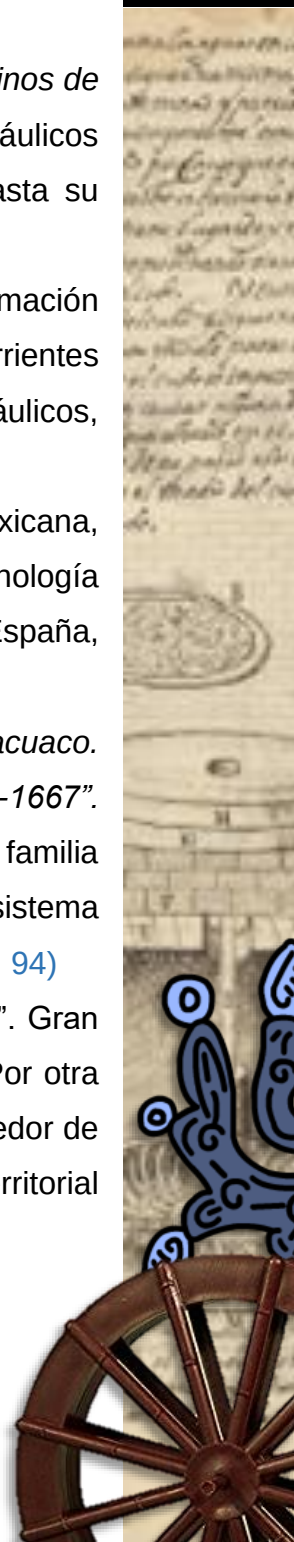
Gómez (2008) plantea en su investigación *"Historia de la tecnología y molinos de trigo"* Las innovaciones tecnológicas incorporadas en los principales molinos hidráulicos instalados en el valle de México a partir de su fundación en el siglo XVI hasta su desaparición a finales del siglo XIX. (p. 2)

Los españoles introdujeron en México el trigo y los molinos para su transformación en harina, en el siglo XVI. Fue así que en todo el valle de México tenía corrientes permanentes de agua, requisito para el establecimiento de molinos hidráulicos, asimismo, el trigo se cultivó en sus alrededores. (Ibídem, p. 6)

Por lo que hubo un cambio drástico en la cultura ya que, la población mexicana, acostumbrada a consumir tortillas de maíz, integro pronto a su dieta el pan. La tecnología de los molinos traída por los conquistadores fue el molino medieval utilizado en España, el cual tuvo pocos cambios hasta el siglo XIX.

Mientras que Espinosa (2012) en su artículo *"El molino de Tuzcacuaco. Antecedentes de la hacienda molino de Flores, Texcoco, Estado de México, 1567-1667".* Analiza el surgimiento de la hacienda Molino de Flores bajo el dominio de la familia Dueñas, a través de fuentes primarias, secundarias y orales, estudia el sistema productivo que se encontraba antes de la fundación: el Batán de Tuzcacuaco. (p. 94)

Después la instalación de un molino, llamado el "molino de Tezcacuaco". Gran parte de la investigación está dirigida al funcionamiento hidráulico del molino. Por otra parte, se comprende el inicio del deterioro del rio Coxcacuaco, principal abastecedor de la ciudad de Texcoco, así como el surgimiento de pueblos a raíz de la extensión territorial de la hacienda. (Ibídem, p.95)



Con toda esta investigación resulta interesante como es que a partir de esta infraestructura y de otros factores naturales como la tierra, las pendientes naturales, el clima; los factores económicos y sociales, contribuyeron a un cambio radical y optar, en un inicio por el aprovechamiento para establecer medios de producción de cosecha de trigo y la elaboración de harina a través de maquinarias europeas como el molino para satisfacer las nuevas necesidades por parte de los españoles y que al final fueron adoptadas por los nativos del lugar.

Resulta aún más interesante conseguir cierta información de vestigios que ya no son del todo visibles o en el caso de las maquinarias, solo se pueden notar las muelas como evidencia de su existencia, mientras que en los sistemas que abastecían de agua a estos ingenios, aún se conservan su composición estructural, los trazos y caminos de los diferentes canales, que en algún momento sirvieron como sistemas de irrigación de campos de cosecha, jardines o terrazas prehispánicas.

Para el caso de esta investigación será de carácter cuantitativo y cualitativo. La investigación partirá de lo general a lo particular (cuantitativo), acotando el tema de investigación. Por lo que se toma en cuenta como caso de estudio la región Acolhuacan (antigua región que estaba asentada en los municipios de Texcoco, Acolman y Chimalhuacán), durante el siglo XVI, pero que eran áreas étnicas antes de la conquista bajo la tutela de Netzahualcóyotl. (Mora, 2007).

Imagen 5. Región de Acolhuacan y su extensión en 1418.

Acolhuacan o país de los acolhuas, era una región oriental de la cuenca lacustre del área central mesoamericana, siendo el último de los grandes territorios sometidos por los tepanecas, dinastía azcapotzalca por su chichimecatecutli (señorío o rey de la cultura chichimeca) Tezozomoc que reinaba gran parte de la cuenca del valle de México. Posteriormente se forma una Triple Alianza, con el objetivo de producir una rebelión y refundar al imperio, conformado por Tenochtitlan, Tezcuco y Tlacopan. Por lo que la región Acolhua se instaurará Nezahualcóyotl, hijo del fallecido Ixtlilxochitl y de una princesa tenochca.

> "*Será esa línea dinástica acolhua la que reivindicaran como legitima los cronistas novohispanos del Alcolhuacan, y muy particularmente Fernando de Alva Ixtlilxochitl".* (Santamarina, 2006).

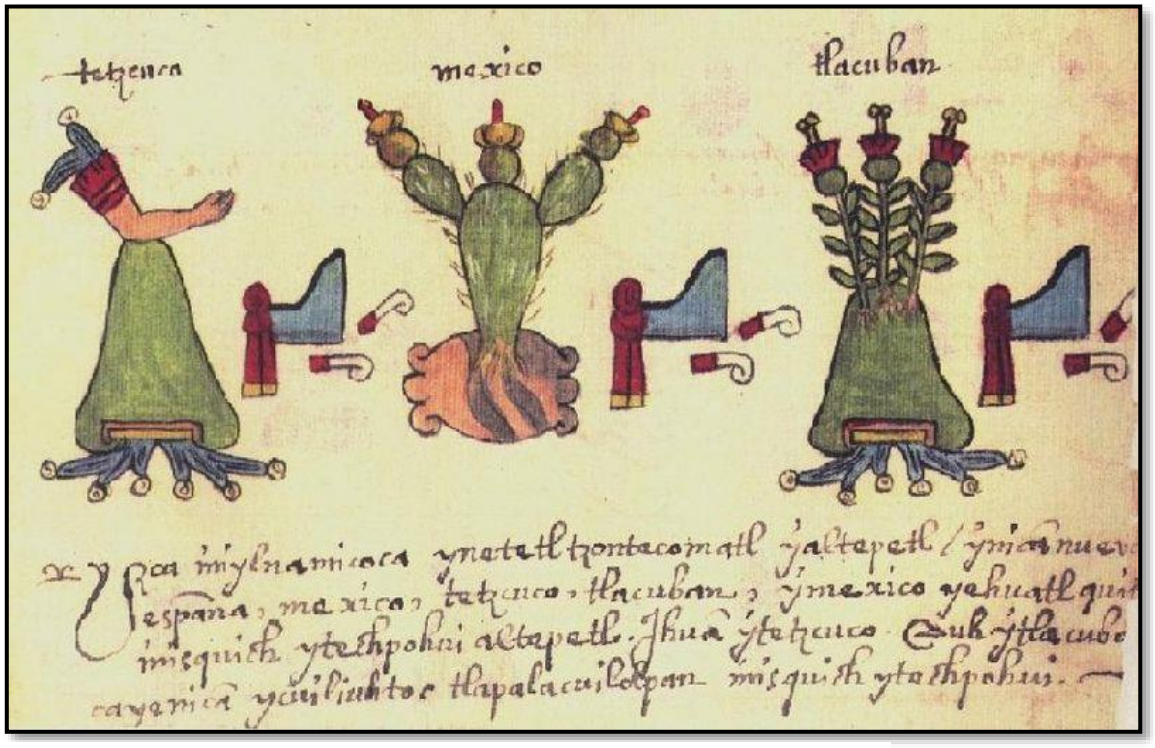


Imagen 6. Representación pictográfica de la Triple Alianza en el códice Osuna (1565).

Este análisis se inicia con ideas preconcebidas, basadas en las hipótesis, para después recabar información necesaria y poder concebir datos; gráficos e históricos que ayudaran a comprobar dicha hipótesis de trabajo y la creación de la prueba de diseño compuesta por textos, elementos visuales (cualitativo) que permitirá determinar si la hipótesis resulta verdadera o se refuta.

Justificación

Las haciendas en México son consideradas como unidades de producción industrial que iniciaron durante el virreinato y finalizaron en la época del Porfiriato. Se puede considerar que, en las haciendas hubo una constante innovación; a mayor aumento y posesión de tierras, era mayor la demanda de recursos naturales, así como de la apropiación de habitantes pertenecientes a estos lugares. Sin embargo, este tipo de acciones, y al finalizar su época de esplendor, dio como resultado la creación de pequeños poblados que tuvieron a su vez, constantes cambios hasta convertirse en lo que actualmente son municipios.

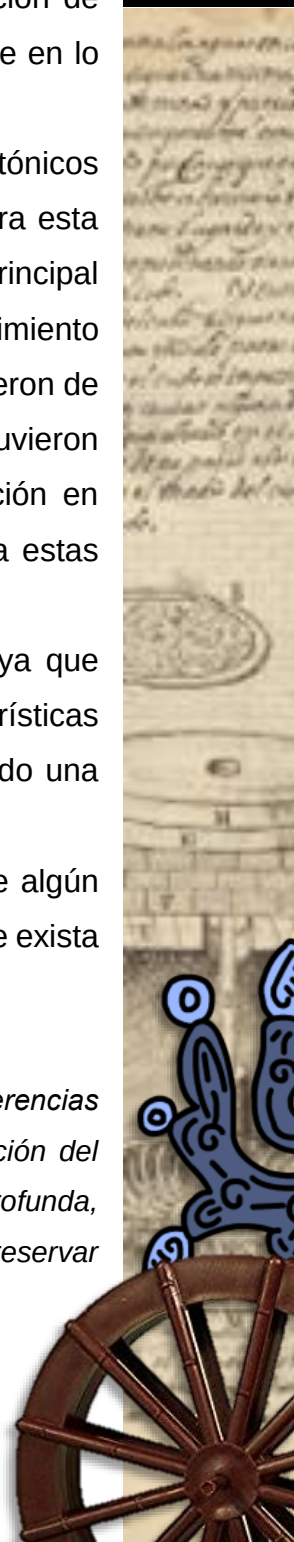
Es importante considerar que, el diseño y la creación de espacios arquitectónicos dentro de las haciendas dependieron de la actividad que se llevará a cabo, para esta investigación se enfatizará en las haciendas de trigo o cerealeras y que su principal herramienta de producción eran los molinos hidráulicos, los cuales dieron crecimiento económico al lugar. Pero que, al ser instalados en ciertas regiones del país, sufrieron de ciertas transformaciones en el lugar y en la sociedad, marcando hechos que tuvieron precedentes con una historia que pasaría como herencia cultural de generación en generación. Por lo tanto, el diseño de espacios arquitectónicos giró en torno a estas maquinarias, de ahí su importancia de conservación.

A esta herencia cultural también se le puede llamar como patrimonio, ya que recaba elementos tangibles e intangibles históricos, dotado con ciertas características que lo diferencian de las demás y pertenecientes a un grupo social, concretando una identidad propia y que se transmite en generación en generación.

Este patrimonio cultural, por lo tanto, es el producto de la apropiación de algún objeto que se transmite y se va modificando durante el paso del tiempo, de ahí que exista una importancia para preservar, conservar y restaurar este legado que se tiene.

Así lo expresa Sánchez:

> *"Conservar el patrimonio cultural, por lo tanto, no es una tarea de preferencias formales o afirmaciones falaces y parciales de raíces culturales. La conservación del patrimonio va mucho más allá de tales conceptos. Se trata de la interrelación profunda, esencial, entre el mundo de la naturaleza y el hacer de los hombres. Consiste en preservar*



las modalidades de nuestro ser como nación. Reside en salvaguardar lo que nosotros somos, distintos de otros…" (s/f p. 128).

Por lo tanto, la conservación del patrimonio son las acciones o actividades que se llevan a cabo para seguir preservándolo y como propósito general, difundir y transmitir este conocimiento a las generaciones para continuar con la preservación de estos bienes.

Es por eso que se han realizado diferentes normas, principios y reflexiones que son expresados y analizados a través de documentos de recomendaciones internacionales, conocidas como cartas internacionales del patrimonio y que han sido elaboradas por especialistas e instituciones como UNESCO e ICOMOS.

Entre las más importantes, se encuentra la carta de Atenas ejecutada en 1931, así como de la declaración de Ámsterdam de 1975, en donde ponen en valor todo aquel patrimonio que cuente con características específicas y particulares de un lugar, así como de la información para poder preservarlo.

En la Carta de Venecia, se añade otro concepto de gran relevancia; el monumento, refiriéndose no solo a la creación de un objeto, sino a las obras que con el paso del tiempo han adquirido un valor histórico, dotado de sucesos que han sido parte de este objeto y que por lo tanto son considerados como hitos en una determinada región.

Al llevar a cabo estas actividades hacia un bien cultural lo estamos dotando de sentido y significado, incrementando su valor estilístico, cultural, histórico, político y económico. Durante la convención sobre la protección del patrimonio mundial cultural y natural emitida en 1972 en Paris. Se considera a los monumentos como:

"Obras arquitectónicas, de escultura o de pintura monumentales, elementos o estructuras de carácter arqueológico, inscripciones, cavernas y grupos de elementos, que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia." (Convención sobre protección de Patrimonio Mundial Cultural y Natural, 2012, p.1).

A los conjuntos como:

"Grupos de construcciones, aisladas o reunidas, cuya arquitectura, unidad e integración en el paisaje les dé un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia". (Ibídem, p. 1).

Y a los lugares, como:

> *"Obras del hombre u obras conjuntas del hombre y la naturaleza, así como las zonas incluidos los lugares arqueológicos que tengan valor universal excepcional desde el punto de vista histórico, estético, etnológico o antropológico".* (Ibídem, p. 2).

Con estos elementos podemos reforzar que las haciendas y a los molinos, son un legado histórico y de producción que pueden llegar a considerarse inmersos en el patrimonio cultural de México. Por lo que se pueden adoptar de políticas que permitan la conservación, protección y el reguardo de estos bienes.

Es así que se puede retomar del artículo 5 de ese mismo texto en el que se tiene como objetivo garantizar el resguardo y mantener vivo a los bienes culturales pertenecientes a un territorio. Entre las cuales se destaca que:

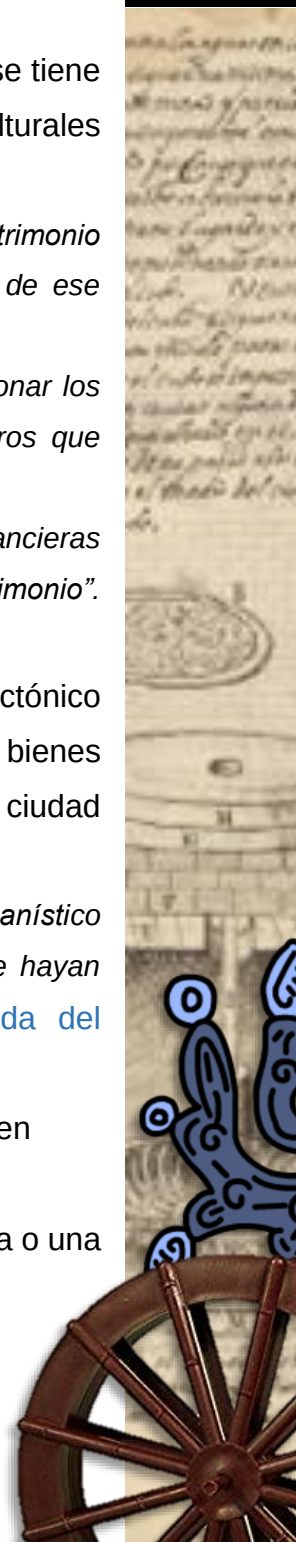
> *"Se necesita adoptar una política general encaminada a atribuir el patrimonio cultural y natural una función en la vida colectiva y a integrar la protección de ese patrimonio en los programas de planificación general.*
>
> *Desarrollar los estudios y la investigación científica y técnica y perfeccionar los métodos de intervención que permitan a un Estado hacer frente a los peligros que amenacen a su patrimonio cultural y natural.*
>
> *Adoptar las medidas jurídicas, científicas, técnicas, administrativas y financieras adecuadas para identifica, proteger, conservar, revalorizar y rehabilitar ese patrimonio".* (Ibídem, p. 2).

Es así que existe una ley de salvaguarda del patrimonio urbanístico arquitectónico del distrito federal (2000), que por objetivo se tiene la protección de todos los bienes inmuebles que son considerados como patrimonio arquitectónico integrados a la ciudad de México.

> *"Pueden ser declarados bienes inmuebles afectos al patrimonio urbanístico arquitectónico no solo grandes creaciones sino también obras modestas que hayan adquirido con el tiempo una significación cultural".* (Ley de Salvaguarda del patrimonio urbanístico arquitectónico del Distrito Federal, 200, p. 6).

Las zonas de patrimonio urbanístico arquitectónico, según su origen pueden ser:

Conjunto histórico. Monumentos, espacios abiertos, que forman un sistema o una unidad por estar vinculados entre sí.



Los espacios abiertos monumentales, según sus características y usos de origen, pueden ser:

> *"Acequia: Zanja por donde se conducen aguas para regar y para otros fines.*
>
> *Canal: Cauce artificial por donde se conduce agua para darle salida o para diversos usos entre los que figura la circulación vehicular entre chinampas".* (Ibídem, p. 7).

Para el caso de las haciendas que tienen un molino hidráulico o de trigo, se requería de una infraestructura hidráulica, de canales o mejor dicho de "heridos" que permitieran desviar el caudal del agua y llevarlo al centro de esta maquinaria para poder ser accionado mediante un rodezno o rueda y dar funcionamiento a las piedras que servían para triturar el trigo.

Estos canales de alguna manera también preservar un legado histórico ya que fueron parte fundamental de las haciendas y en específico de los molinos hidráulicos. Sin ellos este sistema no hubiera podido funcionar.

Es así que en el capítulo cuatro, acerca de los monumentos arquitectónicos.

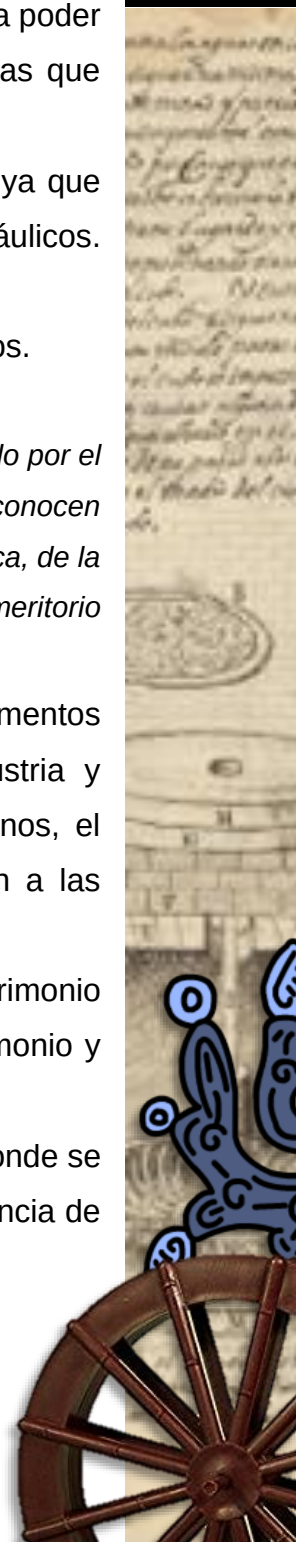
Específicamente en el artículo 16, se establece que:

> *"Un monumento arquitectónico es un bien inmueble o parte de él, edificado por el hombre para realizar es un espacio interno diversas actividades, en que se reconocen uno o varios valores singulares desde el punto de vista de la historia, de la estética, de la tecnología, de su funcionalidad y por su importancia sociocultural, que lo hacen meritorio de ser legado a las generaciones futuras".* (Ibídem, p. 9).

Pero en el artículo 17 se hace una clasificación de estos monumentos arquitectónicos según su origen y hay una clasificación acerca de la industria y producción; en el que se encuentran; la fábrica, las haciendas, talleres, molinos, el nixtamal y similares. Lo que refuerza la necesidad por tener una apreciación a las haciendas y en específico, a los molinos hidráulicos.

Existe un comité internacional encargado para la conservación del patrimonio industrial (TICCIH) y asesor especial del ICOMOS en cuestiones de este patrimonio y que tiene una cercana relación con las haciendas y los molinos.

Se realizó una asamblea que tuvo en Moscú el 17 de julio de 2003 y en donde se hace manifiesto sobre la importancia de este patrimonio, así como de la importancia de catalogación, el registro y la investigación.



Por lo tanto, las haciendas y las maquinarias hidráulicas como lo molinos son considerados como patrimonio industrial ya que:

> *"Se compone de los restos de la cultura industrial que poseen un valor histórico, tecnológico, social, arquitectónico o científico. Estos restos consisten en edificios y maquinaria, talleres, molinos y fábricas, minas y sitios para procesar y refinar, almacenes y depósitos, lugares donde se genera, se transmite y se usa energía, medios de transporte y toda su infraestructura, así como los sitios donde se desarrollan las actividades sociales relacionadas con la industria, tales como la vivienda, el culto religioso o la educación".* (TICCIH, 2003, p. 1).

Por consiguiente, las haciendas con este tipo de maquinarias fueron lugares creados específicamente para dedicarse a la producción de harina y que también fueron sitios en los que se desarrollaban actividades sociales relacionadas a la industria. Como las trojes, que eran lugares en donde se almacenaba y se secaba el trigo; las tiendas de raya, que eran un abastecimiento de crédito para el abasto básico y que se ubicaba cerca de los edificios pertenecientes a las fábricas, donde la mano de obra era obligada a comprar sus alimentos, los cuales ellos mismos producían.

También se encontraba las zonas en donde habitaban los hacendados, la clase pudiente de la hacienda y por el lado contrario, también se encontraban la zona de los campesinos u obreros y que tenían específicamente su lugar de culto o si iglesia. A todos estos espacios arquitectónicos que estaban dentro del casco de la hacienda constituían de cierta manera actividades sociales que al final marcaron un legado a ese patrimonio y dejando un valor significativo.

Esta carta también menciona los valores atribuidos a este patrimonio como, por ejemplo:

> *"El patrimonio industrial es la evidencia de actividades que han tenido, y aun tienen, profundas consecuencias históricas. Los motivos para proteger el patrimonio industrial se basan en el valor universal de esta evidencia, en que en la singularidad de sitios peculiares. También abarca un valor social como parte del registro de vidas de hombres y mujeres corrientes. Y como tal, proporciona un importante sentimiento de identidad. Posee un valor tecnológico y científico en la historia de la producción, la ingeniería, la construcción, y puede tener un valor estético considerable para la calidad de su arquitectura, diseño o planificación".* (Ibídem, p. 1).

En el caso de las haciendas, guardan un gran valor tecnológico ya que, el principal propósito para su construcción se basó en poder generar harina, producto de la dieta básica de los españoles y que jamás se había producido en Mesoamérica. Por lo que fue necesario el uso de maquinarias que de igual manera eran una inversión traída de Europa y que fue necesaria para la molienda del trigo.

En cuanto a la estética, también se tiene un gran valor ya que eran lugares en los que de cierta menara se necesitaba visualizar como poderío y riqueza, es por eso que las fachadas de las haciendas tienen acabados que asemejan a ese propósito.

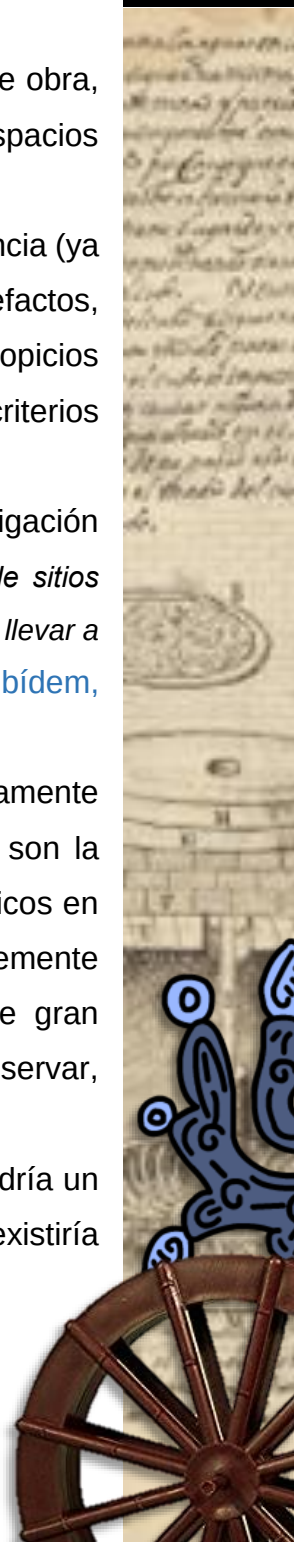
Para poder levantar ese tipo de construcción, los obreros eran la mano de obra, aspecto fundamental del porque es necesario preservar y conservar estos espacios arquitectónicos.

Existe un área de estudio que es la encargada del estudio de toda la evidencia (ya sea de carácter material o inmaterial, así como, de documentos históricos, artefactos, estructuras, asentamientos humanos o de lugares naturales que hayan sido propicios para ciertos trabajos de producción) llamada arqueología industrial, que utiliza criterios de investigación para comprender el pasado industrial.

Existe también una importancia para la catalogación, el registro y la investigación de la industria y que como lo marca el TICCIH; *"la investigación arqueológica de sitios industriales históricos es una técnica fundamental para su estudio, en el que se debe de llevar a cabo en las mismas condiciones que los sitios de otros periodos históricos o culturales".* (Ibídem, p. 1).

Como contexto final podemos decir que el patrimonio cultural y específicamente el industrial y arqueológico como es el caso de las haciendas y los molinos, son la construcción de un patrimonio en México que han dejado huella y valores históricos en una determinada población a través de los vestigios de edificios, áreas o simplemente documentos históricos que avalan el legado que, en algún momento fue de gran importancia para ese lugar, reforzando la identidad que aún se puede preservar, conservar y heredad a las futuras generaciones.

Se puede asumir que sin el establecimiento de esta maquinaria no se tendría un espacio para la producción, en este caso para las haciendas, y sin ellas, tampoco existiría



un pasado que contar, o acciones que fueron fundamentales en su momento y que repercutieron de alguna manera en el presente.

Por lo tanto, este patrimonio pone en valor todas las actividades comunitarias y la memoria del lugar, contribuyendo a la creación de una identidad propia de un lugar, dotándolo de características específicas e inigualables a las demás. A su vez se puede dar divulgación y registro para estas haciendas y sobre todo para este tipo de maquinarias. Servirá para generar una relevancia social, académica y laboral.

- Puesta en valor por el patrimonio industrial.
- Generar conocimiento sobre este ámbito.
- Utilizar esta información para la restauración.

Objetivos de la investigación

Objetivo General

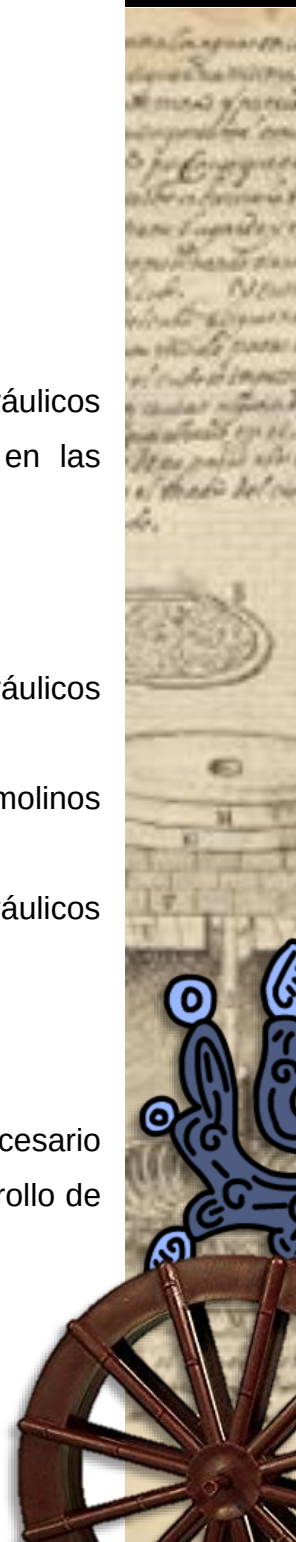
Comprobar si existió una innovación tecnológica en los molinos hidráulicos españoles por parte de los sistemas hidráulicos prehispánicos localizados en las haciendas durante el siglo XVI.

Objetivos Específicos

1. Determinar si hubo un cambio en la maquinaria de los molinos hidráulicos construidos en Mesoamérica.
2. Definir cuáles fueron las características principales en los sistemas y molinos hidráulicos que influyeron en la innovación tecnológica.
3. Describir las partes principales de la maquinaria y de los sistemas hidráulicos prehispánicos para determinar su composición general.

Limitaciones del proyecto de investigación

Para tener una respuesta concisa al planteamiento del problema es necesario conocer las diferentes situaciones adversas que se presentan en torno al desarrollo de la investigación.



Para este trabajo una de las principales causas es que los documentos requeridos no se encuentren en México. Mapas, cartas, imágenes y tratados estén resguardados y que no se tenga un acceso directo.

Que el tiempo de realización de este trabajo no permita seguir investigando y analizando para tratar de dar una respuesta al planteamiento del problema.

Que no exista una habilidad para la búsqueda de información concreta que ayuden a satisfacer las necesidades de esta investigación.

Que exista bastante información acerca del tema de investigación, que diversos autores e investigadores profundicen y ya se tenga una respuesta clara.

Que el caso de estudio sea tan extenso y los tiempos tan limitados que no se pueda abarcar todo el análisis esperado.

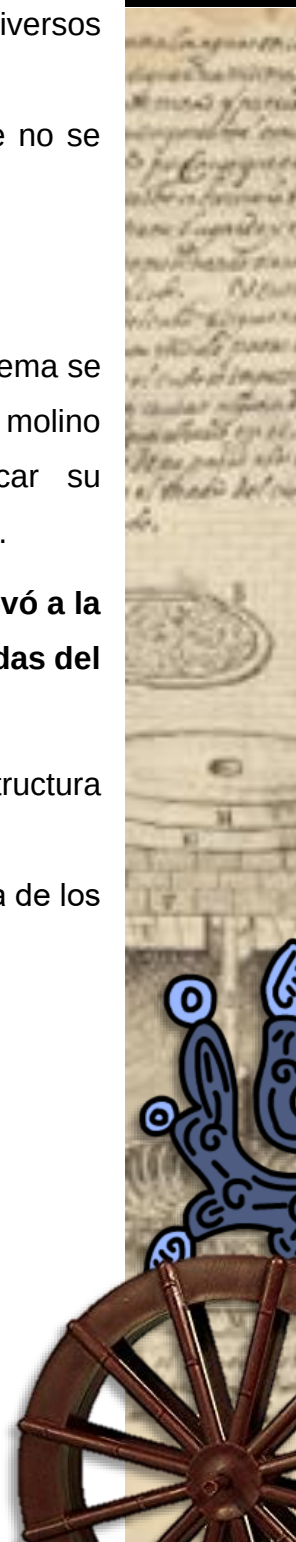
Hipótesis

Como hipótesis tipo Post-Facto y respondiendo al planteamiento del problema se dedujo la relación a partir de la observación de un fenómeno, en este caso el molino hidráulico con los sistemas hidráulicos prehispánicos para poder explicar su comportamiento y la manera de trabajo conjunto llegando a una primera premisa.

El aprovechamiento de infraestructura hidráulica prehispánica conllevó a la innovación tecnológica de los molinos hidráulicos españoles de las haciendas del siglo XVI.

En donde la variable independiente es “el aprovechamiento de infraestructura hidráulica prehispánica”.

Mientras que la variable dependiente se considera “innovación tecnológica de los molinos hidráulicos españoles de las haciendas del siglo XVI”.



Conceptualización en la investigación

Para ampliar este tema de investigación es necesario conocer el origen de las palabras mostradas en el título y de cómo se ha tornado su significado a lo largo de los años.

Molino tiene origen, de acuerdo con la real academia española del latín *molinum*, elisión de *(saxum) molinum* '(piedra) de molino'.

Su significado denota en una máquina para moler, compuesta de una muela, una solera y los mecanismos necesarios para transmitir y regularizar el movimiento producido por una fuerza motriz, como el agua, el viento, el vapor u otro agente mecánico.

Por lo tanto, Mola en latín significa moler o machacar. (Real Academia Española). Por lo que los primeros molinos debieron surgir de la observación de este proceso y de la intención de reproducirlo a mayor escala fuera de la boca.

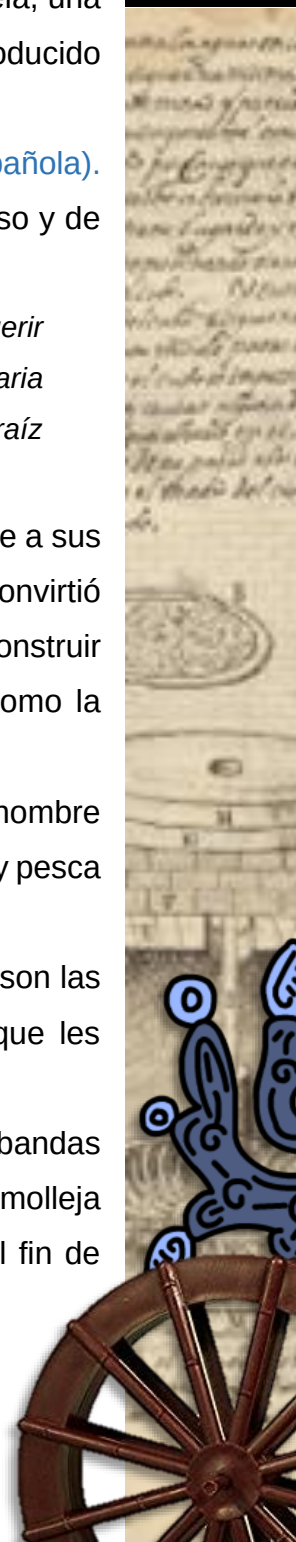
> *"El molino más sencillo se encuentra en la boca del ser humano. El hombre al ingerir un alimento, lo muele con los molares. No es casualidad que las piezas de la maquinaria que sirven para triturar y las piezas dentales ya mencionadas tengan la misma raíz etimológica".* (Pastrana, 2012, p.13).

Es increíble cómo es que el ser humano se ha tenido que adaptar conforme a sus necesidades de supervivencia, específicamente de alimentación. Desde que se convirtió en sedentario tuvo cambios evolutivos que le permitieron razonar y construir herramientas que le permitieran alimentarse de diversas fuentes de energía como la carne o las semillas y procesarlas para una mejor alimentación.

F. Engels explica que el trabajo es uno de los factores en el que el hombre adquiere la capacidad de razonar y construir herramientas. Instrumentos de caza y pesca como primeras instancias (2015, p.17).

Haciendo una breve analogía, la principal fuente de alimento de las aves, son las semillas y al no contar con dientes para triturarlas, necesitan de un órgano que les permita realizar esa acción.

El ventrículo, molleja o estomago de función mecánica, consiste en cuatro bandas musculares que tienen por objetivo rotar y triturar el alimento. En ocasiones la molleja contiene piezas de arena o piedras que son ingeridas por la misma ave con el fin de



ayudar al proceso de trituración y que sustituyen el mecanismo de los dientes en mamíferos y reptiles. (Gil, s.f. p. 11).

Podemos decir que los animales, específicamente las aves cuentan con su propio molino que permite ejecutar trabajos de molturación para digerir los granos de semilla. Los humanos no contamos con órganos que permitan la molturación completa de granos por lo que es necesario la creación de maquinarias que permitan realizar esos trabajos.

Llamamos maquina a un cierto agregado con diversas partes ordenadas entre si y dirigidas a la formación de un todo. Etimológicamente proviene del latín *machina* y este del griego dórico *μαχανά.* (Real Academia Española).

En este contexto, el molino es una máquina que facilita el proceso de trabajo para reducir el tamaño de las partículas que componen un material. Resulta interesante conocer cómo es que el hombre por instinto de supervivencia, tiene la capacidad de construir herramientas que le permitan satisfacer sus necesidades y de alguna manera facilitar su labor.

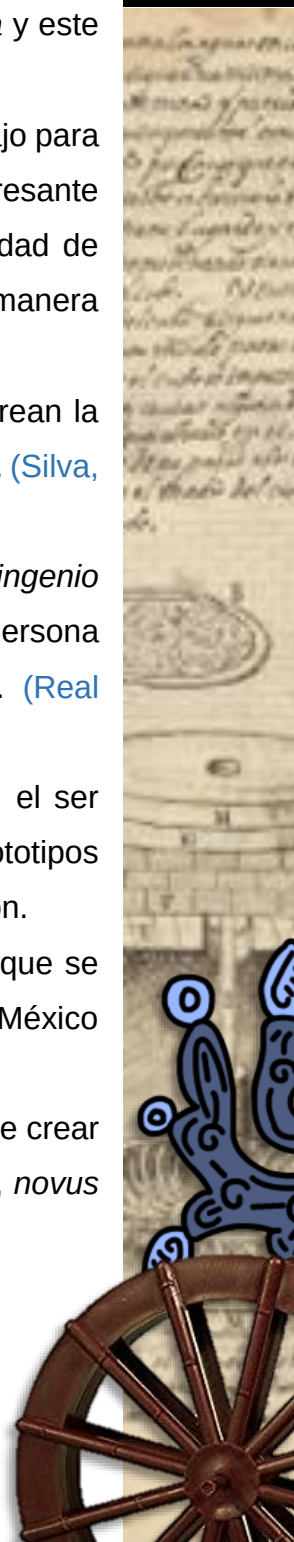
Sin embargo, en el periodo del renacimiento, es cuando los inventores crean la propiedad intelectual y el derecho en exclusiva para explotar sus mejores técnicas. (Silva, 2008).

Es en este periodo donde surgen los ingenieros, palabra que proviene de *ingenio* que significa *máquina*, artificio *mecánico* y ero. También es considerado como persona que discurre con ingenio las trazas y modos de conseguir o ejecutar algo. (Real Academia Española).

Este proceso de transformación, implementación y diseño de máquinas, el ser humano siempre está en constante cambio, busca implementar mejorías a sus prototipos con el objetivo de minimizar la fuerza humana y aumentar el tiempo de producción.

Para esta investigación se utiliza la innovación para referirse al proceso que se llevó acabo en los molinos hidráulicos implementados en las haciendas en México durante el siglo XVI.

Etimológicamente proviene del latín *innovatio* y significa "acción y efecto de crear algo nuevo". Sus componentes léxicos son: el prefijo ***in-*** (penetración, estar en), *novus* (nuevo), más el sufijo *-ción* (acción y efecto).



Se considera a la acción de crear o modificar un producto y posteriormente a la introducción en un mercado. (Real Academia Española).

Nelson Bob especifica que:

"Innovación es la transformación de conocimiento en nuevos productos y servicios. No es un evento aislado, sino la respuesta continua a circunstancias cambiantes" (Nelson, 1999, p. 15).

En este caso, los molinos, al ser maquinarias pertenecientes a Europa e instalados en Mesoamérica, específicamente en las haciendas de México no sufrieron cambios, simplemente fueron creados e instalados en lugares que se tenía existencia de canales de riego prehispánicos y que en algún momento sirvieron para darles funcionamiento.

"La innovación es creatividad aplicada, no se puede tener innovación si falta creatividad…es el resultado de la creatividad cuando ha sido llevada al mercado de forma exitosa" (Solano, 2010, p. 8).

Si tomamos en cuenta lo que explica Solano y se pone en contexto con esta investigación, se puede argumentar que la falta de maquinarias para producir harina en un lugar donde no se cosechaba trigo y la necesidad para alimentarse, tuvo como consecuencia que los ingenieros pusieran en práctica la creatividad para diseñar y crear molinos.

Gonzáles contempla que una innovación

"puede ser desde una acción sobre el precio de un artículo para conquistar un mercado, hasta la mejora de un producto antiguo o el descubrimiento de un nuevo uso para un producto ya existente". (Gonzáles, s.f.)

El uso de infraestructura prehispánica como los apantles, acueductos o presas ayudó a que se crearan molinos para producir harina. En este caso, este tipo de infraestructuras cambiaron de uso para accionar las maquinarias que ya eran existentes pero que no en aquel territorio.

Lo más parecido a este tipo de maquinarias eran los molcajetes o metates, instrumentos de origen prehispánico que tenían como objetivo machacar o moler, pero a la llegada de nuevas maquinarias traídas de España, se creó una nueva tecnología.

La palabra tecnología proviene del griego τεχνολογία technología, de τεχνολόγος technológos, de τέχνη téchnē 'arte' y λόγος lógos 'tratado' y cuyo significado contempla

el conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico. (Real Academia Española).

Lewis Mumford explica que para que la tecnología se lleve a cabo, es necesario el método empírico; la observación y después la práctica, posterior a esta acción se crea la ciencia; como el conjunto de conocimientos obtenidos. El conjunto de conocimientos científicos aplicados a un problema para dar una solución técnica, es considerado como tecnología. (Mumford, 1998, p. 36).

Sábato y Mackenzie describen que la tecnología:

> *"Se entiende como un conjunto de conocimientos de base científica que permite describir, explicar, diseñar y aplicar soluciones técnicas a problemas prácticos de forma sistemática y racional".* (Sábato, 1982. p.5).

La implementación de los molinos en Mesoamérica trajo consigo nuevas formas de trabajo; los molcajetes o metates eran de uso personal y requeridos en la dieta diaria de las personas; sin embargo, los molinos eran utilizados para trabajos industriales, con mayor fuente de producción alimenticia y que para esta investigación se consideran como tecnología implementada por el agua, recurso natural que también se utilizaba en Mesoamérica y que era la principal fuente de energía hidráulica para el accionamiento de estas maquinarias.

Hidráulico, ca, nace del latín hydraulĭcus, y este del gr. ὑδραυλικός hydraulikós, der. de ὑδραυλίς hydraulís 'órgano musical movido por agua'. Por lo que su significado está contemplado en la rama de la física que estudia el equilibrio y el movimiento de los fluidos. (Real Academia Española).

Por lo tanto, la tecnología hidráulica tiene su origen en la actividad humana y su deseo de controlar las fuerzas de la naturaleza para su beneficio. Este proceso de control y uso tiene su nacimiento en las etapas tempranas de la evolución del hombre hacia sociedades y culturas más complejas. Por lo que, el hombre se convierte en creador de su propia tecnología.

> *"Los pleitos por agua han sido siempre los más complicados de resolver, debido a los intereses inmiscuidos en los asuntos a tratar; no es de extrañar que la raíz de la palabra rivalidad sea la misma que la de la palabra río".* (Pastrana, 2012, p. 34).

Es interesante conocer cómo es que las palabras guardan cierta relación con su raíz etimológica, en este caso de río y rival. Viene de vocablo latino *rivus*, con una

habitual caída de la *v* intervocálica que ya se producía en el propio latín oral, de manera que tenemos perfectamente atestiguada la variante vulgar *rius*. (Real Academia Española).

Del vocablo latino no solo viene también de la palabra rival, sino asimismo el verbo derivar (en principio desviar una corriente de agua, o ser llevada una embarcación por una corriente de agua) y el vocablo riel.

Mientras que la palabra rival viene del latín, *rivalis* (competidor). El "rival" era el que vivía a orillas del río (latín: "*rivus*") y que tenía derecha a navegar por él. El "*rival*" puede ser el de enfrente o el propio vecino. (Real Academia Española).

Esta rivalidad estuvo presente después de la conquista española en territorios mesoamericanos, el despojo de tierras y aguas de los indios por parte de los españoles se inició por que se codiciaban las tierras de los indios ya que eran las más fértiles y las que estaban situadas a la orilla de los ríos.

Pero fue el proceso de perdida de tierras y de aguas que se aceleró a consecuencia de la depresión demográfica que sufrió la población indígena durante la segunda mitad del siglo XVI, a causa de las epidemias y que llevo a los indios vender o arrendar las tierras que ya no podían explotar, por falta de manos que las trabajaran. Estas tierras estaban integradas a las haciendas por lo que hubo comunidades que desaparecieron por completo y otras quedaron cercadas por las tierras de las haciendas. (Von, 1983, p. 66).

Hacienda proviene del latín facienda, pl. n. del ger. de facĕre, lo que ha de hacerse. (Real Academia Española).

Por lo que su significado está en torno a una finca agrícola y es el conjunto de bienes y riquezas que alguien tiene. También es atribuido al sinónimo de riqueza. Pero si se ve desde el punto científico Wobeser expresa que hacienda está relacionada con las:

> *"…unidades progresistas que habían logrado acumular cierto número de bienes. Finca agrícola, de gran tamaño, generalmente una explotación de carácter latifundista, con un núcleo de viviendas, normalmente de alto valor arquitectónico. Sistema de una propiedad de origen español".* (Von, 1983, p. 50).

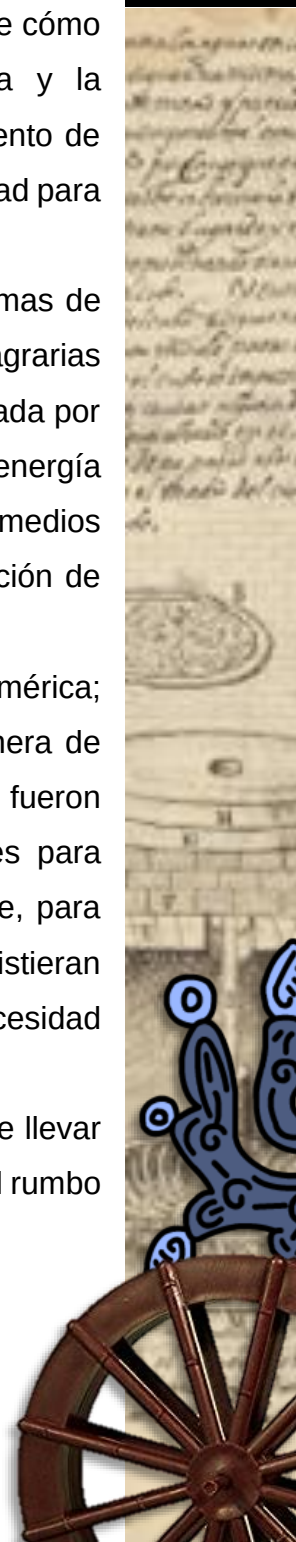
Si usamos estos términos para esta investigación podemos determinar que para los españoles fue importante el uso de tecnologías establecidas en Mesoamérica (canales o apantles, acueductos o sistemas de riego, entre otros) y viceversa, las maquinarias, específicamente los molinos trajeron esa tecnología procedente de Europa y que al momento de ser instalados conllevo a una innovación que género cambios en la región para una nueva producción industrial y que trajo consigo cambios sociales, políticos y económicos.

Desde una perspectiva científica; los españoles tenían en conocimiento de cómo estaban constituidos los molinos; a través de la observación, la práctica y la especialización de cómo crearlos. Ese proceso fue de utilidad ya que, al momento de llegar a Mesoamérica, no se contaba con ciertos alimentos que eran de gran utilidad para su dieta diaria.

Por otro lado, Mesoamérica contaba con su propia tecnología; sus sistemas de captación, almacenamiento y riego, que permitían llevar a cabo sus actividades agrarias para beneficio y consumo personal. Esta tecnología en algún momento fue utilizada por los europeos, específicamente por los españoles para construir los molinos. La energía hidráulica fue el principal motor para el accionamiento de estas maquinarias, los medios de almacenamiento y riego prehispánicos fueron los puntos clave para la creación de estas.

El conocimiento que se tenía sobre estos artefactos fue aplicado en Mesoamérica; constituyendo una nueva tecnología, hubo cambios que perfeccionaron la manera de producir un nuevo tipo de alimento que no existía en la región, las haciendas fueron espacios arquitectónicos adecuados para llevar a cabo este proceso (lugares para cultivo, almacenamiento, producción, entre otros) , no sería extraño pensar que, para este proceso, la ubicación primordial tendría que ser cerca de lugares donde existieran almacenamientos de agua. Este tipo de acciones; ingenieriles, creativas y de necesidad llevaron a una innovación tecnológica para dichas maquinarias.

Se realizó un mapa conceptual para esta investigación con el propósito de llevar a cabo una estructura ordenada, sistemática, que ayuden a controlar y delimitar el rumbo de la investigación **(ver gráfico 1)**.



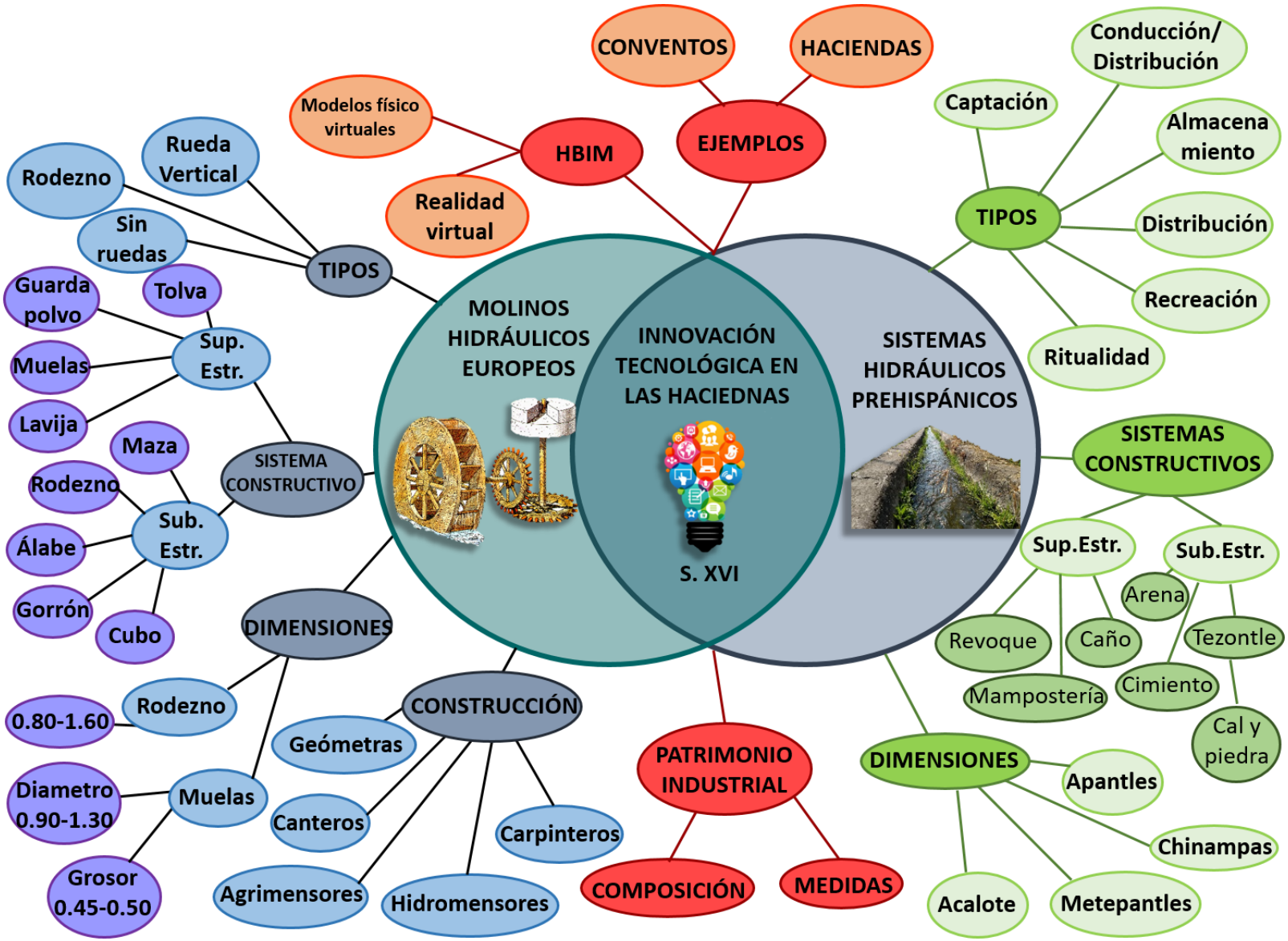


Gráfico 1. Mapa conceptual para la investigación. Realizó Eduardo López Carlos.

Ejemplo de un molino con rueda vertical. Turriano. Los veintiún libros de los ingenios y las maquinas. Pág. 346

Capítulo I

Innovación en las maquinarias europeas

Capítulo 1. Innovación en las maquinarias europeas

1.1. Innovación en las maquinarias europeas

Como se explicó anteriormente, la necesidad del ser humano por adquirir alimento lo conllevó a la creación de herramientas que le facilitaran ese trabajo. La fuerza empleada para ingerir esos alimentos, específicamente las semillas fueron sus molares, sin embargo, esta acción era cansada y conllevaba mucho trabajo, por lo tanto, se llevó a cabo la creación de máquinas que permitieran sustituir la fuerza humana.

Para generar el accionamiento de estas maquinarias se tenía que hacer uso de una fuerza transformándola en energía que es la capacidad para realizar un trabajo en razón de su posición en un campo de fuerzas. (Terán, 2008, p.17).

El uso de recursos naturales como el agua o el aire, se utilizaron para generar energía, para este caso en particular, el agua fue el recurso de mayor relevancia para accionar las maquinarias. Pero si se profundiza un poco más, el ser humano siempre ha buscado establecerse en lugares cercanos a algún tipo de cauce natural y garantizar su supervivencia. Un ejemplo claro son las primeras civilizaciones fluviales como Mesopotamia, Egipto, región hindú y la china, que hicieron uso de este recurso hidráulico para poder construir su gran imperio. **(Ver imagen 7).**

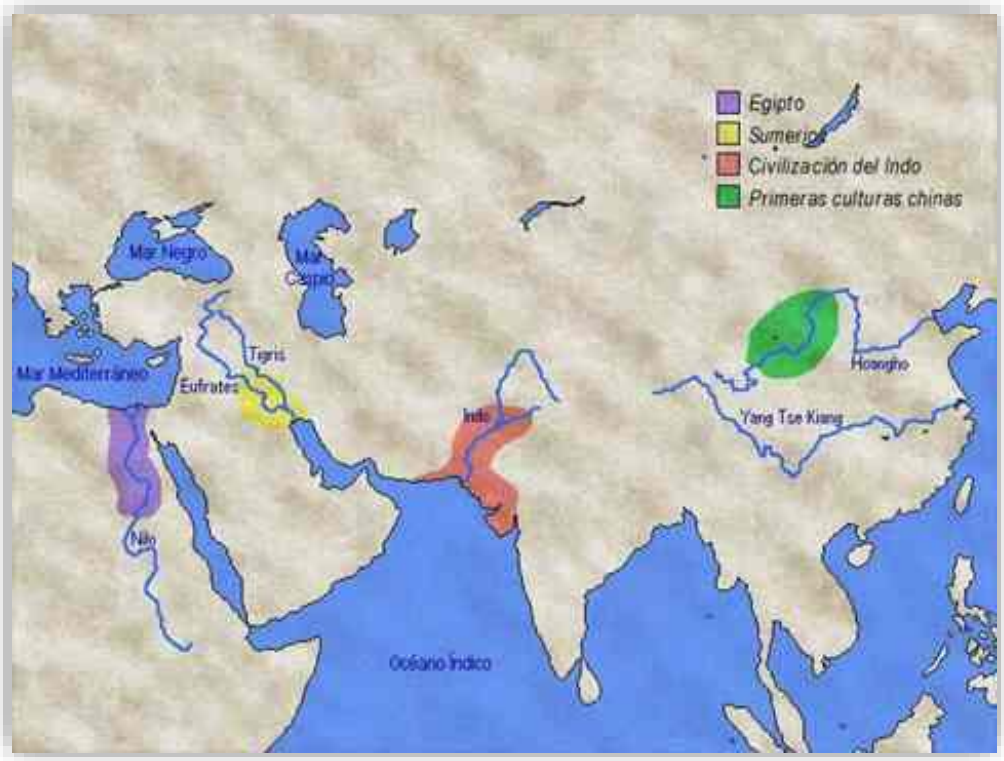


Imagen 7. Mapa de la ubicación de las primeras civilizaciones y la cercanía de los principales ríos.

Sin embargo, con el paso del tiempo se fueron innovando técnicas para dominar y conducir el agua para después asentarse en lugares lejos de los caudales principales o en territorios desérticos. Para conocer estas técnicas es necesario tener en cuenta el ciclo hidrológico y cuál fue el aprovechamiento para las maquinarias.

El agua está compuesta por moléculas formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxigeno (H2O), sufre varias transformaciones o estados y desplazamientos por reacciones físico-químicas; liquido, sólido y gaseoso.

Gracias a los rayos del sol, se puede iniciar el proceso de evaporación que consiste en convertir en gas el estado líquido de los océanos, lagos y ríos. Este vapor se desplaza hacia arriba y con el cambio de temperatura sufre una condensación, convirtiendo el vapor en nubes y transportándolas con ayuda del viento a cualquier región. La precipitación se efectúa cuando las gotas de agua contenidas en las nubes son suficientemente pesadas y grandes, provocando lluvias en estado líquido o en diversos casos en forma sólida como nieve, escarcha o granizo. (Raffino, 2020).

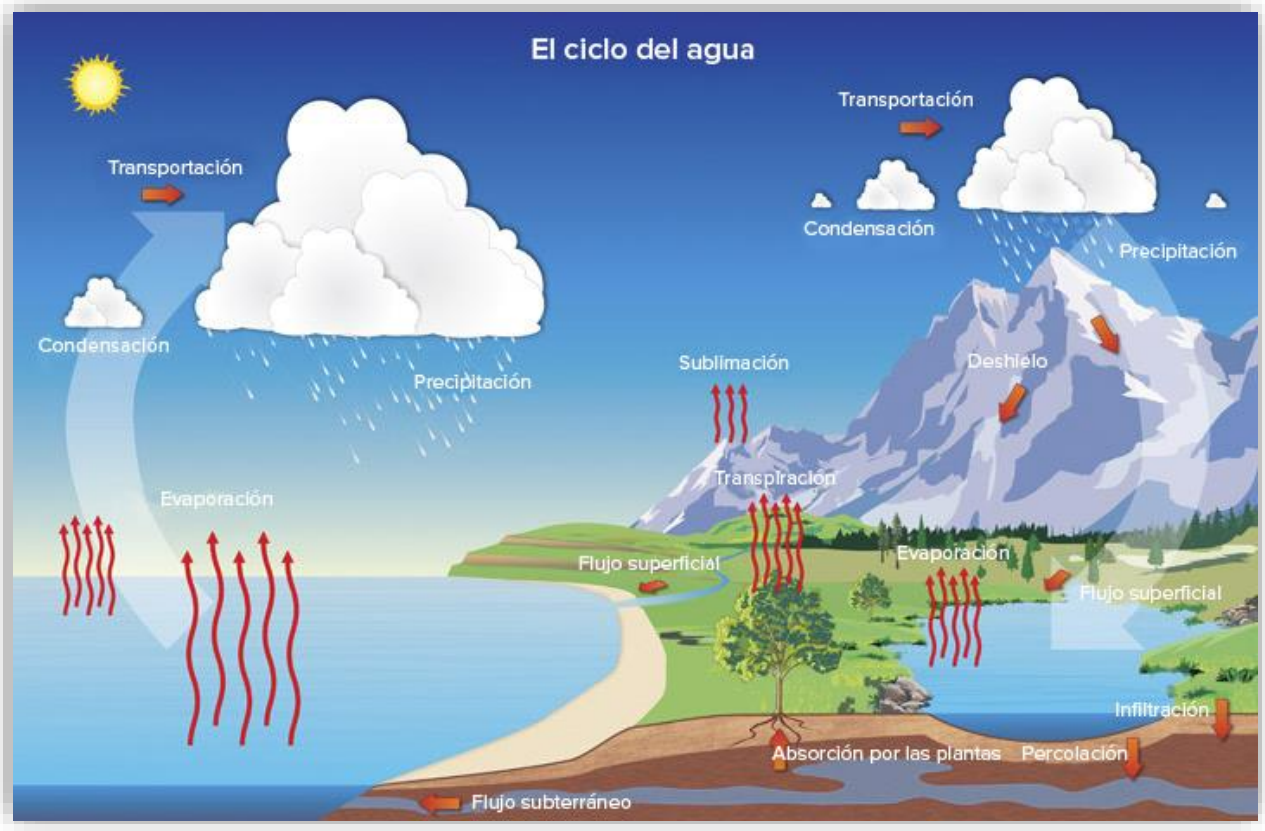


Imagen 8. Representación del ciclo hidrológico. La precipitación se lleva acabo y ocurre el flujo o escurrimiento superficial que se utilizaba como fuerza para ser aplicada y convertida en energía para mover las maquinarias.
Fuente: https://es.khanacademy.org/

Por último, se encuentra el escurrimiento provocado por la lluvia, ya sea por flujos subterráneos o superficiales. **(En la imagen 8 se pueden observar los distintos ciclos del agua).** Los flujos superficiales son aquellos en el que el escurrimiento se realiza por gravedad o por la topografía del suelo, este último proceso es el más importante, ya que el agua tiene una fuerza constante y es aprovechada para convertirla en energía y ser aplicada para el accionamiento de las maquinarias.

Fue entonces que, con la ayuda de la fuerza hidráulica, desde tiempos antiguos se aprovechó para diseñar y hacer mover maquinarias que le ayudaran a realizar trabajos arduos. El imperio romano es un claro ejemplo de cómo aprovechó este recurso, ya que pudieron canalizarla, elevarla de su nivel natural mediante sistemas de bombeo y transportarla a lugares en donde el agua era escasa por medio de acueductos, canales elevados mediante puentes que cruzaban depresiones naturales o desniveles.

Imagen 9. Construcción hipotética del sistema defensivo de Babilonia y la puerta de Ishtar, donde se pueden apreciar las ruedas de agua que alimentaban a los jardines colgantes.
Fuente: http://www.bloganavazquez.com/tag/jardines-colgantes-de-babilonia/e

Sin embargo, la rueda, como elemento mecánico, se puede considerar como una de las primeras herramientas innovadoras surgidas en Mesopotamia, conocidas comúnmente por “norias” y que era utilizadas por los sumerios para la elevación de agua y la irrigación de sus bastos jardines colgantes, como se muestra en la **imagen 9** descritos en el siglo V a.C. por Heródoto.

Este es un primer acercamiento de cómo se tuvo la noción de crear una herramienta capaz de realizar un trabajo con ayuda de la fuerza del agua. Marco Vitrubio Polión, arquitecto, escritor e ingeniero del siglo I a.C. de igual manera, hace una referencia de estas norias y azudas en su tratado de “Los Diez Libros

de Arquitectura". Estas últimas las clasifica en dos tipos: las de cangilones y la de tímpanos.

Esta clasificación dependerá del diseño de los casetones o cajas constituidas por madera que servían para almacenar el agua que trascurría sobre la rueda y que a su vez provocaba que estos casetones se elevaran y desalojaran el líquido a un nivel superior al del cauce natural.

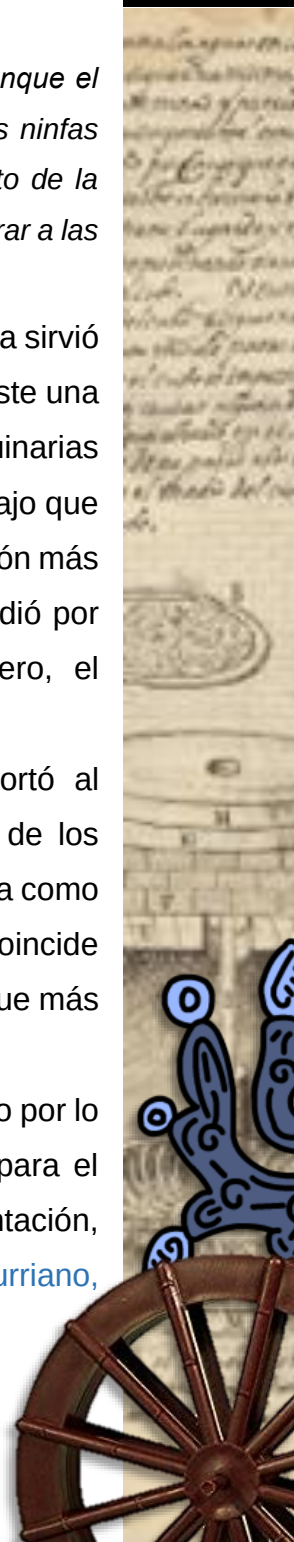
Antipater de Tesalónica, poeta latino también del siglo I a.C. describe el uso de la rueda como una innovación tecnológica en las tareas confinadas de la molienda

> *"mujer deja de trabajar afanosamente en el molino, sigue durmiendo, aunque el gallo madrugador anuncia ya el amanecer, porque Deméter ha ordenado a sus ninfas realizar el trabajo que hacían vuestra manos, y ellas, encaramándose en lo alto de la rueda, hacen girar sus ejes provistos de radios, que a su vez obligan también a girar a las cóncavas piedras del molino".* (Morris, 1995. p. 26).

Esta referencia nos ayuda para saber que, en una primera instancia la rueda sirvió como elemento para elevar el agua y poderle dar otra dirección, sin embargo, existe una innovación tecnológica que marca el inicio de la construcción de estas maquinarias impulsadas por la rueda. La necesidad del hombre hizo transformar el arduo trabajo que se venía haciendo en el aprovechamiento de un recurso natural y de una producción más eficaz. Fue en la edad media en el que el ingenio de estas máquinas se expandió por toda Europa, llegando a los diversos oficios que existían, como el molinero, el abatanador, el herrero, el tejedor, entre muchos otros.

Otro ingeniero y tratadista de la época renacentista que también aportó al conocimiento de maquinarias hidráulicas fue Juanelo Turriano, en su tratado de los veintiún libros de los ingenios y de las maquinas explica a detalle el uso de la rueda como herramienta principal de los molinos hidráulicos, pero este fenómeno también coincide con el funcionamiento de otras maquinarias que utilizaban la fuerza hidráulica y que más adelante se explicaran a detalle.

Turriano comenta que antiguamente los hombres molían con mucho trabajo por lo que la fuerza ejercida para esos molinos eran sus brazos como herramienta para el accionamiento, por lo que la principal causa era buscar modos de implementación, innovación o tecnología que pudieran generar, trabajar menos y producir más. (Turriano, s.f. p. 300).



Dentro de este proceso de búsqueda de satisfacciones, diferentes necesidades hacen crear un cambio que introduce a la innovación, modificar los molinos ya existentes con el fin de perfeccionarlos.

El crecimiento de población y la relatividad del tiempo son los principales factores que también permiten el cambio constante de los molinos, ya que el producto debe de incrementar y obtenerse en cortos lapsos de tiempo.

> *"El moler poco o mucho es la causa de la rueda o rodezno que recibe el golpe del agua del canal"* (Turriano, s.f. p.363).

Entonces la rueda que es utilizada en los molinos o, mejor dicho, el rodezno, es el conjunto de varias paletas que al choque de la fuerza del agua se genera energía mecánica de la cual permite el accionamiento del molino o de una maquinaria. Este principio se documentó también por Turriano en el que determina que a partir de una fuerza con una inclinación a 45 grados y a una determinada distancia se podrá ejercer energía para mover el rodezno (**Ver imagen 10)**.

Este diagrama coincide con la segunda ley de Newton. En la que un

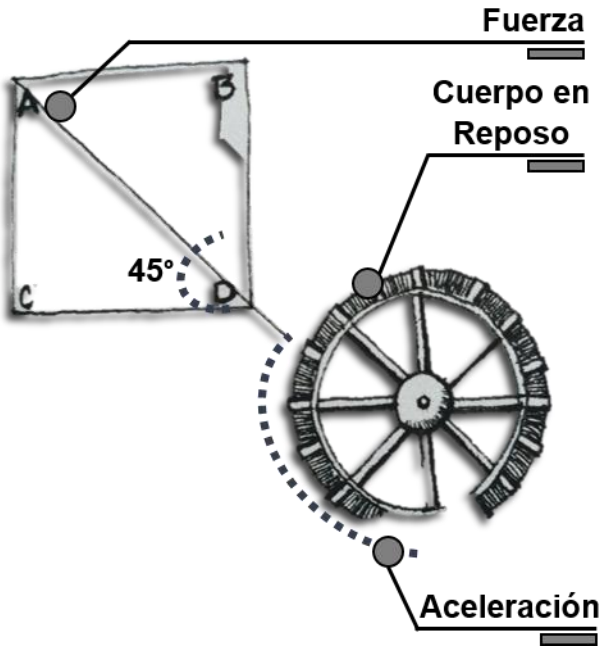


Imagen 10. Esquema de la aplicación de una fuerza con inclinación en un rodezno.
Los veintiún libros de los ingenios y las maquinas. Pág. 301. Redibujo por Eduardo López Carlos.

Imagen 11. Diseño de un rodezno con la representación de álabes.
Los veintiún libros de los ingenios y las maquinas. Pág. 305. Redibujo por Eduardo López Carlos.

cuerpo sometido a una fuerza cero tiene una aceleración en el mismo sentido de la fuerza.

Teniendo una comprensión más clara sobre el rodezno, se fue perfeccionando la estructura de las paletas, se crearon diversos diseños, prototipos que permitieron satisfacer las necesidades de las maquinarias. Dependiendo de la colocación de la rueda, sea horizontal o vertical, recibirá un nombre determinado.

Si la rueda es colocada de forma horizontal, se le llamara rodezno, si la rueda está colocada de forma vertical, llevara el nombre de aceña.

Terán, determina que:

> *"Las ruedas horizontales, mejor conocidas como rodeznos; aunque daban menor producción, tenían como ventaja que necesitaban para su movimiento menos agua y su construcción era económica".* (Terán, 2013, p. 101).

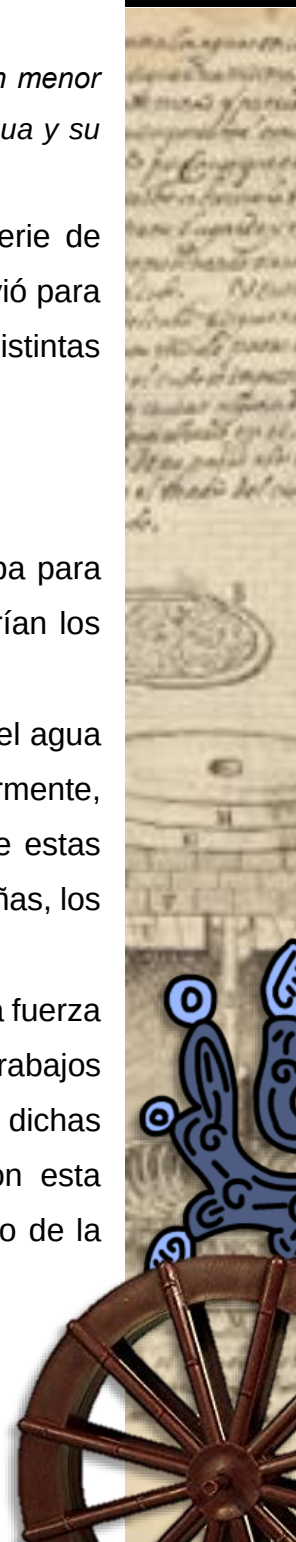
En la **imagen 11** se puede apreciar el rodezno, compuesto por una serie de paletas, esta pieza fue la parte principal para mover un molino, pero también sirvió para mover distintas maquinarias que eran utilizadas en las que se ejercían distintas actividades industriales, también llamados, ingenios hidráulicos.

1.2. Ingenios hidráulicos

La denominación de ingenio, se deriva de la capacidad que se necesitaba para crear una maquinaria de este tipo, es la misma raíz de los ingenieros, que serían los encargados de realizar el diseño de estas maquinarias.

Se le denomina ingenio hidráulico a toda maquinaria que se acciona con el agua y que en la mayoría de los casos el elemento fundamental, como se vio anteriormente, es el rodezno o la aceña, dependiendo de la posición de la rueda, ejemplo de estas maquinarias son el molino de harina, el de pólvora, el batán, las ferrerías, las aceñas, los obrajes, entre otros.

La rueda supuso un cambio para el hombre, una tecnología que hizo que la fuerza del hombre disminuyera y el uso del tiempo fuera esencial para los diversos trabajos llevados a cabo. Gonzales establece una clasificación y sub clasificación de dichas fabricas hidráulicas, dependiendo del uso y de la posición de la rueda. Con esta clasificación se puede notar los diversos ingenios que existieron a partir del uso de la rueda.



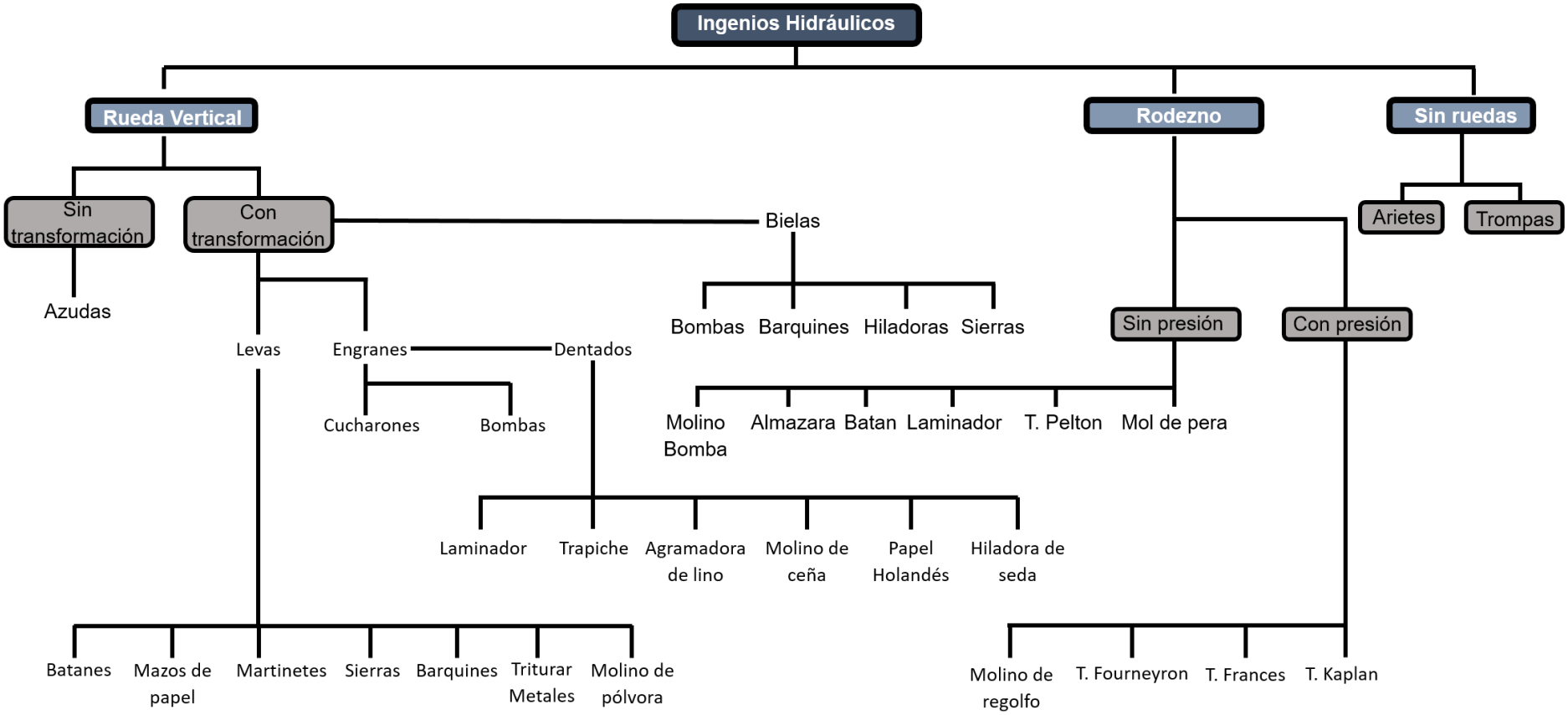


Gráfico 2. Mapa conceptual para la clasificación de ingenios hidráulicos. Realizó Eduardo López Carlos.

A continuación, se presenta un gráfico en donde se especifican las principales maquinarias de las que se abordara su funcionamiento, sus partes principales para comprender la importancia del uso del rodezno o aceña.

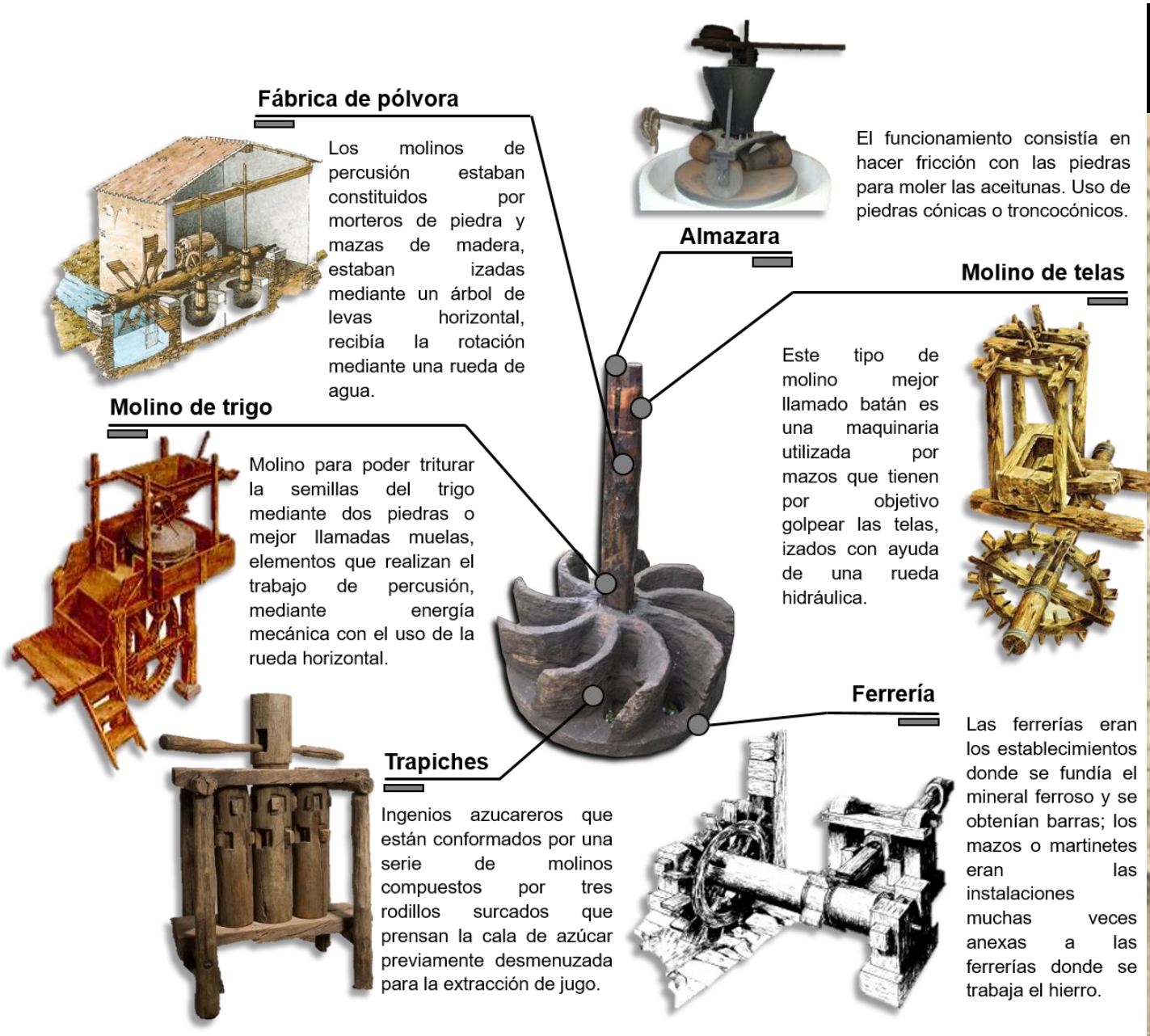


Gráfico 3. Mapa conceptual para la clasificación de ingenios hidráulicos, mediante el uso de la rueda.
Realizó Eduardo López Carlos.

1.3. Almazaras

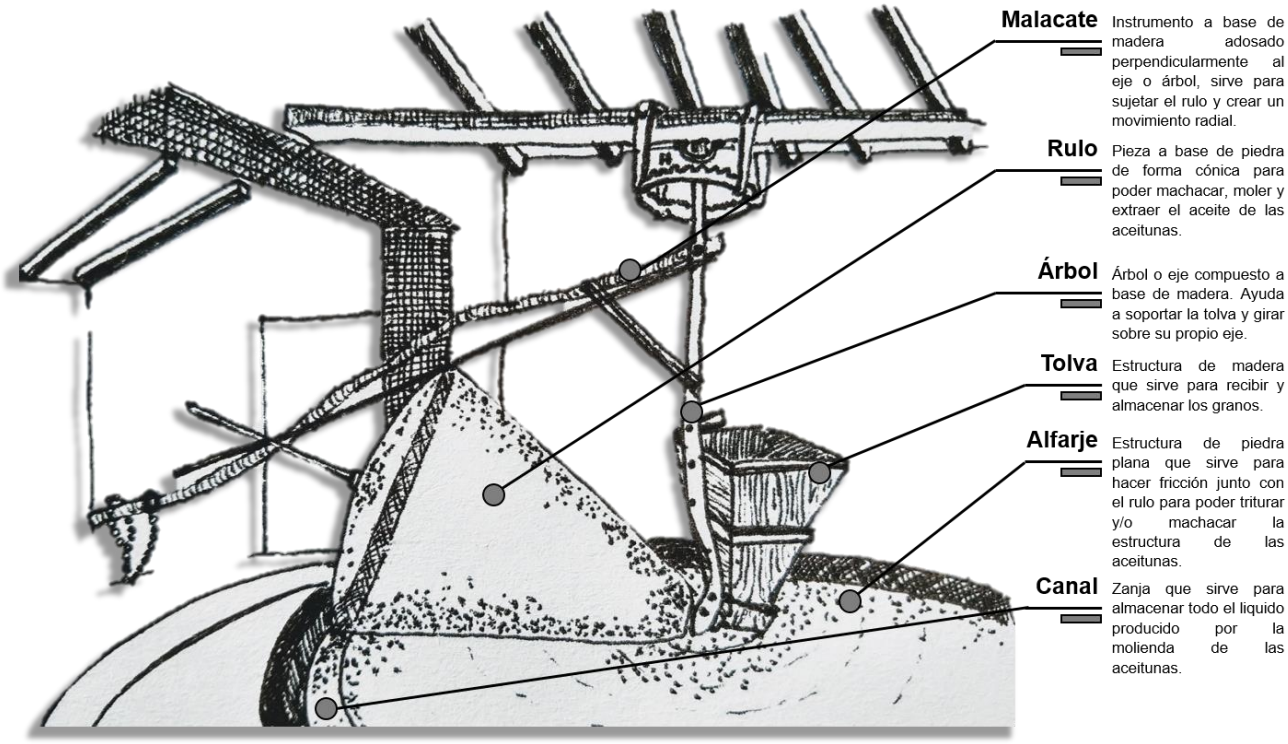


Imagen 12. Diseño y estructura de una almazara, para la producción de aceite. Dibujo por Eduardo López Carlos.

Las almazaras, etimológicamente perteneciente del árabe, *"al-ma´sara"* la prensa (Diccionario de la Real Academia), eran maquinarias que tenían la función de triturar y extraer el líquido de las aceitunas, fruto perteneciente del olivo que puede llegar a medir hasta 15 metros de altura. La palabra aceite de oliva es procedente del árabe como *"az-zait"* cuya traducción podría ser jugo de aceituna.

Se tiene la creencia según León que el primer cultivo de olivo se hizo en las regiones de Creta, Palestina y Egipto, generando más producción y mayor importancia en la antigua Grecia, sin embargo, los romanos también hicieron uso de este alimento, exportándolo a Hispania, actualmente la región Andalusí a través de ánforas. (León, 2018, pág. 12).

El sistema tradicional para la producción de este líquido constaba de tres procesos importantes; la molienda, el prensado y la decantación.

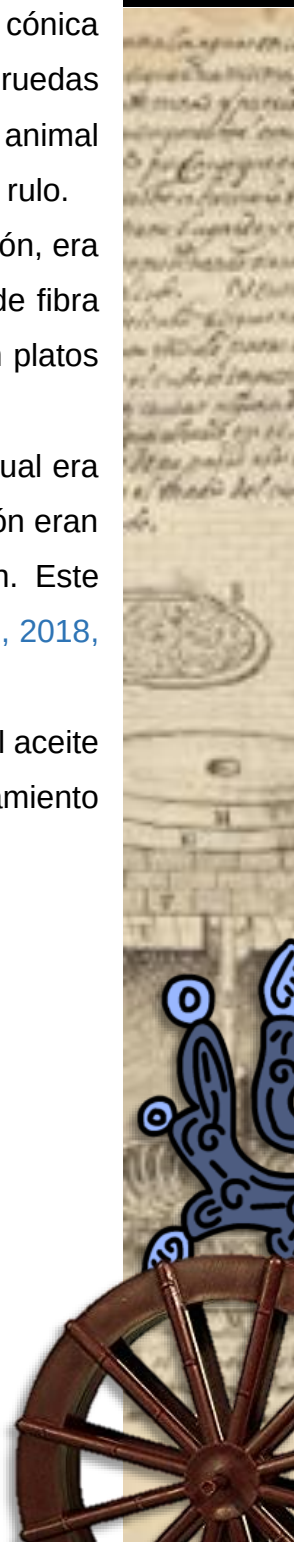
El primer proceso consistía en la molturación de las aceitunas para generar una pasta, en este proceso se utilizaban los molinos o mejor conocidos como almazaras. Las aceitunas eran colocadas dentro de la tolva, almacenamiento que servía para almacenar y conducir las semillas hacia la solera o alfarje, piedra de forma circular y sin movimiento alguno que actuaba como base.

Encima de la solera se encontraba el rulo o piedra para moler, de forma cónica que servía para aplastar las aceitunas. Este sistema permitía acoplar hasta 3 ruedas enfrentadas, minimizando el tiempo necesario de molturación. El uso de la fuerza animal se hacía mediante el malacate, servía para poder amarrarlo y generar tracción al rulo.

El segundo proceso consistía en prensar la pasta obtenida de la molturación, era recogida por el almazarero para después ser llevada y colocada sobre cestos de fibra natural llamados comúnmente como capachos de esparto y luego colocarlos en platos grandes de piedra viva para ser presionados por troncos de madera.

Mientras se ejercía la presión se colocaba agua a punto de ebullición la cual era procedente de una caldera, tanto el aceite como el agua extraídos por esa presión eran conducidos por medio de una canaleta hacia unos depósitos de decantación. Este proceso se variaba en función de las cualidades tecnológicas de la época. (León, 2018, pág. 11).

La decantación era la última parte de este proceso, se tenía que separar el aceite que se quedaba flotando del agua caliente para después finalizar con el almacenamiento del aceite en vasijas.



1.4. Batán

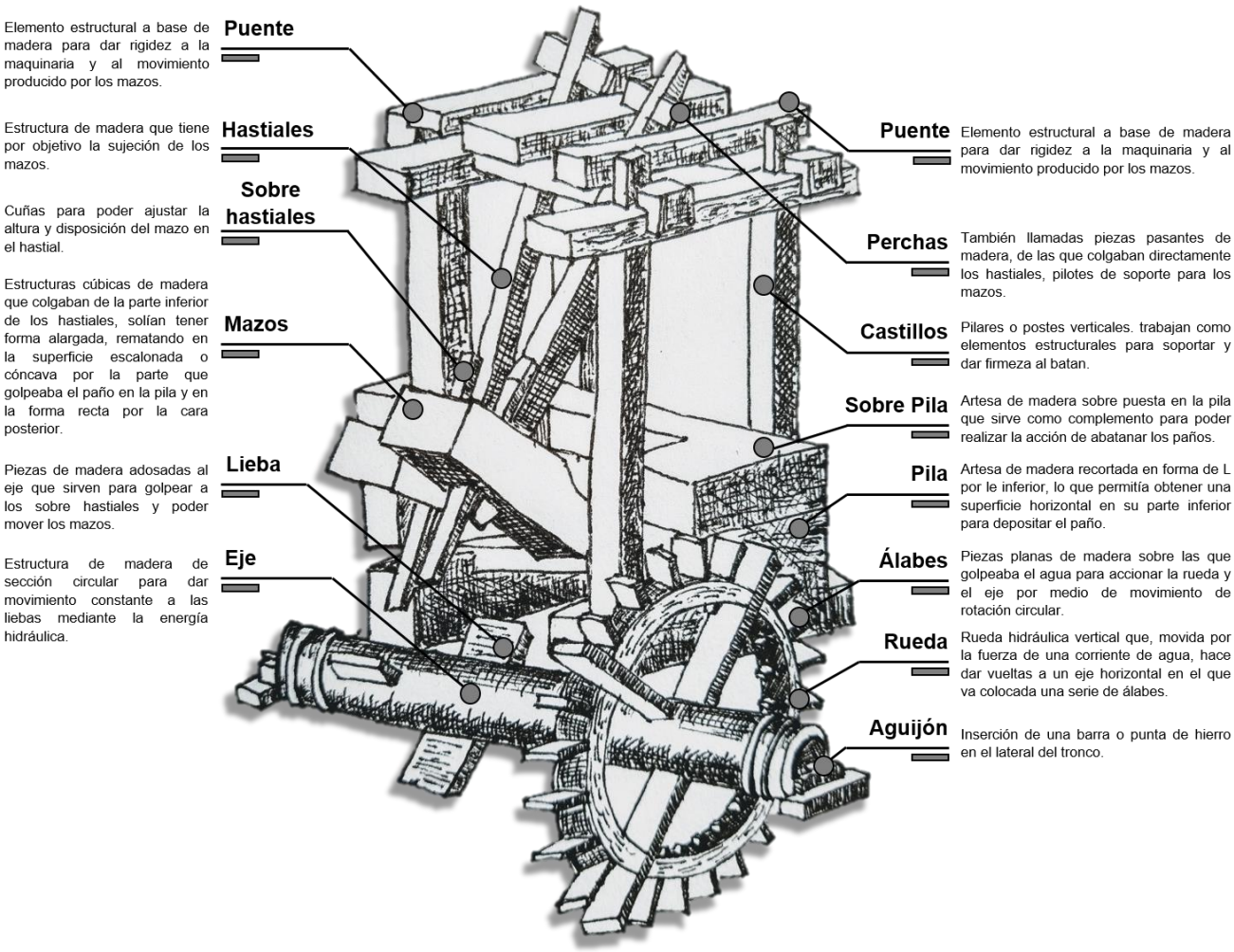
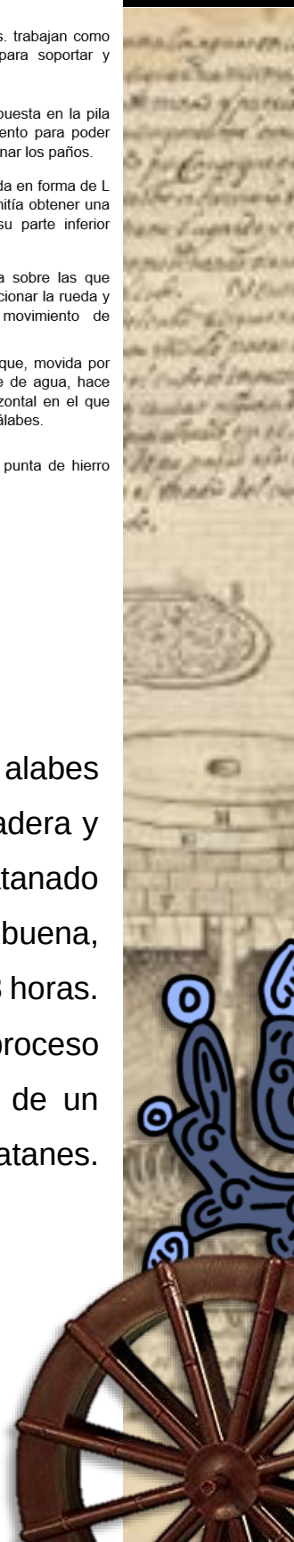


Imagen 13. Diseño y estructura de un batan. Dibujo por Eduardo López Carlos.

Los batanes eran maquinarias, que con ayuda del agua y de una rueda con alabes ubicada verticalmente transmitía la fuerza hacia unos mazos constituidos de madera y generar consistencia a diversos tejidos, a esta actividad se le conocía como abatanado o enfurtido. El tiempo de abatanado dependía de la calidad de la lana, si esta era buena, podía existir una duración de 28 horas, su la calidad era baja, podía durar hasta 48 horas.

Este tipo de actividad se realizaba en tiempos de los romanos, solo que el proceso era totalmente manual, eran golpes con ayuda de mazos de madera dentro de un recipiente. Fue durante la Edad Media, en Europa, donde se diseñaron los batanes. (Moris, 1995, p.31).

Según una definición de Covarrubias, publicada en el año 1611,



“un batán es cierta máquina ordinaria de unos mazos de madera muy gruesos, que mueve una rueda con el agua, y éstos golpean a veces en un pilón, donde batanan los paños para que se limpien y se incorporen y tupan”. (Covarrubias, 1611, s.f.).

Moris especifica las partes principales de un batan: el sistema hidráulico, la rueda hidráulica, el árbol, el armazón o el potro, el recipiente o imina y los mazos o porros.

La principal fuente de energía de esta maquinaria es la fuerza hidráulica, se podía aprovechar por la corriente de un rio, o en otros casos, cuando no existía suficiente presión, se almacenaba, construyendo una presa. (Moris, 1995, p.33).

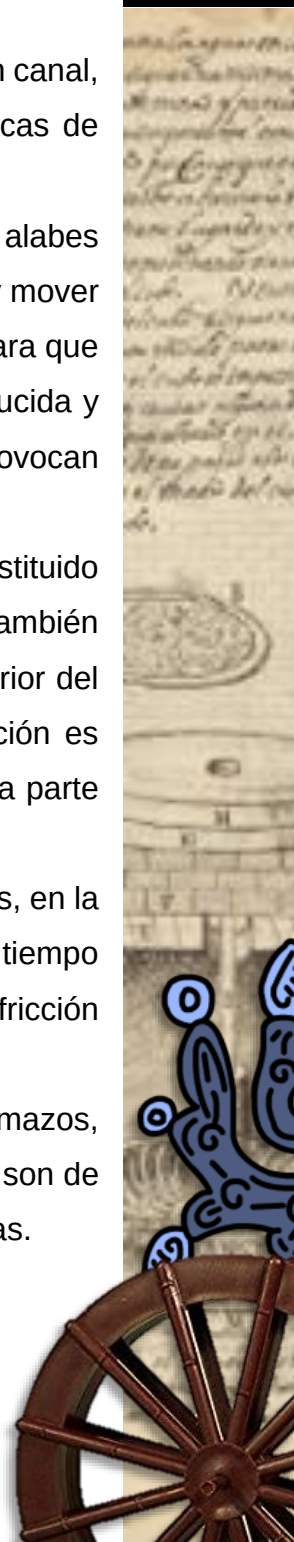
Desde la presa el agua era conducida hasta la ubicación de la rueda por un canal, la presión ejercida sobre este podía ser controlada, mediante compuertas, placas de madera que servían como obstáculo para controlar el paso del agua.

La rueda hidráulica, de 2 a 2.5 metros de diámetro, está compuesta por alabes (16 o 20 piezas) que sirven para generar energía mecánica con ayuda del agua y mover el árbol o el eje horizontal; constituido a los extremos por aguijones que sirven para que el tronco gire mediante su propio eje. Su función es canalizar esa energía producida y transmitirla hacia las levas, palas de madera adosadas al eje y que a su vez provocan elevar los mazos o porros.

Otro elemento importante es el potro, estructura principal del batán, constituido por cuatro castillos o pies derechos de madera que están anclados al terreno, también se encuentran los pies que adosados a los castillos y ubicados en la parte superior del potro, sirven para dar rigidez a toda la estructura del batán. Su segunda función es sostener a los mazos mediante dos hastiales, que van desde los mazos hasta la parte superior del potro.

La pila y sobre pila son artesas de madera que sirven para colocar las telas, en la sobre pila escurre agua ya que es necesaria para dar humedad y al mismo tiempo refrigeración a las telas y evitar un deterioro por el calentamiento producido por la fricción del mazo y el paño.

Colgados del bastidor y anclados a los hastiales, se encuentran los mazos, constituidos por madera de castaño, el peso oscila entre los 70 y 90 kilogramos, son de forma prismática y con una base oblicua, con el fin de facilitar el volteo de las telas.



1.5. Ferrerías

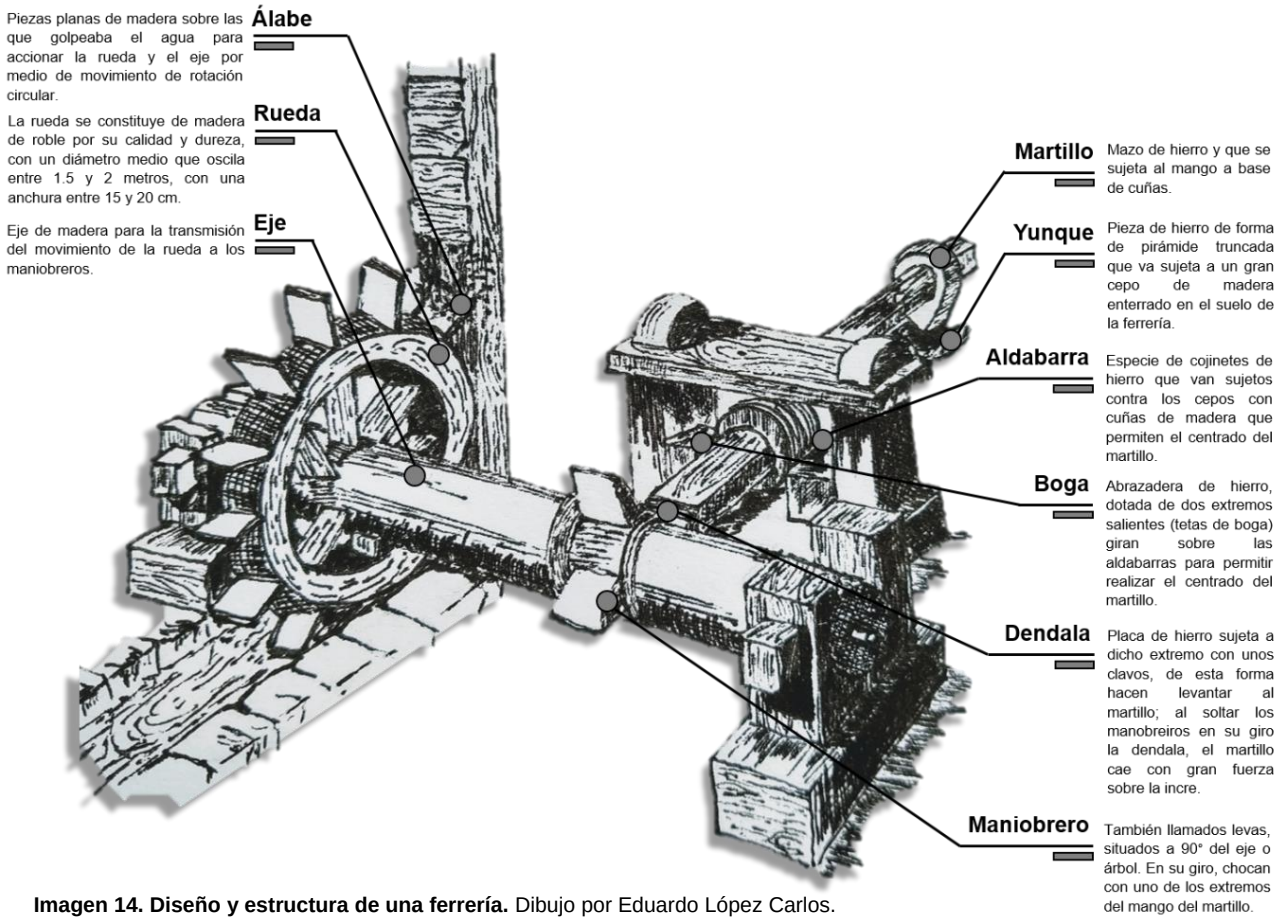


Imagen 14. Diseño y estructura de una ferrería. Dibujo por Eduardo López Carlos.

Las antiguas ferrerías, denominadas terrerías y utilizadas en una primera instancia por la cultura celta eran instaladas en las proximidades de lugares boscosos para adquirir carbón vegetal. En estas siderurgias se utilizaban minerales ricos en hierro para después realizar una reducción con ayuda de grandes hornos construidos en tierra con muros de grandes espesores.

Una vez reducido el mineral, era extraído de los hornos para después ser llevado a un yunque o pieza hecha de piedra que servía para reducir de tamaño el metal, darle forma geométrica y también para crear un acabado final con ayuda de mazos o martillos de gran tamaño. A este proceso se le conocía como *"fotja catalana"* según Moris. Esta técnica fue empleada en España durante el siglo XIII, mientras que en los siglos XIV y XV se expandió a Francia y Alemania utilizando la energía hidráulica, sin embargo, fue

en el siglo XVII y XVIII cuando estas maquinarias tuvieron su máximo apogeo en Asturias. Su principal aportación era la creación de herramientas y utensilios domésticos.

Como la principal fuente de energía era el agua, la ubicación de estas maquinarias tenía que ser cercana a los principales caudales de la región y en muchos casos el funcionamiento se paralizaba durante los meses con sequias. En estas ferrerías había dos producciones; el mineral de hierro y el carbón vegetal en donde se utilizaban herramientas como mazos o martinetes, cada uno con sus características especiales.

Las ferrerías eran lugares en donde se fundía el acero y se obtenían diversas composiciones como barras, los mazos eran las maquinarias localizadas junto a las ferrerías en donde se trabajaban las barras de hierro obtenidas con anterioridad y darle forma (estirar, adelgazar o ensanchar), mientras que las fraguas eran lugares que eran utilizados por lo herreros y en donde se producían diversos materiales como clavos, ruedas y herraduras, entre otros.

La composición de una ferrería se puede dividir en tres partes importantes; la instalación hidráulica, las herramientas de golpeteo como el martillo de forjar y el horno que funcionaba para calentar el acero.

La instalación hidráulica consta de la fuerza hidráulica que se necesita para accionar la rueda, por lo tanto, en un inicio las ferrerías estaban localizadas en lugares donde existieran ríos, arroyos o caudales. Con el tiempo se construyeron lugares de almacenamiento, como presas para desviar el agua y ser transportada por medio de canales hasta llegar al lugar de las ferrerías.

Moris especifica las dimensiones de estos canales:

> *"El agua era conducida por un canal labrado en la ladera, de sección aproximadamente cuadrada y con unas dimensiones entre 0.5 metros y 1.20 metros de anchura y con una longitud de entre 200 y 300 metros. A la entrada solía llevar una compuerta, para regular el caudal de agua hacia la ferrería y a lo largo del mismo llevaba unos aliviaderos para controlar dicho caudal. Finalmente, el agua es recogida en un deposito elevado sobre el nivel de la ferrería, que recibe el nombre de banzao o camarao, con una altura suficiente como para que la energía potencial acumulada fuese capaz de mover la rueda hidráulica".* (Moris, 1995, p.37).

La rueda hidráulica está compuesta por 16 alabes o palas de madera que hacen que exista movimiento, la rueda está constituida de madera de roble por su alta calidad y dureza con un diámetro entre 1.5 y 2 metros, tiene un espesor de 15 o 20 centímetros.

Cuando las esclusas o puertas del banzao eran abiertas, el agua salía con suficiente presión para hacer mover los alabes y automáticamente a la rueda, esta energía era transmitida sobre el eje principal, constituido por madera de roble y con una longitud de 5 metros y un diámetro de 60 centímetros.

A un metro de distancia del extremo opuesto de la rueda, van colocados cuatro *manobreiros* o levas, que al girar provocan un choque con los extremos del mango del mazo, mejor conocida como dendala, placa de hierro sujeta al mango y que de esta forma hace levantar al mazo **(Ver imagen 15).**

El mango del martillo está constituido por madera de roble y con una longitud de 3 a 4 metros y un diámetro de 35 o 40 centímetros. La boga es una abrazadera de hierro que está localizada en la parte central del mango y que permite darle estabilidad y centrado a todo el mazo. (Ibídem, p.37).

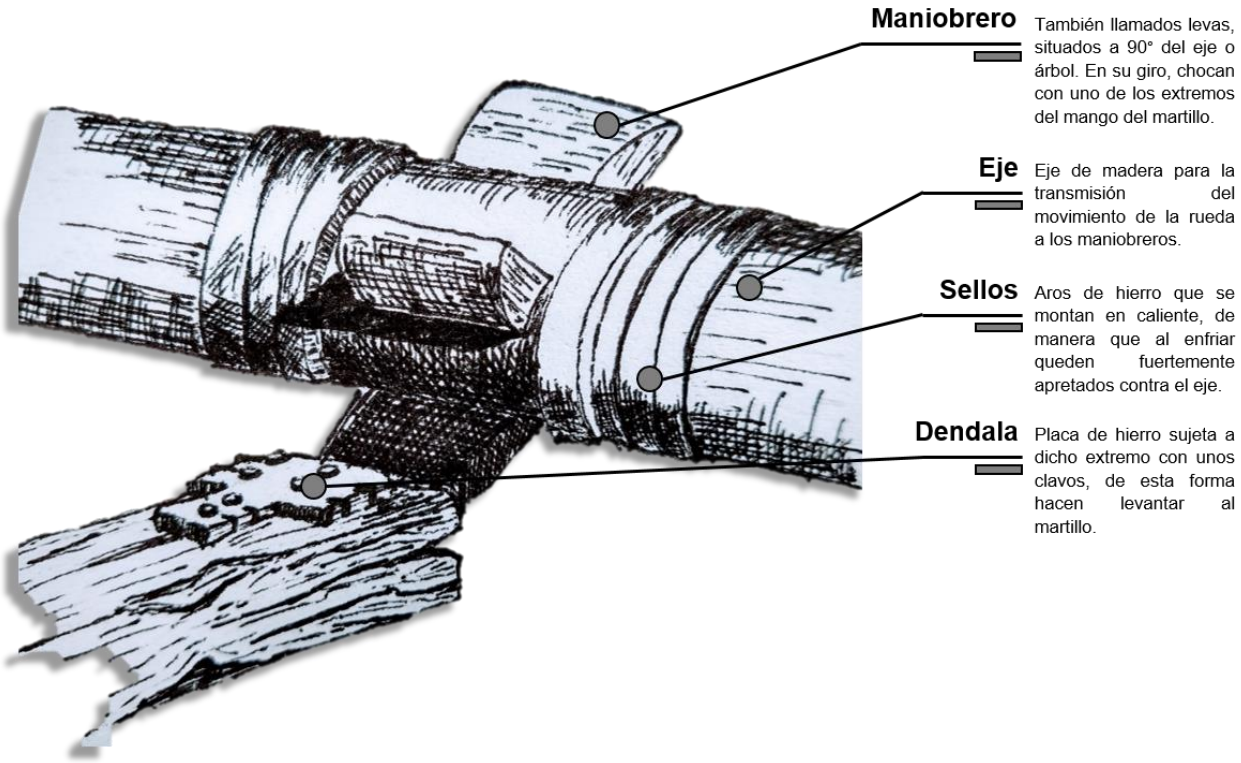


Imagen 15. Diseño y estructura de la parte central de la ferrería. mecanismo para transmitir la fuerza hidráulica a través de palancas de madera. Dibujo por Eduardo López Carlos.

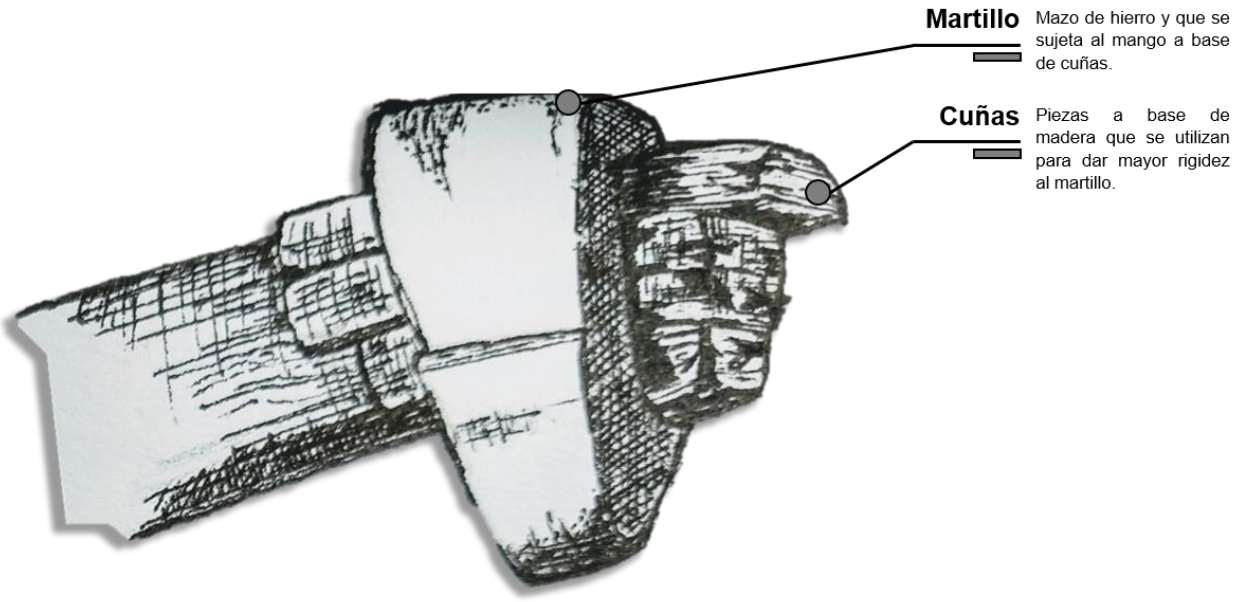


Imagen 16. Diseño y estructura del martillo. Dibujo por Eduardo López Carlos.

Finalmente, al otro extremo del mango, se encuentra el mazo, constituido por hierro con un peso aproximado de 150 y 200 kilogramos y que está sujeto a base de cuñas de madera. Este mazo genera golpeteos a través de un banco de hierro en forma de pirámide truncada y que está sujeto al suelo mediante un cuerpo de madera **(Ver imagen 16).**

El objetivo principal de los mazos era estirar las barras o palanquillas de hierro para después ser suministrado a los clientes, herreros y ferrerías de menor rango para dar el acabado final como rejas de arado, sartenes, utensilios o herramientas para la labranza, entre otros.

1.6. Molino de Pólvora

Otra de las fábricas que utilizaban maquinarias hidráulicas eran las que producían pólvora, los elementos naturales a emplear eran el azufre, carbón vegetal y salitre, este último componente era el más difícil de conseguir y el que más se requería para crear la pólvora (75% de toda la mezcla), fue en el siglo XX que hubo un reemplazo por el nitrato de potasio. (Blázquez y Sancho, s.f, p.76).

El funcionamiento de estas maquinarias era muy parecido al de los batanes o al de los martillos. El funcionamiento comenzaba por medio de una rueda de eje vertical constituida por alabes o paletas de madera impulsadas por la energía del agua que era

acumulada en una presa y luego desviada hacia un canal o simplemente por la fuerza de un rio o caudal.

Esa fuerza era transmitida hacia un eje de madera de olmo y al que se le añadían levas o placas que ayudaban a elevar los mazos, que por efecto del giro caían sobre los morteros que almacenaban una pasta formada por los tres ingredientes hasta obtener un grano de la finura deseada **(Ver imagen 17)**. Después de la creación de la pólvora, esta se exponía al sol para su secado.

Era muy importante tener restricciones y cuidados en este tipo de maquinarias ya que para la obtención de pólvora se podrían generar grandes explosiones. Así lo comenta Cara en su libro acerca de los molinos hidráulicos tradicionales de la Alpujarra:

"Las piezas eran todas de madera para evitar que saltaran chispas, lo mismo que los morteros, que por ello eran en contacto con bolitas de arcilla que la subdividían (proceso de graneado) en cedazos que colgaban de la pared". (Cara, 1996, p. 66).

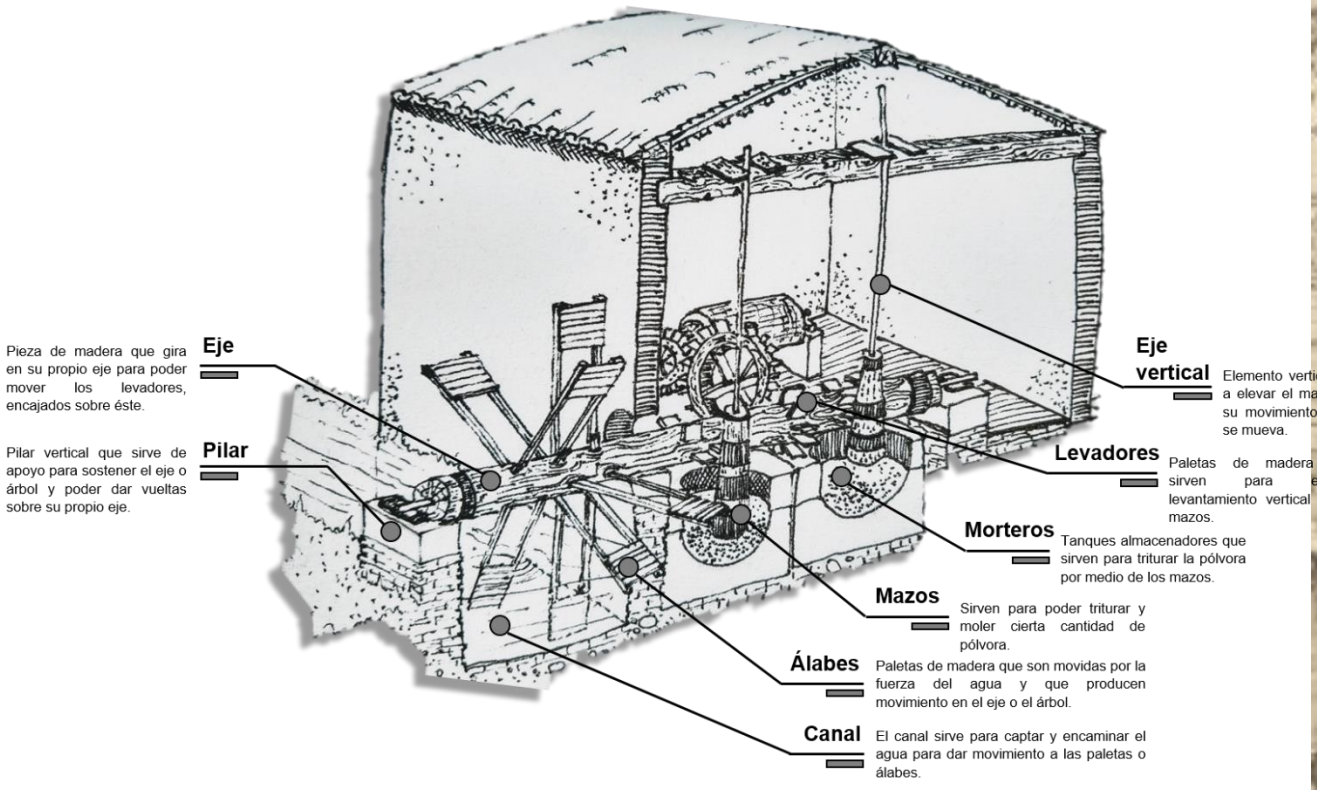


Imagen 17. Diseño y estructura de un molino de pólvora. Dibujo por Eduardo López Carlos.

1.7. Molino de trigo

Para este tipo de maquinaria se profundizará un poco más ya que es parte de la investigación y es necesario conocer todas sus partes.

El uso del rodezno sigue siendo una constante para estas maquinarias, específicamente para este tipo de molinos. Sin el rodezno estas maquinarias no podrían ser accionadas.

La estructura de un molino la podemos dividir en dos partes fundamentales.

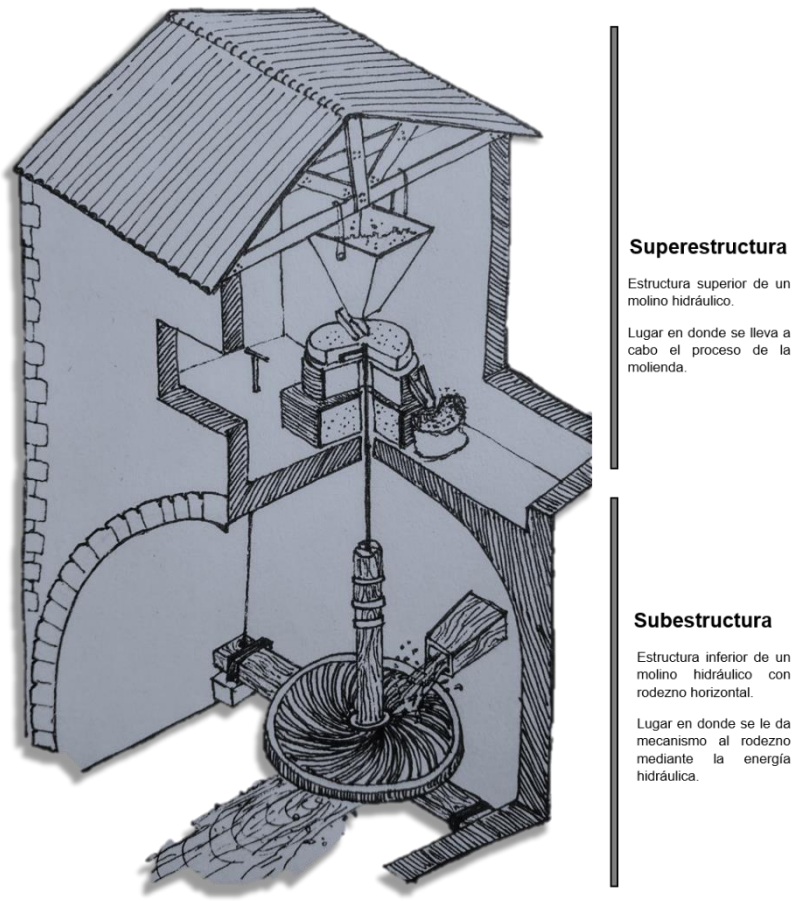


Imagen 18. División de un molino en superestructura y subestructura.
Dibujo por Eduardo López Carlos.

La primera, compuesta por una súper estructura, que es la parte visible y en donde se realiza todo el proceso de la molienda. La segunda, se considera como la subestructura en donde se encuentra el rodezno y los álabes, este rodezno está colocado horizontalmente y tiene un eje o maza que permite la rotación del rodezno y de las muelas para poder hacer fricción y moler el trigo. Ver **Imagen 18.**

1.7.1. Subestructura

La subestructura está constituida primordialmente por un eje, también llamado maza o árbol, compuesto por madera principalmente y que tiene como objetivo generar movimientos en su propio eje. Para que este movimiento se lleve a cabo es necesario el rodezno o rueda hidráulica horizontal la cual será accionada a través del flujo de agua

constante. Se le considera al rodezno como el corazón de todo este sistema motriz en un molino hidráulico.

El rodezno es:

> […] *rueda horizontal hidráulica de eje vertical, compuesta por una pieza circular con álabes y que va unida a la maza del eje o árbol mediante unas piezas de madera llamadas "marranos".* (Córdoba de la llave, 2002, p.282).

Los álabes son palas que están unidas al rodezno y que son las que proporcionan el movimiento a todo este conjunto. En un principio estas piezas eran simplemente paletas de madera rígidas que estaban incrustadas al eje, pero como lo explica Pastrana:

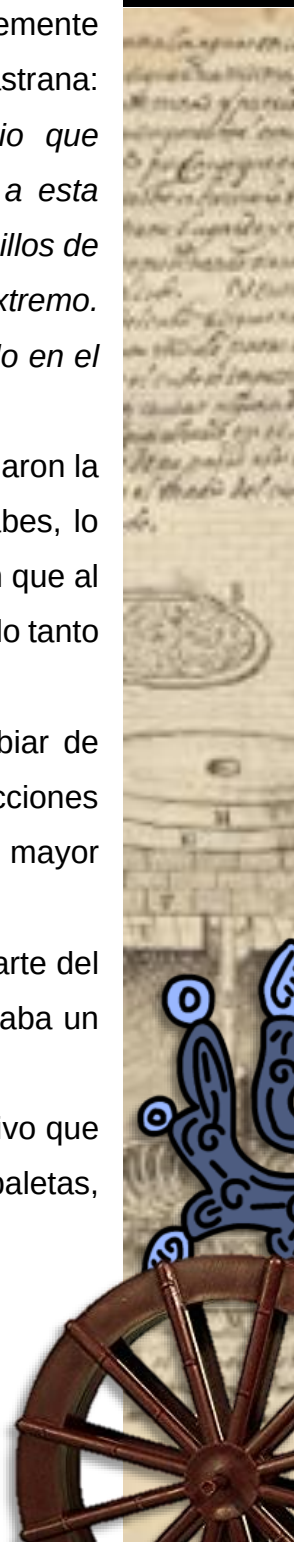
> *Estas paletas al estar empotradas, tenían un juego vibratorio que amortiguaba el golpe del agua; el giro resulta menos eficiente debido a esta amortiguación. Para evitar el movimiento de las paletas, se crearon dos anillos de madera, uno en el centro – directamente sobre el eje motriz – y otro en el extremo. Las palas tenían un movimiento mínimo y la mayoría del esfuerzo aplicado en el golpe de agua se transformaría en movimiento.* (Pastrana, 2012, p.54).

Los musulmanes tuvieron una innovación para estas piezas, ya que cambiaron la forma de las paletas, por figuras curvas, cucharas o mejor conocidas como alabes, lo que presento una aportación al sistema motriz del molino. Estas piezas permitían que al tener contacto con el agua se produjera mayor energía y rapidez al rodezno y por lo tanto a las muelas.

Estas cucharas eran intercambiables para darles mantenimiento o cambiar de piezas sin necesidad de desarmar toda la rueda. Estas se colocaban en secciones dependiendo del tamaño del rodezno. A mayor dimensión, mayor longitud y mayor número de piezas.

En un principio los rodeznos eran de piedra, por lo que las paletas eran parte del rodezno y trabajaban como un elemento monolítico. En el centro de este se dejaba un hueco para que pudiera pasar el eje.

Las desventajas que existían en este tipo de rodezno eran; el peso excesivo que tenía la pieza, así como de los depósitos calcáreos que se acumulaban entre las paletas, lo que provocaba fatiga para dar mantenimiento a esta pieza.



Reyes Mesa establece ciertas medidas de acuerdo a la región de Granada que analiza y en el que indica que:

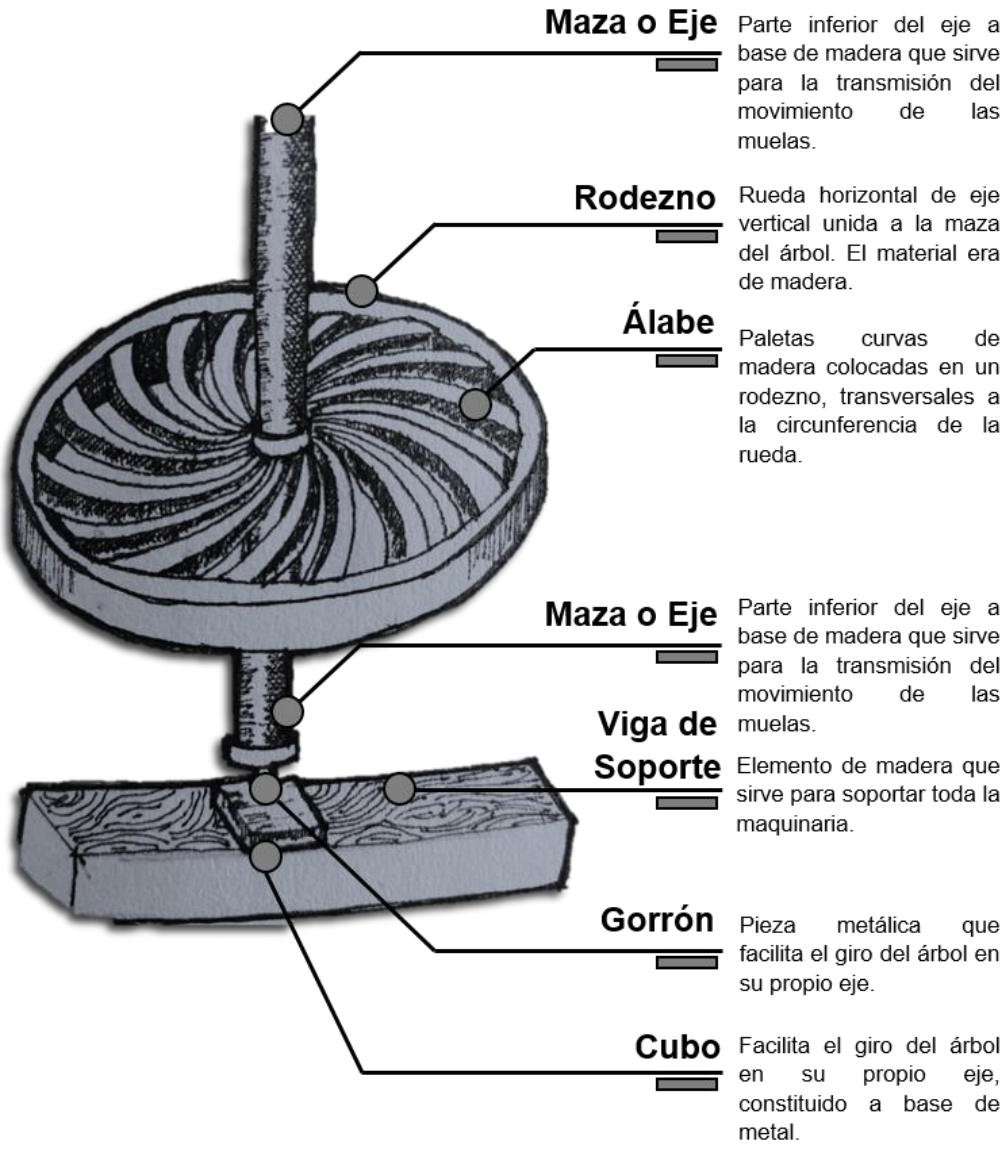


Imagen 19. Estructura de un rodezno y su eje principal.
Los veintiún libros de los ingenios y las maquinas. Pág. 304. Redibujo por Eduardo López Carlos.

"El diámetro de los rodeznos que hemos documentado oscilan entre 0.80 y 1.60 metros, dimensiones menores son ineficaces y a mayores plantan problemas de torsión. Sus dimensiones están en relación directa con la altura del salto y con el diámetro de la muela a mover; pero en cualquier caso deben de asegurar un mínimo de 110 r.p.m." (Reyes, 2000, p.4).

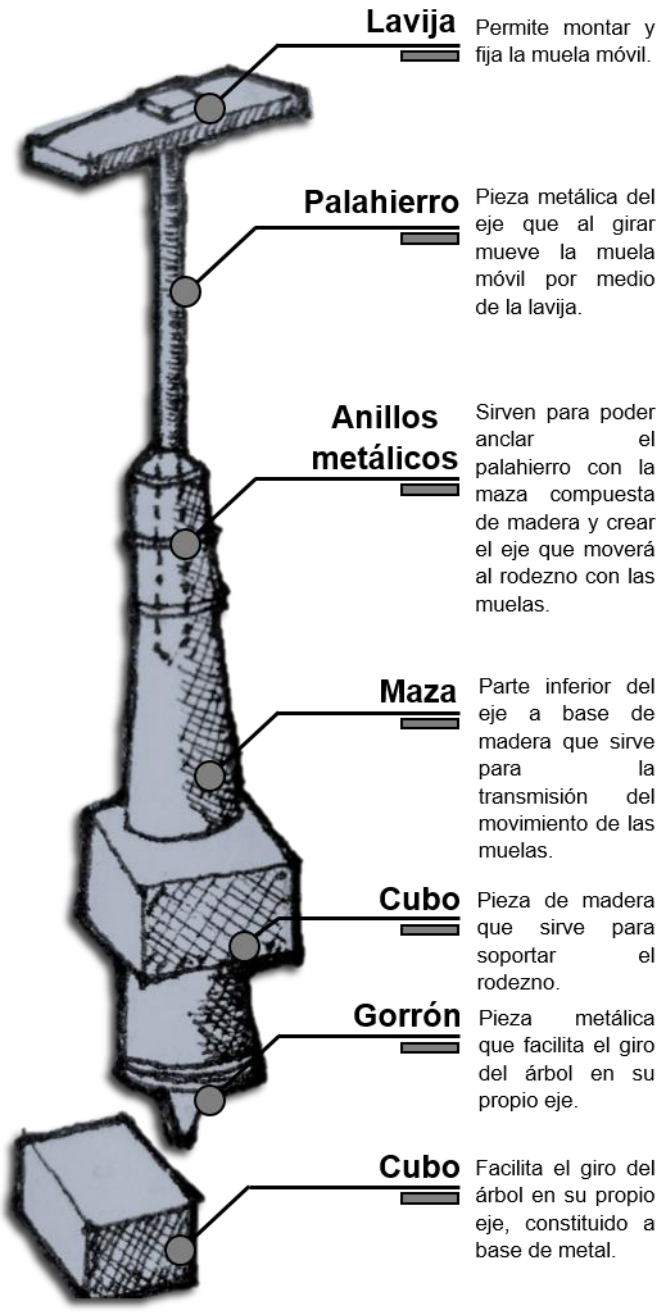


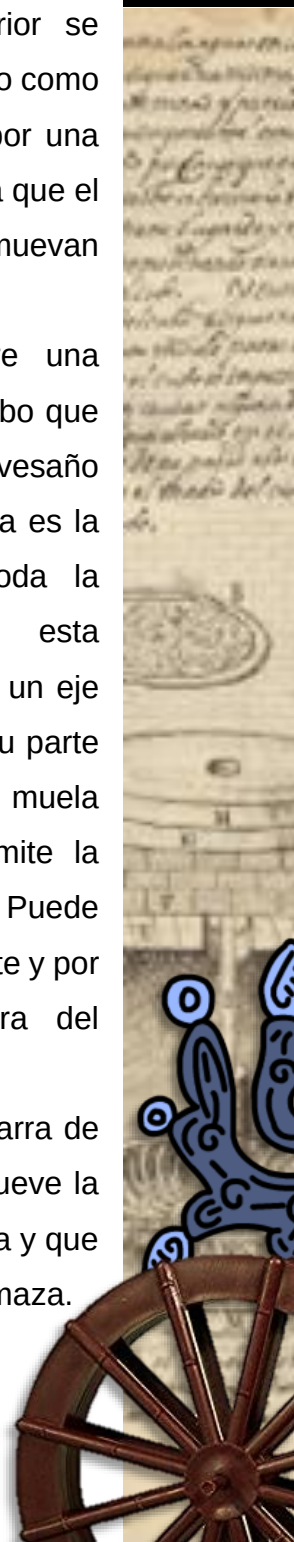
Imagen 20. Estructura del eje o maza de un molino.
Los veintiún libros de los ingenios y las maquinas. Pág. 352. Redibujo por Eduardo López Carlos.

En la **imagen 19** se muestra la estructura de un rodezno y de su eje principal.

Para que el rodezno pueda trabajar de manera conjunta con el eje se tiene un cubo, pieza de madera que sirve para soportar el rodezno. En la parte inferior se encuentra un pivote, conocido como gorrón o punta constituida por una pieza metálica que sirve para que el rodezno y el eje se muevan conjuntamente.

El gorrón gira sobre una pieza de madera llamada cubo que esta incrustado sobre un travesaño o viga de soporte. Esta pieza es la que carga el peso de toda la estructura del molino y esta sostenido en un extremo de un eje vertical de hierro, fijada en su parte superior, muy cerca de la muela móvil. Este dispositivo permite la separación de las muelas. Puede subir o bajar la viga de soporte y por lo tanto toda la estructura del rodezno.

La parte superior del eje del rodezno o maza, está constituido por una barra de hierro anclada a ésta, conocida como palahierro, pieza metálica que al girar mueve la muela móvil por medio de una lavija, pieza metálica que esta acoplada a la muela y que transmite el movimiento generado por el rodezno, los álabes y el eje del árbol o maza.



En la **imagen 20** se aprecia la composición de eje o maza y que pertenecen a la subestructura de un molino hidráulico con rodezno horizontal.

La constitución del eje y del rodezno son importantes ya que de estas se permitirá el desarrollo de la molienda, así como de su velocidad y de la separación que exista entre la muela fija y la móvil.

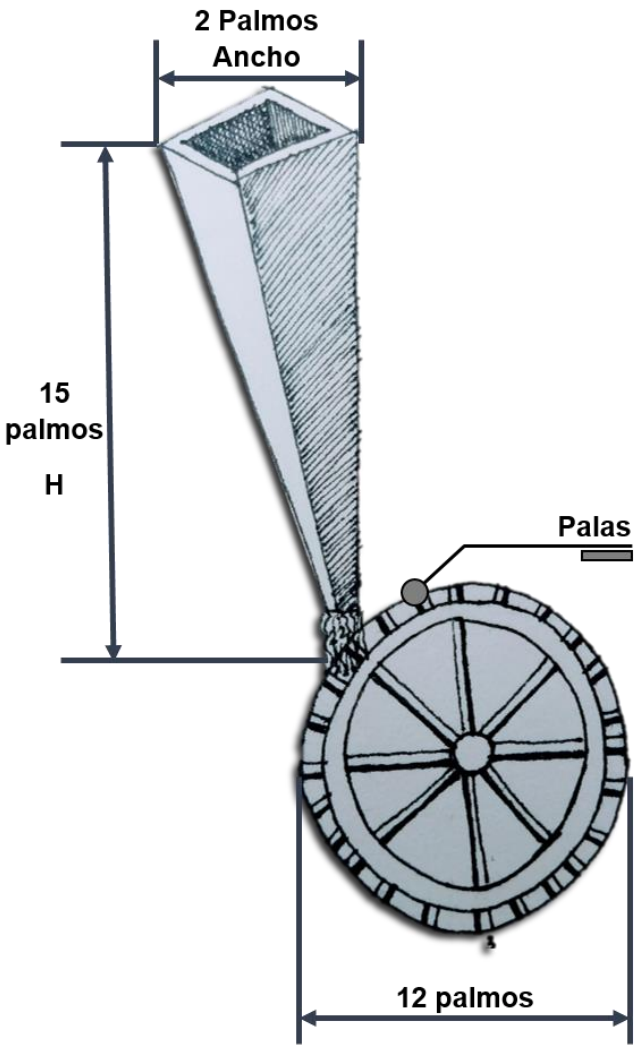


Imagen 21. Estructura de un saetín para dar presión al agua y poder mover los álabes en un rodezno.
Los veintiún libros de los ingenios y las maquinas. Pág. 313. Redibujo por Eduardo López Carlos.

A partir del conocimiento de la sub estructura del molino, es necesario conocer cómo es que la energía producida por el agua es conectada para poder accionar el rodezno.

(Turriano, s.f. p.306) explica que las paletas o álabes serán las palancas o brazos mecánicos los cuales ayudarán a mover el rodezno en conjunto y por lo tanto se necesitara de aplicar una fuerza externa para poder mover esos brazos mecánicos. En un inicio explica que la mejor solución es que esa fuerza sea aplicada verticalmente para un mayor empuje. Ver **imagen 21**.

El problema es que los rodeznos tendrían que estar colocados verticalmente para poder mover los álabes y también sería imposible colocar un canal de forma vertical, por lo que la innovación a este molino fue la

inclusión de un saetín o saetilla. Estructura que sirve para conectar la fuerza del agua al rodezno y generar presión para poder mover los álabes. Ver **imagen 22**.

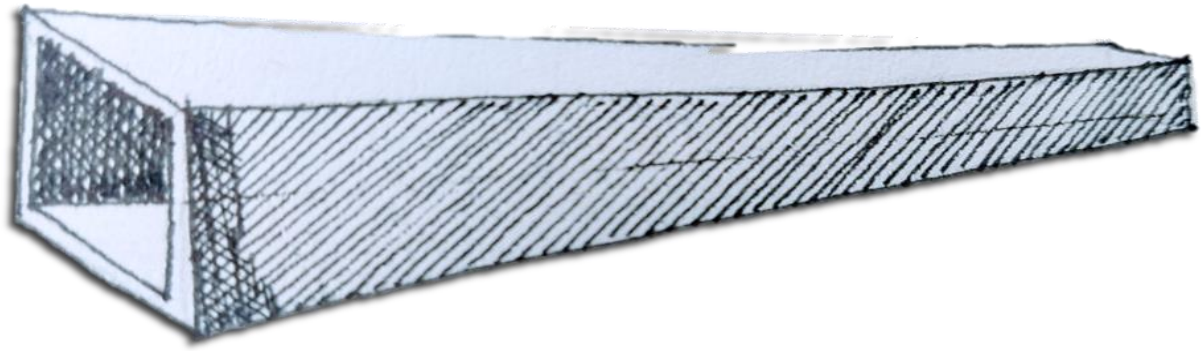


Imagen 22. Estructura de un saetín.
Los veintiún libros de los ingenios y las maquinas. Pág. 305. Redibujo por Eduardo López Carlos.

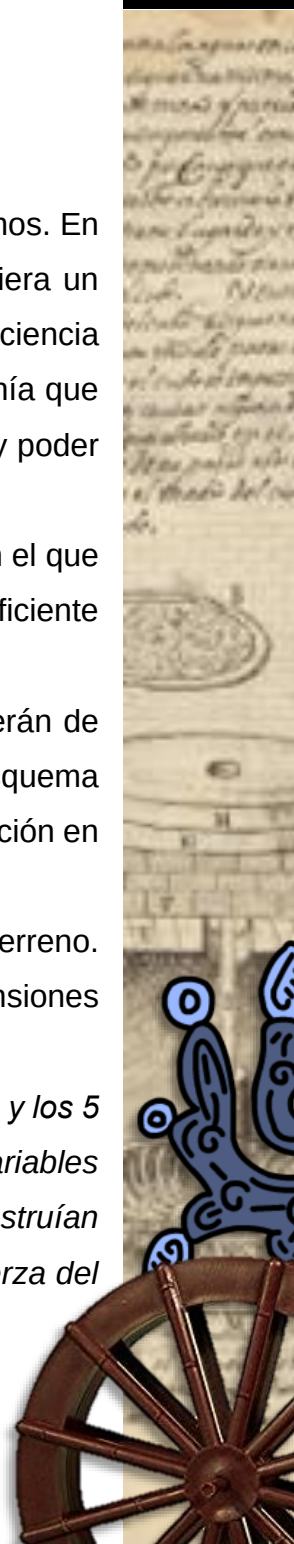
Con esta innovación se presentó otro elemento fundamental para los molinos. En un principio se sabía que un molino tenía que estar a orillas de un rio que tuviera un caudal y sirviera de potencia para poder mover el rodezno y las muelas. Esta deficiencia se presentó cuando no se podía colocar un molino en un rio y por lo tanto se tenía que hacer un herido (crear un ramal secundario a un rio para poder desviar el agua y poder accionar el molino).

Se propuso la creación de un cubo vertical. Apreciado en la **imagen 23** en el que se puede almacenar bastante agua y con ayuda del saetín generar presión suficiente para mover el rodezno.

Por lo tanto, ahora el molino contara con elementos externos a el que serán de gran importancia para poder darle movimiento. A continuación, se presenta el esquema de dos tipos de cubos almacenadores de agua que permitieron esa nueva innovación en los molinos.

La ubicación de estos cubos era variada, dependía de las condiciones del terreno. Podían estar enterrados, semi enterrados o totalmente sobre el terreno. Las dimensiones también eran variadas.

> *[…] en promedio podían andar entre los 2 y 3 metros de diámetro y los 5 y 8 metros de profundidad, las dimensiones suelen ser muy variables dependiendo de las necesidades requeridas en el molino donde se construían los cubos. Si el cubo es más estrecho y más profundo la velocidad y fuerza del*



chorro puede ser mayor, por lo general las proporciones eran muy estudiadas para tener un flujo fuerte y constante. (Pastrana, 2005, p. 37).

El número de cubos que existían eran proporcionales al número de pares de muelas, es

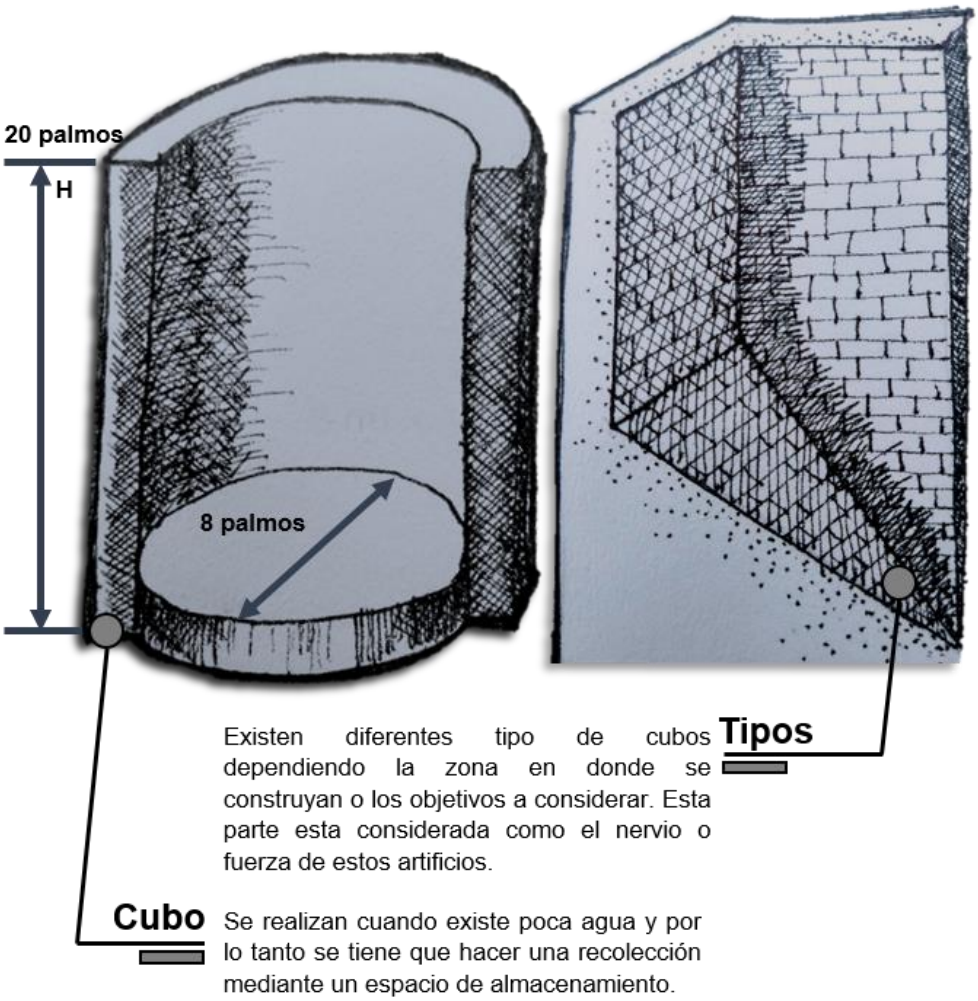


Imagen 23. Estructura de cubo para almacenamiento de agua.
Los veintiún libros de los ingenios y las maquinas. Pág. 316 y 318. Redibujo por Eduardo López Carlos.

decir, que a cada par de muelas le correspondía un cubo. Considerado como un molino común o tradicional.

En la **imagen 24** se localiza el saetín, que permitía el paso del agua. Este conducto era de pequeñas dimensiones para generar suficiente presión y un direccionamiento del agua para permitir el accionamiento del rodezno. Este conducto estaba forjado con piedra y con un recubrimiento, generalmente de madera con forma trapezoidal en los lados adheridos mediante soleras metálicas.

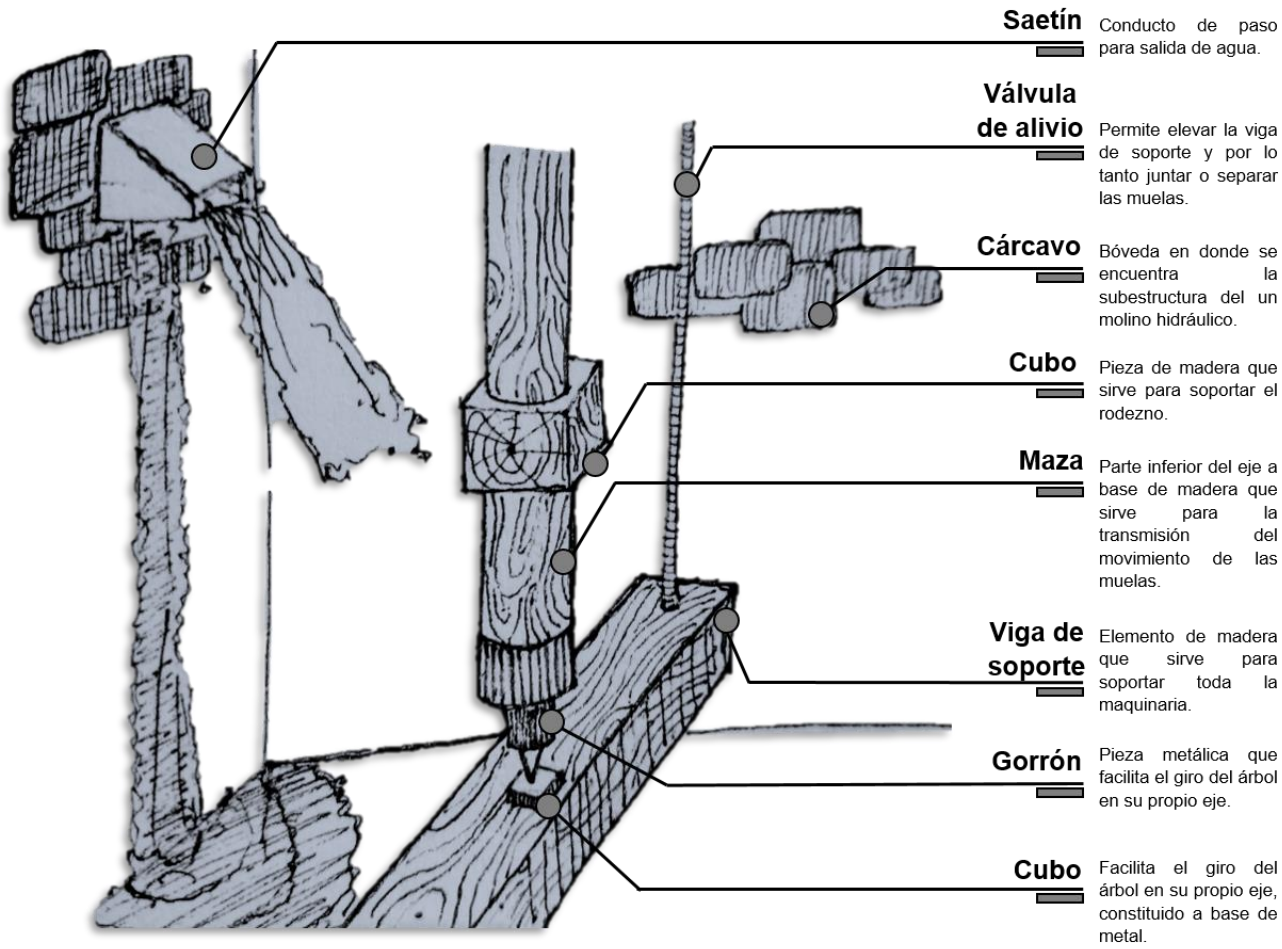


Imagen 24. Composición de la subestructura de un molino y la ubicación del saetín.
Los molinos de Xuchimangas**.** Pág. 59. Redibujo por Eduardo López Carlos.

En el extremo opuesto a ésta, existía una compuerta que permitía la obstrucción o acceso del agua al molino. Este mecanismo resultaba efectivo en los periodos en el que el molino no tenía funcionamiento. La compuerta era de madera y estaba colocada en la boca de salida del saetín y se podía manejar desde la sala de la molienda, ya sea subiendo o bajando para regular el paso del agua.

El espacio en donde se encuentra la subestructura del molino; está ubicado en la bóveda del cárcamo o cárcavo. *"Es un lugar donde van alojados los rodeznos, con aberturas en forma de arco por donde se le da salida al agua hacia el rio".* (Moris, 1995, p.29).

Cuando el agua entra al cárcavo o al primer arco se llama *"caz".* Después de que el agua pasa por el rodezno y le da movimiento, el agua sale del cárcavo o pasa por el segundo arco para seguir con su cauce natural, llamado *"socaz"*.

La parte media de un molino, entre la sub y superestructura se encuentra el palahierro, que, como se mencionó anteriormente, es una pieza metálica cuyo extremo

inferior esta aplanado, mientras que la parte superior se encuentra torneado para poder recibir la placa. Así lo comenta Pastrana.

> *[…] el palahierro tenía que ser equilibrado de manera vertical para que su giro no presentara problemas de excentricidad. Ya que esta pieza estaba equilibrada de manera adecuada, se le daba forma en su tercio inferior, se aplanaba para que esta fuera la parte de la pieza que se introduciría en la madera. La parte superior se adaptaba con el prisma para recibir la placa, cambiando la sección del palahierro en 3 ocasiones de aplanado a cilíndrico y de cilíndrico a prismático en la punta".* (Pastrana, 2005, p. 48).

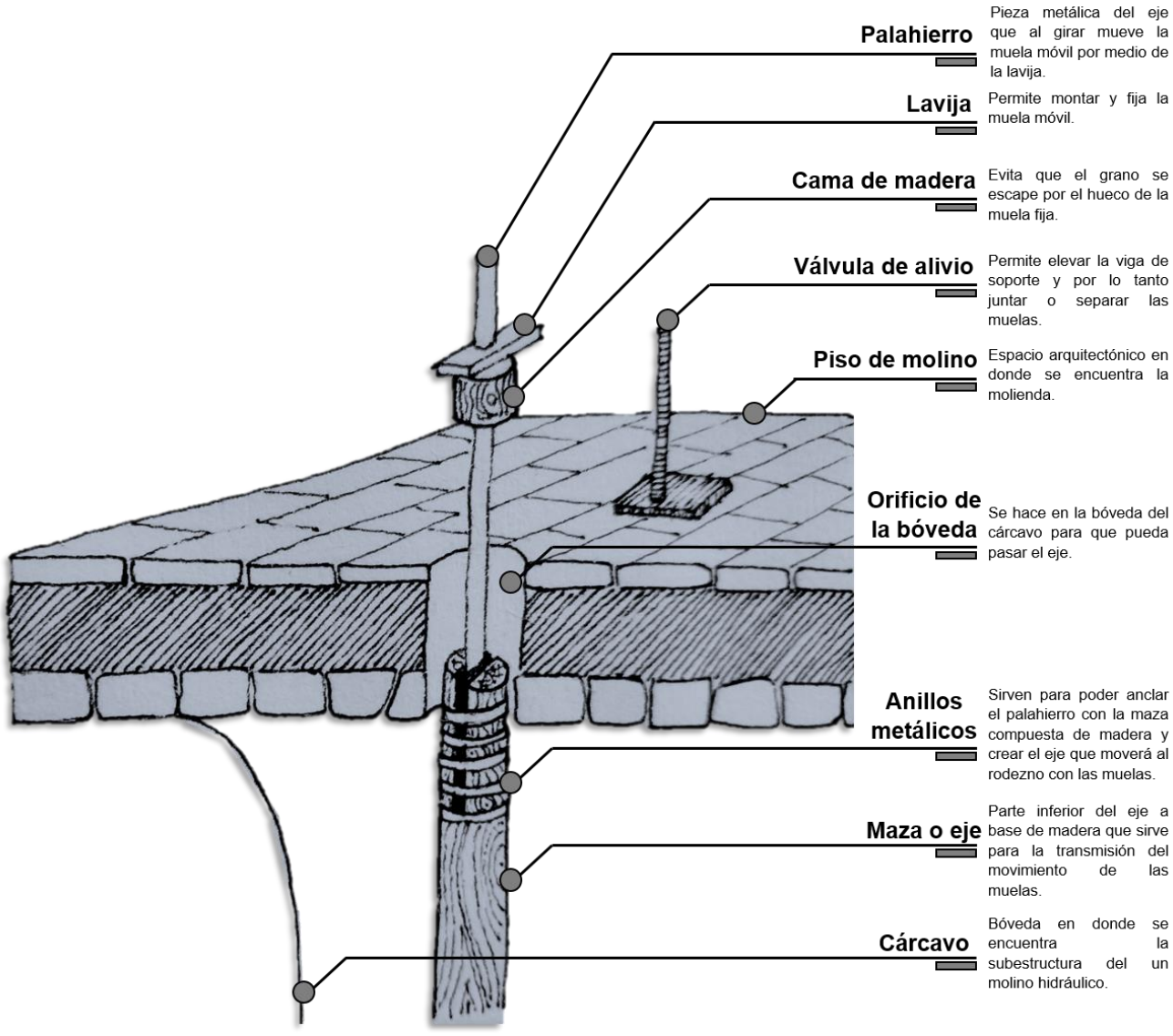


Imagen 25. Composición de la parte central (subestructura y superestructura) de un molino.
Los molinos de Xuchimangas**.** Pág. 59. Redibujo por Eduardo López Carlos.

Para que el palahierro y la maza pudieran estar anclados es necesario colocar cinturones o cinchos metálicos que permitieran reforzar esa conexión. Es por eso que la forma del palahierro debe de ser plana, permitiendo ser introducido en la maza de madera. En la **imagen 25** se puede observar ese anclaje.

En la parte superior del palahierro se encuentra una cama o pieza de madera, situada al centro del ojo de la muela y que impide la perdida de grano. Como parte superior de eje o árbol se encuentra la lavija. Pieza metálica que se acopla a la muela móvil y que permite el movimiento giratorio.

1.7.2. Superestructura

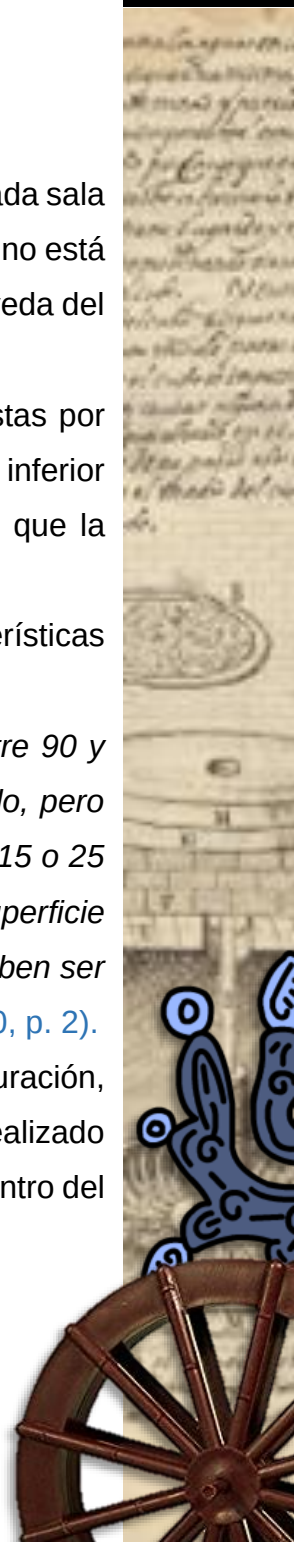
La superestructura está compuesta por la sala de molienda o también llamada sala de labor, lugar en donde se realiza la molturación del grano. Esta parte del molino no está en contacto con la subestructura ni con el agua, se encuentra separada por la bóveda del cárcavo que constructivamente es la que soporta su peso.

Las muelas eran los principales elementos de la subestructura, compuestas por un par de piedras las cuales tenían como objetivo la molienda del grano. La muela inferior estará fija, no tendrá movimiento y se colocará directamente al piso, mientras que la superior será la que estará en constante movimiento.

Miguel Reyes hace una descripción de este par de muelas con características específicas:

> *Ambas son cilíndricas y sus dimensiones más usuales oscilan entre 90 y 130 cms. de diámetro; el grosor disminuye a medida que se van gastando, pero oscila entre los 45 o 50 cms cuando comienzan a ser utilizadas hasta los 15 o 25 cms, en que son sustituidas. La piedra móvil suele tener grabados en la superficie de contacto, o cara inferior unos surcos radiales, llamados regatas que deben ser marcadas con frecuencia, conforme al uso que las desgasta.* (Reyes, 2000, p. 2).

La elección de las piedras era de suma importancia ya que repercutía la duración, el mantenimiento y la calidad de la harina como producto final. El labrado no era realizado por cualquier tipo de cantero, estaba constituido por personal capacitado y que dentro del mismo gremio se consideraba como una especialidad.



Los canteros, una vez extraída la piedra idónea, le daban la forma y dimensiones aproximadas y las transportaban en carros de bueyes hasta el molino, donde el molinero realizaba los trabajos necesarios para su acabado óptimo. (Ibídem).

Uno de los trabajos para crear estas muelas, como comenta Reyes, era darle forma circular a la piedra una vez extraída y realizar un "ojo" u orifico en su parte central, que es por donde pasaría el eje o árbol del molino. Para después ser transportado hacia el molino, una tarea difícil por el peso propio de la muela. "*Dependiendo de su diámetro podía llegar a los 1500 kilos"*, así lo comenta. (Pastrana, 2005, p. 64).

Este manejo por lo tanto requería de técnicas que fueran adaptados al movimiento de piezas demasiadas pesadas, se podían realizar con transporte de carga, pero si los caminos eran reducidos y la distancia entre el molino y el lugar de extracción de piedra o fabricación de la muela no era tan larga, las muelas podían ser llevadas rodando.

El proceso de molienda depende fundamentalmente de las muelas. Uno pensaría que mientras más duras las piedras mejor es la molienda, sin embargo, este tipo de piedras resisten a la abrasión, se dificultaba el picado y por lo tanto la harina era de menor calidad.

Pasa lo contrario cuando las piedras son "blandas" ya que producían mejores harinas. Para reconocer la dureza de estas piedras se hacía mediante el color; las más claras eran las más blandas, las piedras duras representaban tonalidades oscuras, por lo tanto, su duración era prolongada, sin embargo, existían complicaciones al momento de querer picar la piedra.

La velocidad de giro de estas muelas era otro factor que repercutía en la calidad de la harina; cuando el proceso era lento, la harina era más gruesa y obscura; cuando la velocidad era excesiva, la harina podía salir quemada.

La dureza y la velocidad de las piedras o muelas eran factores que ayudaban a la molienda del trigo, sin embargo, otro factor importante eran las estrías **(Imagen 26)**. Canales que cumplían la función de poder triturar y separar las semillas, en este caso el

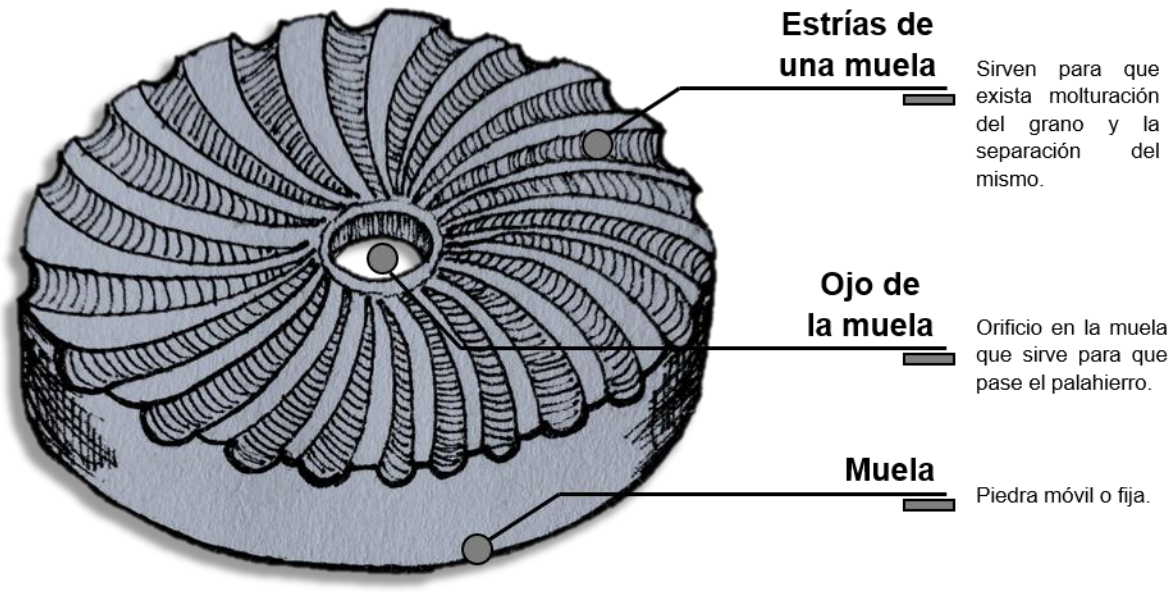


Imagen 26. Composición de una muela con sus estrías o canales para la molturación del grano.
Los veintiún libros de los ingenios y las maquinas. Pág. 333. Redibujo por Eduardo López Carlos.

trigo. De no triturarse el trigo por los canales, la harina podría contener mayores cantidades de piedra molida que la que habitualmente tenia y las muelas durarían poco tiempo.

El trabajo para realizar las estrías. Se hacía de la siguiente manera según Pastrana:

> *La manera de picar las muelas tenía una lógica muy particular, el picado era igual en ambas piedras, pero en una de ellas iría en sentido contrario, al encontrarse los surcos machacarían el grano actuando de manera similar a la de unas tijeras…*
>
> *[…] Estos canales generalmente se unían entre sí con canales más pequeños en forma de espina de pescado, que llevarían el producto hacia los canales generales, todo el sistema se componía de surcos principales y curcos secundarios y la fuerza centrífuga desarrollada por la piedra, más el roce entre ambas, era lo que produciría la molturación.* (Pastrana, 2005, p. 67).

Las estrías colocadas en las muelas funcionaban a manera de tijeras, creando un machacado en las semillas. En la **imagen 27** se aprecian los diferentes surcos. Las estrías de color blanco representan el giro de la muela móvil, provocando el efecto de tijera en conjunto con las estrías de color negro de la muela fija.

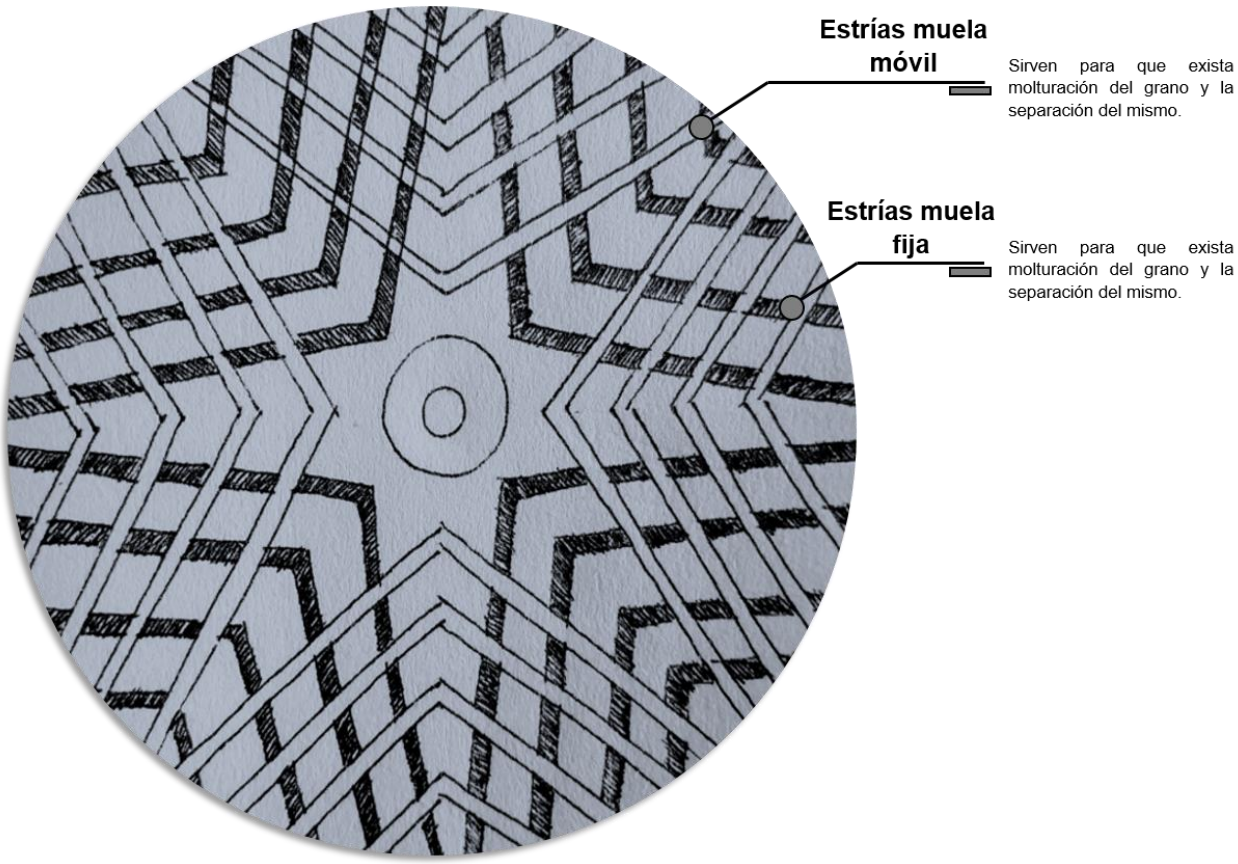


Imagen 27. Composición de una muela con sus estrías. Las de color blanco están en la muela móvil, mientras que las negras se localizan en la muela fija. Los molinos de Xuchimangas**.** Pág. 72. Redibujo por Eduardo López Carlos.

El proceso de machacado estaba constituido por tercios, en el primero se rompía el grano y se separaba de su cascara, en el segundo tercio se comenzaba la molienda y en el último, la harina era refinada. El material iniciaba al centro de las muelas y al finalizar el proceso se hacía en los extremos del perímetro.

En la **imagen 28** se observa un corte de las muelas, en donde se ve el espacio que provocan las estrías de ambas muelas y así comenzar el proceso de molienda, provocando que las semillas, al ser trituradas terminen en la parte extrema de las piedras.

La frecuencia con la que las estrías de las muelas se tenían que picar dependían del uso del molino, lo cual era algo incierto. Podía ser una tarea frecuente, ya que existía un desgaste constante.

Para poder hacer el cambio de muelas, ya sean móviles o fijas se tenía un elemento que servía de grúa y permitía cargar las muelas, sin necesidad de utilizar fuerza

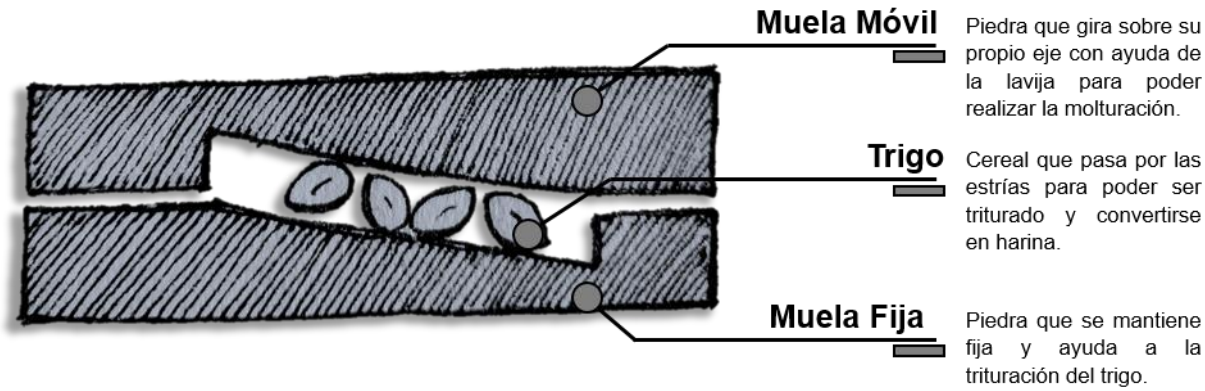


Imagen 28. Corte esquemático de una muela fija y móvil con la estructura de una estría.
Los molinos de Xuchimangas**.** Pág. 72. Redibujo por Eduardo López Carlos.

humana para realizar esta actividad. La "cabria" estaba ubicada a un costado del banco o poyo. Lo que permitía hacer el cambio o volteado de piedras más sencillo.

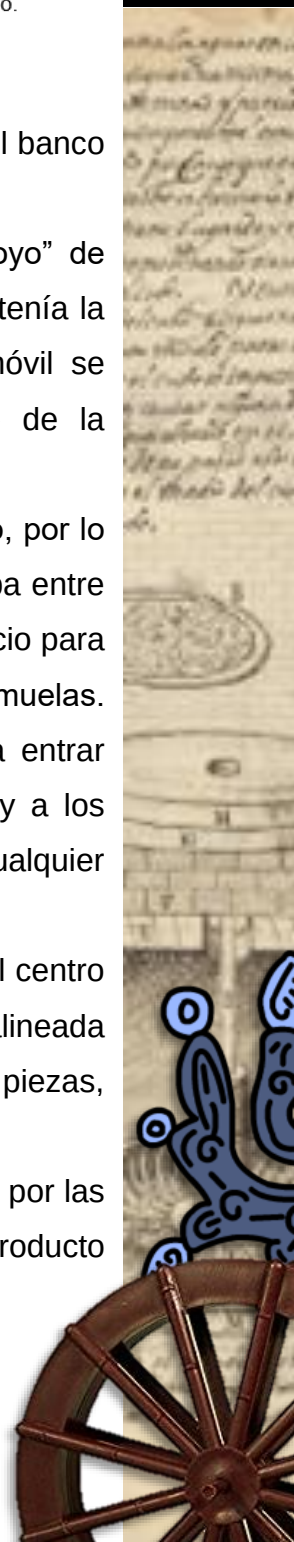
El lugar en donde se asentaban las muelas, eran en un banco o "poyo" de diferentes materiales, madera o de piedra. Cuando el banco era de madera se tenía la desventaja de que la vibración producida por el movimiento de la muela móvil se transmitiera a la fija; esto resultaba contraproducente para el rendimiento de la molturación.

Cuando el "poyo" era de piedra, la muela fija no sufría ningún movimiento, por lo que el control de calidad de la harina era mayor. La altura de esta pieza oscilaba entre los 50 cm y los 100 cm. No era hueco y por lo tanto se tenía que realizar un orificio para que pudiera pasar parte del palahierro y se hiciera coincidir con los "ojos" de las muelas.

Cualquier objeto arrojado desde la parte superior de las muelas podía entrar directamente al banco, llegar directamente al cárcavo, perjudicar al rodezno y a los alabes. Para impedirlo, se colocaba una pieza llamada cama que evitaba que cualquier objeto se introdujera por el banco.

Podía ser de madera o metal y con forma de cilindro, pero con un paso al centro para permitir la entrada del palahierro. Era indispensable que la cama estuviera alineada con la parte superior de la muela fija, de lo contrario se crearía un espacio entre piezas, que permitiría el paso de varios objetos.

Después de que se realiza el proceso de molienda del trigo, la harina sale por las extremidades de las muelas por lo que, el guardapolvo sirve para recabar ese producto final. Fue entonces que:



El guardapolvo nace cuando se comienza a cubrir el par de muelas con enramados o cestos tejidos para contener la mayoría de la harina en el interior. Este proceso fue cambiando a través del tiempo hasta convertirse en un guardapolvo hecho de madera. Este dispositivo no garantizaba el 100% de recolección, pero de todos los existentes era el que mejor impedía el espolvoreo. El guardapolvo cubría las dos piedras, siendo sus dimensiones mayores que el conjunto de las piedras en unos 5 cm. En la parte superior se ubicaba una tapa de madera que tenía un hoyo circular y que coincidía con el ojo de las muelas, en este punto se alimentaba el sistema con el grano. (Pastrana, 2012, p. 64)

En la **imagen 29** se puede notar la ubicación del banco, para soportar el par de muelas, los diferentes vanos que cada pieza debe tener para permitir el paso del palahierro, parte superior y final del eje. La ubicación de la cama y la lavija, para no permitir el paso de semillas a la parte inferior del molino y para accionar la muela móvil respectivamente.

Arriba de la muela móvil se encuentra la tolva, caja de madera de forma piramidal invertida y que sirve de almacén para colocar el trigo. Esta sostenida por una estructura de madera, que sirve de soporte para que no se caiga y para levantar el par de muelas cuando se necesitaba dar mantenimiento a las estrías.

Por la parte ancha de la tolva es donde se deposita el trigo, mientras que por la parte estrecha existe otra abertura por donde cae las semillas a través de un canal en forma rectangular inclinado denominado canaleta. (Reyes, 2000, p. 4)

Para que el trigo sea suministrado de la tolva a las muelas y evitar que se salga, se utiliza una tablilla provoca vibraciones en la canaleta que es movida por un sistema de paletas que giran con el propio movimiento de las muelas. **(Imagen 30)**

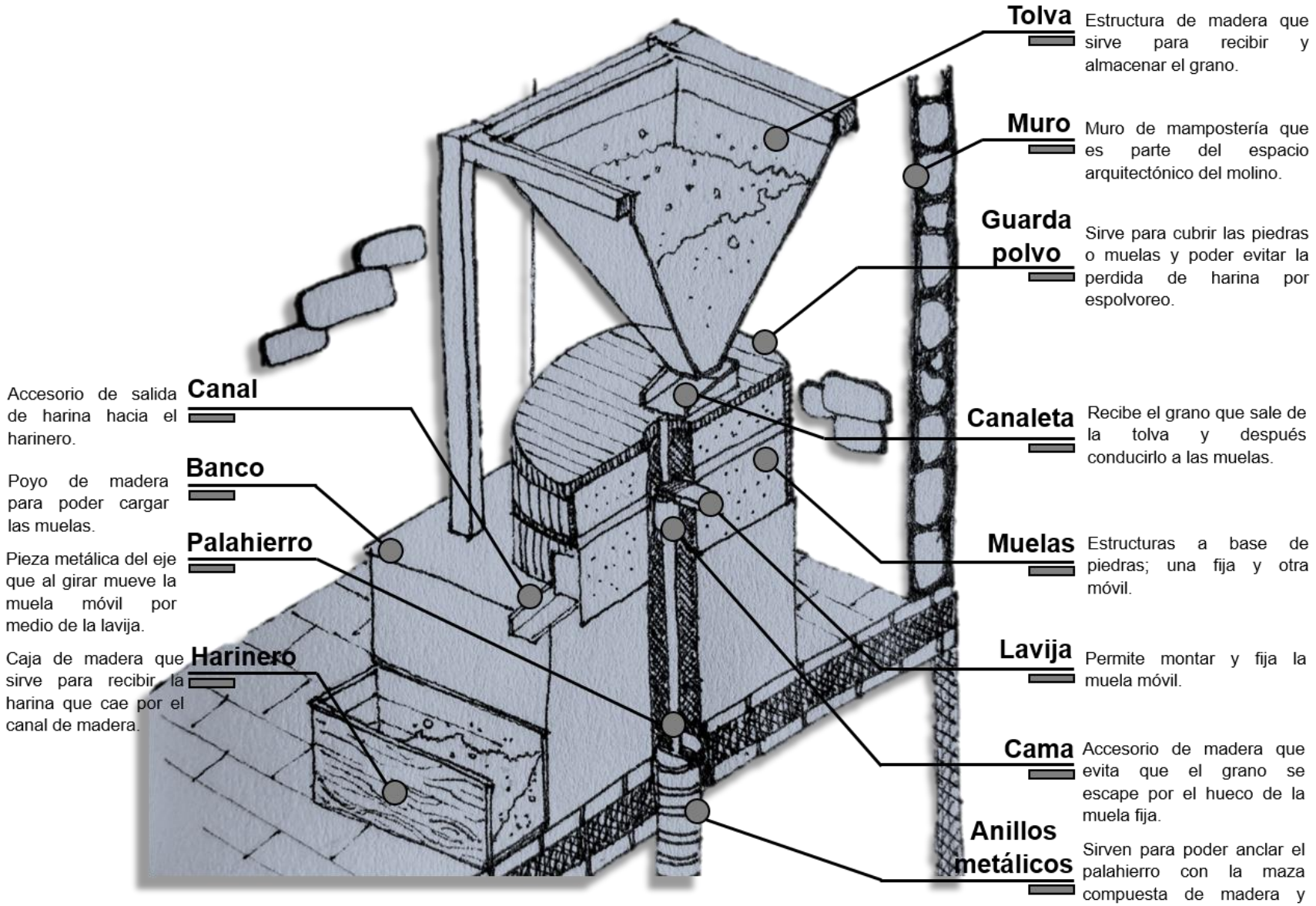


Imagen 29. Corte esquemático donde se aprecia la superestructura y los diferentes componentes de los que está compuesto un molino, área en donde se realizaba el proceso de molienda. Los molinos de Xuchimangas. Pág. 65. Redibujo por Eduardo López Carlos.

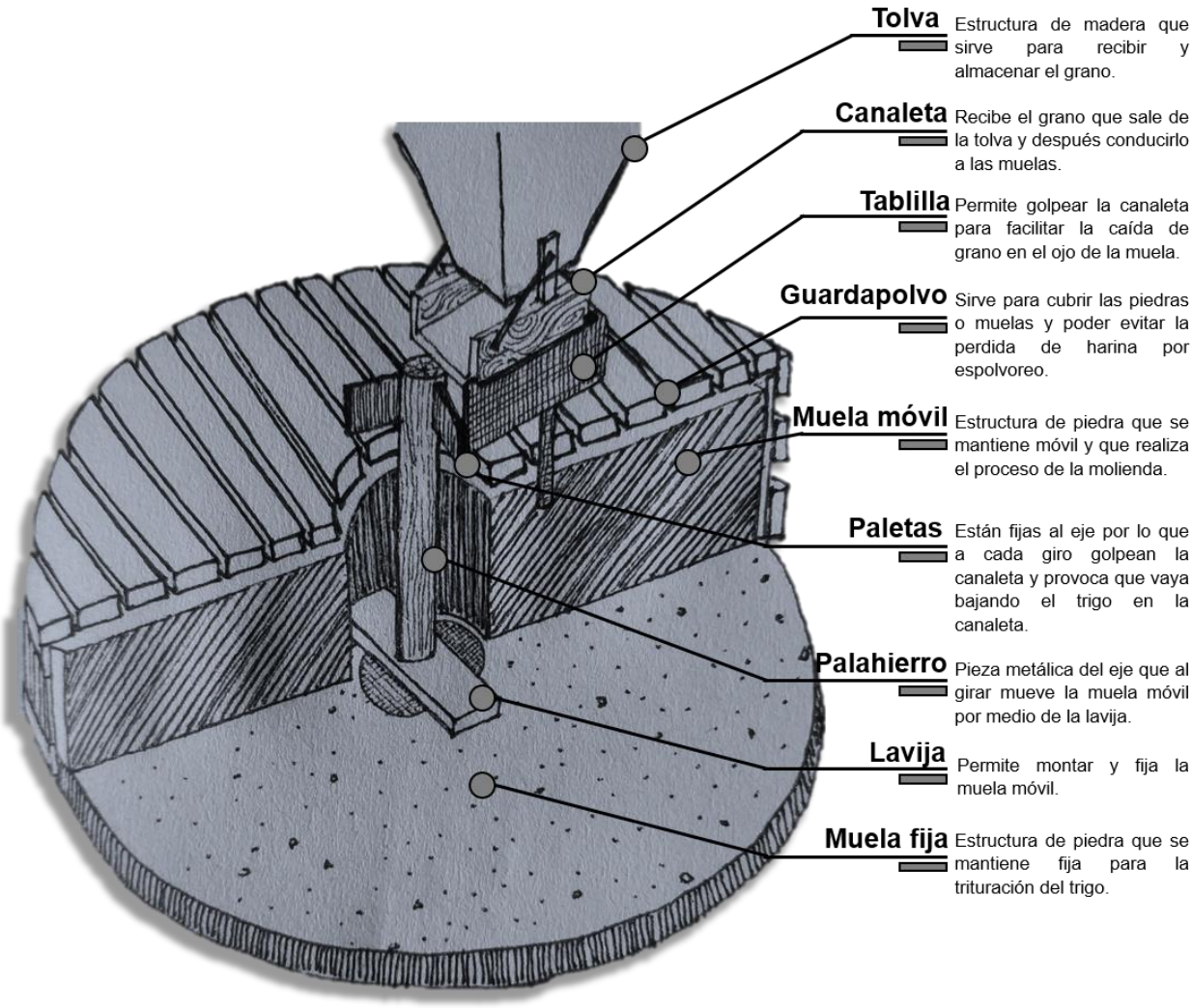


Imagen 30. Corte esquemático para mostrar la parte de la tolva, la canaleta, tablilla y paletas. Mecanismos que ayudan a suministrar las semillas hacia las muelas. Los molinos de Xuchimangas**.** Pág. 64. Redibujo por Eduardo López Carlos.

Es necesario realizar una síntesis del proceso de molturación de un molino de la siguiente forma: primero se coloca el trigo dentro de la tolva, pasa a través de la canaleta de manera constante, gracias a la tablilla y el golpeteo constante de las paletas.

Después el grano llega exactamente por el ojo de las muelas para comenzar con el proceso de molturación; constituido por tercios, en el primero se le quitaba la cascara, para el segundo, se procedía a la molturación (proceso de transformación de trigo a harina), en el tercer y último tercio de las muelas, la harina era refinaba.

La cantidad de harina procesada por las muelas se extendía por todo el perímetro de estas, pero siendo arrastrada hasta llegar al canal, donde será almacenada en un

harinero. (**Imagen 31.** Ubicación del harinero y la composición de la superestructura de un molino).

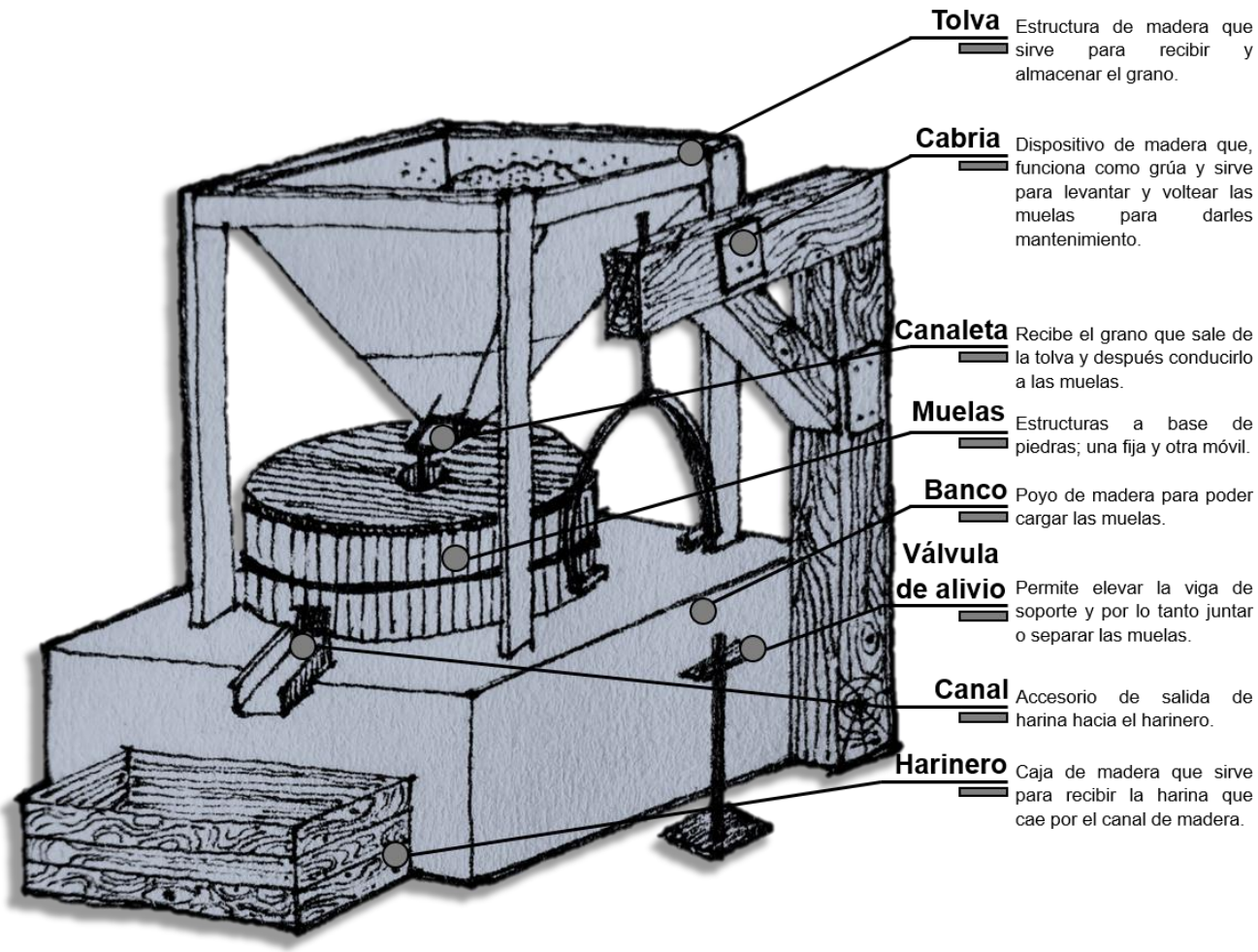


Imagen 31. Corte esquemático para mostrar la parte de la tolva, la canaleta, tablilla y paletas. Mecanismos que ayudan a suministrar las semillas hacia las muelas. Los molinos de Xuchimangas. Pág. 62. Redibujo por Eduardo López Carlos.

El harinero era una caja en forma de prisma rectangular que se colocaba al pie del banco, capaz de almacenar el producto final del trigo. Esto también servía para enfriar la harina después de su proceso de la molienda antes de ser envasada en los costales.

Esta es la composición y el funcionamiento de un molino hidráulico con rodezno horizontal, en el que todos sus componentes están diseñados para trabajar en conjunto y realizar el proceso de molienda.

A continuación, se presenta un esquema completo en donde se puede visualizar el molino completo. La parte de la subestructura y superestructura, señalando cada una de sus partes principales. **Imagen 32.**

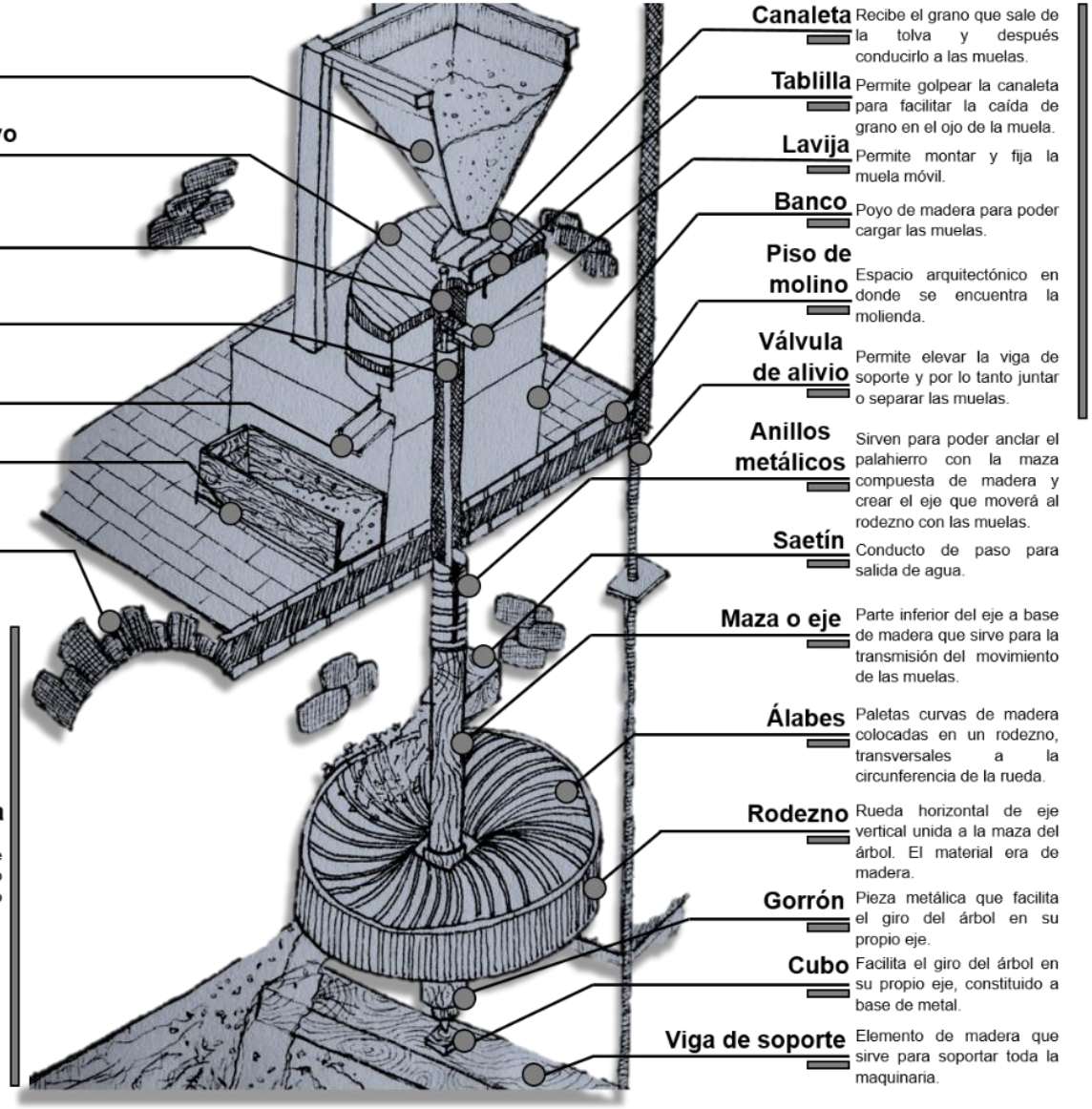


Imagen 32. Estructura total de un molino hidráulico con rodezno horizontal. Súper y subestructura. Los molinos de Xuchimangas**.** Pág. 53. Redibujo por Eduardo López Carlos.

1.8. Abastecimiento de agua para los molinos hidráulicos

La fuerza hidráulica, aplicada en los molinos fue un cambio importante para estas maquinarias, el uso de la fuerza humana o animal fue nula y el tiempo de molienda fue un factor importante para este tipo de industria. El suministro de agua para estos molinos es de suma importancia para poder ser accionados, por lo que se hace aún más importante la comprensión de su conducción, almacenamiento y control.

El empleo de los ríos, mediante el manejo directo de su corriente o por ramales secundarios formados naturalmente, fue una de las características primordiales para la ubicación de estos. Se tenía que aprovechar de los desniveles que existían para dar accionamiento al molino.

Sin embargo, cuando no existía manera de poder colocarlos sobre estos caudales, se hacía de manera artificial. Este proceso se le conoce como herido.

> *Término empleado para referirse a un desvió de agua de un río; hace referencia a cortar un pedazo de rio; desangrar el rio.* (Espinosa, 2012. p.98).

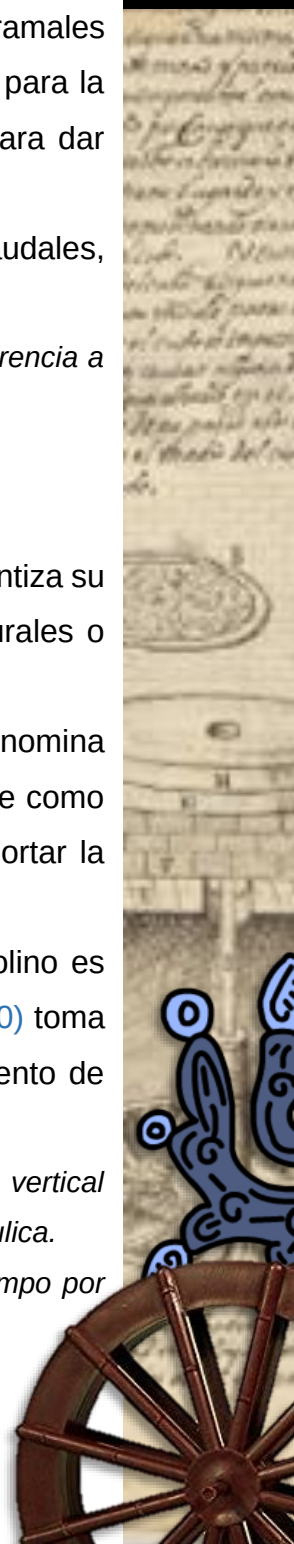
1.8.1. Almacenamiento

Los almacenes sirven para depositar una cierta cantidad de agua que garantiza su existencia permanente, ejemplo de ello son las presas. Estas pueden ser naturales o artificiales.

Las presas constituidas naturalmente mediante un mismo río se les denomina embalse. Cuando existe la construcción de un canal o de un herido se le conoce como presa. Estas presas se construyen con materiales resistentes que puedan soportar la fuerza y los empujes del agua, constituidos generalmente de mampostería.

El propósito de una presa como elemento de almacenamiento en un molino es conducir el agua con cierta potencia para dar accionamiento a éste. Reyes (2000) toma en consideración dos condiciones importantes de las cuales dependen el aumento de esta fuerza:

> *Del salto disponible del agua. Por este concepto podemos entender la distancia vertical entre el nivel de agua superior y el nivel de agua inferior donde se coloca la rueda hidráulica.*
>
> *De la cantidad disponible de agua que pasa en una unidad determinada de tiempo por una sección transversal del caz.* (Reyes, 2000. p.6).



Con estas condiciones podemos conocer cómo es que se tenía la concepción desde un inicio para poder encontrar la fuerza motriz del agua que permitiera el movimiento de un molino.

Por lo tanto, conociendo los sistemas de almacenamiento se procede a explicar los diferentes sistemas constructivos para poder conducir el agua almacenada y dirigirla al molino.

1.8.2. Conductores de agua

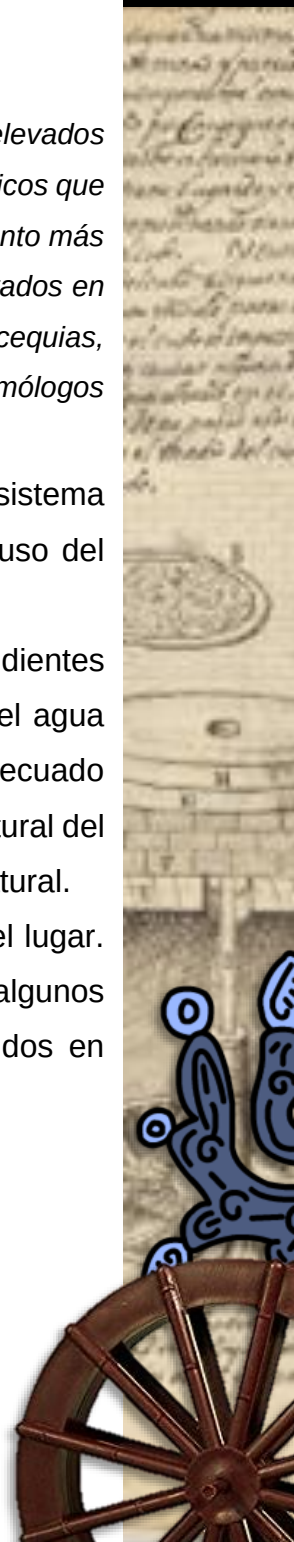
Jiménez (2017) determina que:

> *En particular, la conducción de aguas, ya sea por medio de acueductos elevados que requieren de una edificación más compleja, forman parte de sistemas hidráulicos que pueden usarse individualmente o complementarse entre sí; sin embargo el elemento más constante usado en la historia de la humanidad ha sido el uso de canales excavados en la tierra, los cuales han sido denominados de distintas formas, como zanjas o acequias, pero dadas las características en su uso pueden considerarse como términos homólogos en las distintas culturas que los han empleado.* (Jiménez, 2017. p.11).

Con el uso de estos canales, zanjas o acequias, se complementa este sistema hidráulico (suministro, almacén y conductores de agua) que hace que, con el uso del agua pueda funcionar el molino.

Los conductores son los que guían el agua imitando las diversas pendientes naturales del terreno o, por el contrario, prolongando el mismo nivel que tiene el agua desde que sale del depósito hasta que llega al molino. Esto genera la presión adecuado para poder entrar por el saetín, accionar el rodezno y después seguir su curso natural del rio, si es el caso o, de los diversos canales que conducirán el agua a su curso natural.

Los materiales con los que están compuestos los canales dependerán del lugar. Pudiéndose realizar partes de canales mamposteados, otros hechos de ladrillo, algunos con tramos hechos con túneles excavados en la roca y otros tantos construidos en acueductos. Todo depende del lugar.



1.8.3. Controladores de agua

El agua necesita ser regulada para poder evitar que en su trayendo se produzcan derrames o inundaciones. Para tal función, las compuertas, rebosaderos y las rejas son utilizados para cubrir estas necesidades.

Las compuertas son tablas de madera o de metal y que están colocadas perpendicularmente a la dirección de los canales mediante ranuras que sirven para deslizar la tabla y poder disminuir o impedir el paso del flujo del agua. Escalera y Villegas (1983) mencionan que son muchos molinos que suelen colocar una rejilla en la boca de los cubos, pocos metros antes de ella para impedir el paso de cuerpos extraños y que pudieran de alguna manera perjudicar al rodezno o crear obturaciones en el saetín. (p.13).

Estos sistemas de control para el flujo del agua también servían para colocar rejillas que tienen como función retener la basura y que el agua se mantenga lo más limpia posible.

1.9. Composición de los espacios arquitectónicos en los molinos

Se le puede dar una clasificación a los molinos dependiendo de quién le dé un uso. Menéndez, (1995) toma en cuenta el tipo de persona que utiliza la maquinaria. Por un lado, están las veceras, termino atribuido a los turnos que eran dados a todos los propietarios de un molino. Por lo que cada uno de ellos tenían el derecho de utilizarlo por un día o medio, según sea el caso o sus necesidades y por maquila, cuando el molino era propiedad de un solo propietario y por lo tanto tenía el derecho de cobrar en especie, se apropiaba de una cierta cantidad del grano que se llevaba a moler. (p. 29).

Estas actividades y la propia maquinaria creaban un contexto arquitectónico, los lugares en los que estaban alojados eran construcciones sencillas constituidas con el uso de mampostería de baja calidad, generalmente establecidas en lugares cercanos a las corrientes de un río.

En España, particularmente al sur, en la provincia de Granada estos molinos hidráulicos eran maquinarias industriales de tipo familiar. Por lo que las necesidades no eran tan extensas. Reyes (2000) afirma que estas construcciones no son especialmente notables ni ostentosas, por lo que han pasado desapercibidas en las descripciones de

escritores y viajeros. Un molino no se diferencia en gran medida a una casa rural, si bien hay algo imprescindible, su ubicación junto a curso de agua y alguna característica exterior que les identifica: los cárcamos o bóvedas bajo las que discurre el agua (p.8).

En la **imagen 33** podemos apreciar un ejemplo de molino hidráulico con todos sus componentes y el espacio arquitectónico al que hace se hace referencia con anterioridad. Se puede notar que, en la subestructura del molino se encuentra el rodezno y, por lo tanto, el espacio primordial es el cárcamo, en donde pasa el flujo del agua que acciona los alabes y por consiguiente al rodezno.

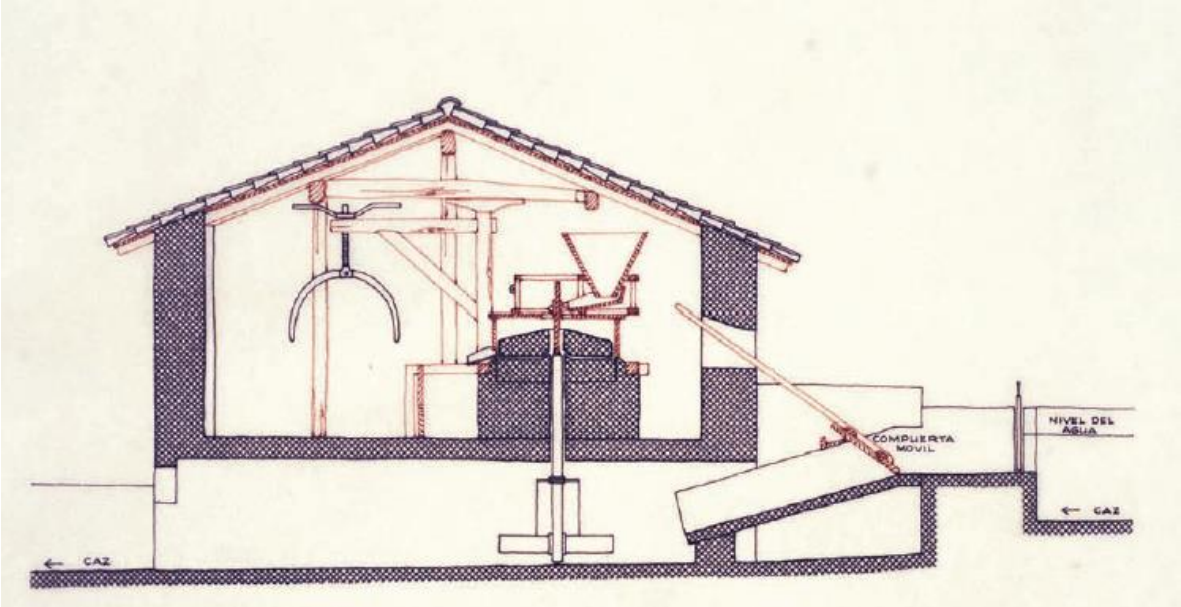


Imagen 33. Corte longitudinal de un molino. Arquitectura e ingenios hidráulicos: Orígenes y Presencia Medieval.

En lo que corresponde a la superestructura del molino (la parte de la molienda) el espacio está delimitado por dos grandes muros de carga perimetral. Estos muros estarán constituidos por piedra ya que el agua será un factor que siempre estará en contacto con el espacio arquitectónico y por lo tanto tiene que ser resistente. La cubierta se realiza a dos aguas, mediante una estructura de madera cubierta por teja.

Por lo tanto, el molino más simple o de producción familiar requiere de dos áreas en específico, el cárcamo y la sala de molienda. Al respecto Pastrana (2012) menciona que:

> *Los cárcavos pueden ser de dintel recto (situación muy rara) o con una bóveda, lo más común. Cada cárcavo determina un eje de trabajo y, por consiguiente, un par de muelas. En el piso de molienda, coincidente con cada cárcavo y al frente de la ubicación*

de las muelas, se hallará un vano que iluminaba de frente cada unidad de la maquinaria superior. Sobre cada cárcavo, encontraremos una ventana, aunque, como en todas las generalizaciones, existen excepciones. (Pastrana, 2012, p. 74).

En la **imagen 34**, podemos notar a simple vista un solo cárcavo del molino, por lo que nos está indicando que existen un par de muelas.

Imagen 34. Vista de cárcavo o cárcamo. Molino de Llama, San miguel de Lomba. Arquitectura e ingenios hidráulicos: Orígenes y Presencia Medieval.

Imagen 35. Vista de dos cárcavos o cárcamos. Molino hidráulico de abajo. Aportación por Francisco Brocal. Molino de Llama, San miguel de Lomba. Arquitectura e ingenios hidráulicos: Orígenes y Presencia Medieval.

Mientras que en la **imagen 35**, está la presencia de dos cárcavos, por lo tanto, indican que existen dos pares de muelas. Sin embargo, el espacio arquitectónico sigue conservando sus reducidos espacios, limitándose a solo la necesidad de la molienda.

En la **imagen 36** se aprecia un molino de rodezno que integra una cisterna como elemento de almacenamiento. Un cubo, como elemento vertical que genera presión para accionar el molino, dando movimiento al rodezno. Seguida de otro sistema de almacenamiento a través de un depósito de agua que dará accionamiento a una rueda vertical. Este es un ejemplo de un sistema hidráulico, sin embargo, el espacio en donde está alojado el molino no sufre ningún cambio, presenta las mismas características que los demás ejemplos.

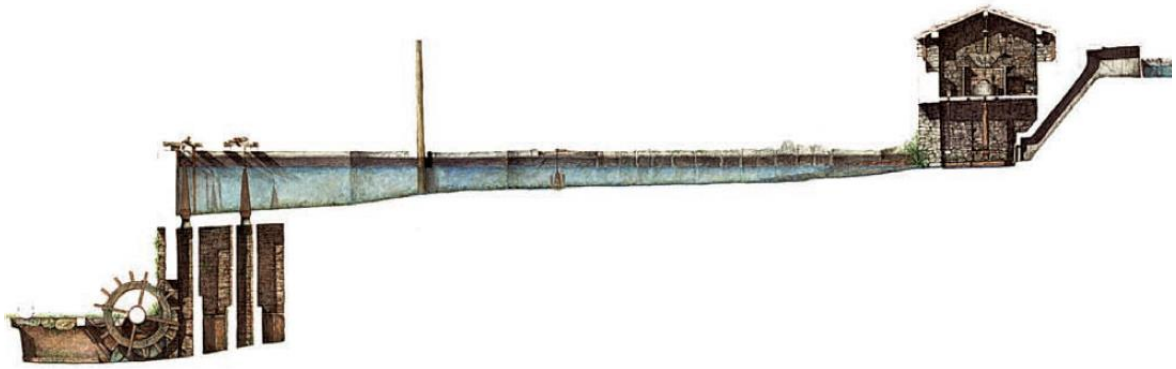


Imagen 36. Vista de un corte longitudinal de un molino de rodezno y de una rueda vertical. Conjunto hidráulico de Teixois, sección por el molino y el banzao. Arquitectura e ingenios hidráulicos: Orígenes y Presencia Medieval.

Menéndez (1995) asegura que:

> *Dentro de la gran variedad de molinos extendidos por toda nuestra geografía, hay un tipo que se repite con cierta frecuencia y que es el molino pequeño de un solo rodezno que es el que aparece en la mayoría de nuestros riachuelos. Tiene planta rectangular, sin más huecos que la puerta de acceso y en ocasiones algún pequeño ventanuco. La cubierta a dos aguas, se adapta a los materiales que imperan en la zona y así tenemos molinos de pizarra, teja y techo de paja.* (Menéndez, 1995. p.29).

Los molinos pueden tener uno o más rodeznos dependiendo de la cantidad o del flujo del agua que esté disponible en un lugar. Son estos espacios los que también forman parte de la vida de un molinero y que están ubicados en el portal de entrada (parte superior del área donde se ubica el molino) rodeados del resto de dependencia de la casa.

1.10. Innovación constante en los molinos hidráulicos de trigo

Es importante destacar que uno de los objetivos primordiales del ser humano es satisfacer su hambre, con lo que conlleva al proceso de elaboración de alimentos que beneficien su apetito, por lo que también se considera a esta actividad como una innovación histórica, ya que se ha necesitado de la creación de herramientas y utensilios que ayuden a complementar esta técnica.

La producción y el cultivo de los cereales han sido un alimento importante para las distintas culturas, para el caso del trigo, su trasformación a una harina comienza con la cosecha y la molturación de la semilla, lo cual llevó a un constante cambio tecnológico para el diseño de herramientas que pudieran satisfacer esta necesidad alimenticia.

Por lo tanto, este alimento se calcula que tiene una antigüedad desde el año 7000 a.C. y ha sido cultivado por toda Europa y Asia, siendo, en un inicio, una representación de prosperidad económica en las ciudades. Era muy característico de Egipto que los faraones controlaran su producción, en Grecia se veneraba a una diosa, Deméter, que era la que daba protección a todos los estados del trigo: el grano, la espiga y el cereal y que se hacía una metáfora con los estados de la vida: juventud, madurez y vejez. Para los romanos, el control del trigo era muy importante por lo que existía una estructura organizada de granero.

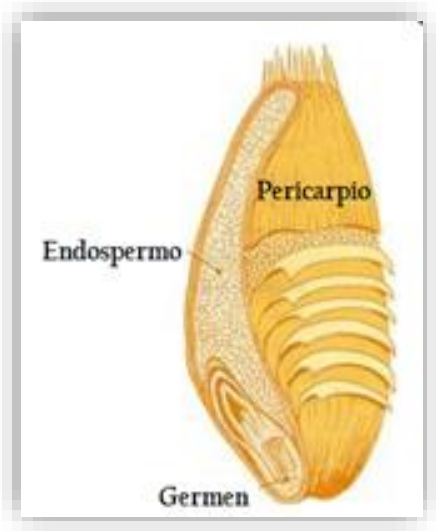


Imagen 37. Morfología de la semilla de un cereal.

En las distintas guerras que se realizaron durante la edad media era común la destrucción de los campos de trigo, ya que era la principal fuente alimenticia que contaba una ciudad. (Terán, 2013, p. 63).

Todos los cereales poseen una semilla farinácea o endospermo; cuenta con una cubierta dura llamada pericarpio, este debe de ser molida para poder liberar la harina blanca contenida en el endospermo **(Ver imagen 37)**. (Gómez, 2008, p. 28).

¿Pero qué significa moler? Moler proviene del latín *moleré* cuyo significado es el de reducir en cuerpo a partes muy pequeñas o pulverizadas. (RAE).

Por consiguiente, el molino ha sufrido distintas modificaciones o para este caso innovaciones tecnológicas que le han ayudado a satisfacer sus necesidades alimenticias y la producción de la harina como elemento primordial en la dieta, fue así que, en la época del neolítico se inventaron los primeros procedimientos para la molienda del grano como el uso de piedras a las que el humano le aplicaba su propia fuerza.

Pastrana hace énfasis en un tipo de molienda:

> *Molienda por percusión, que utilizaba la técnica de golpear con un objeto pesado el material sobre una superficie resistente provocando que el material se fragmente en pedazos más pequeños hasta hacerlo polvo.* (Pastrana, 2012).

Imagen 38. Mortero como ejemplo de molienda por percusión. Dibujo de Eduardo López Carlos. Fuente: https://www.museomelilla.es/cultura_b_B2_7.php

En la **imagen 38** se puede apreciar un mortero como ejemplo de molienda por percusión, sistema rudimentario en el que por medio de la aplicación de fuerza humana y con ayuda de un utensilio se aplica presión contra la superficie de un recipiente para triturar o machacar.

La molienda por fricción es la que consiste en rodar una piedra trabajada sin aristas sobre una superficie resistente y plana. El material se fragmenta por el peso de la piedra que se mueve sobre de él.

La primera innovación evidente en la tecnología de los molinos parte de la modificación del sistema de trabajo de las muelas o piedras de molienda. Plinio el viejo, escritor de la obra “Historia Natural” describe que Pilumni fue el inventor de los pilones para triturar trigo, también hay restos arqueológicos de muelas de piedra talladas en forma de discos y que eran movidos unos sobre otros por acción de la mano mediante un manubrio adosado a la parte superior de la muela móvil, en la **imagen 39** se puede observar un claro ejemplo de este tipo de molinos.

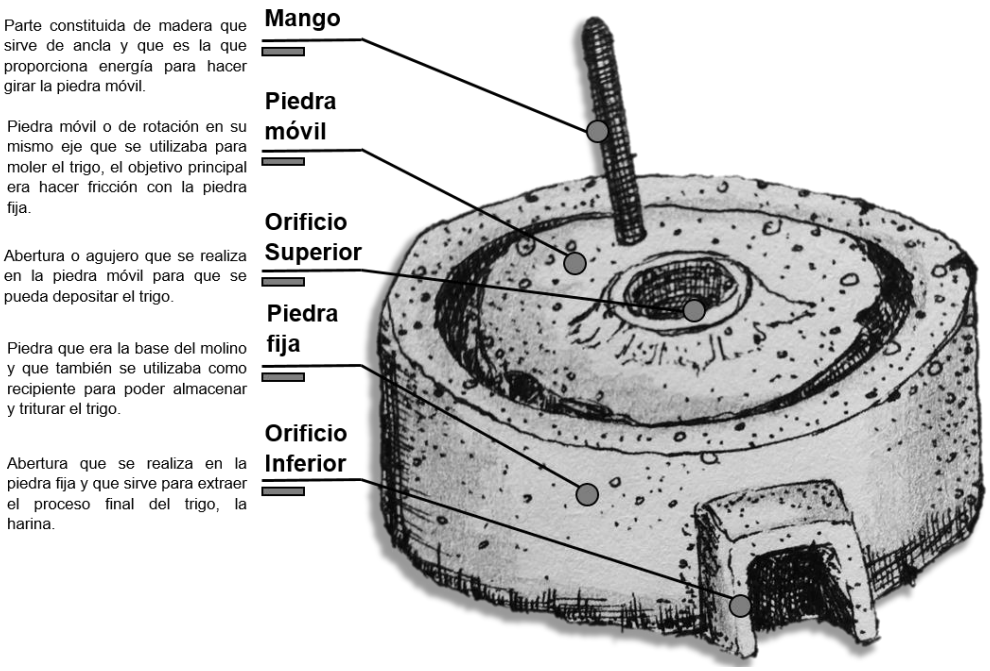


Imagen 39. Molino de mano. Dibujo de Eduardo López Carlos.
Fuente: https://gladiatrixenlaarena.blogspot.com/2018/02/molinos-romanos-pistrium.html

La siguiente innovación fue cuando las muelas se convirtieron en molinos compuestos, la forma de las piedras paso a ser de forma cónica, la primera se encuentra fija y adosada a una banqueta, la segunda es una muela móvil que posee un hueco en el centro para recibir el cono de la muela fija.

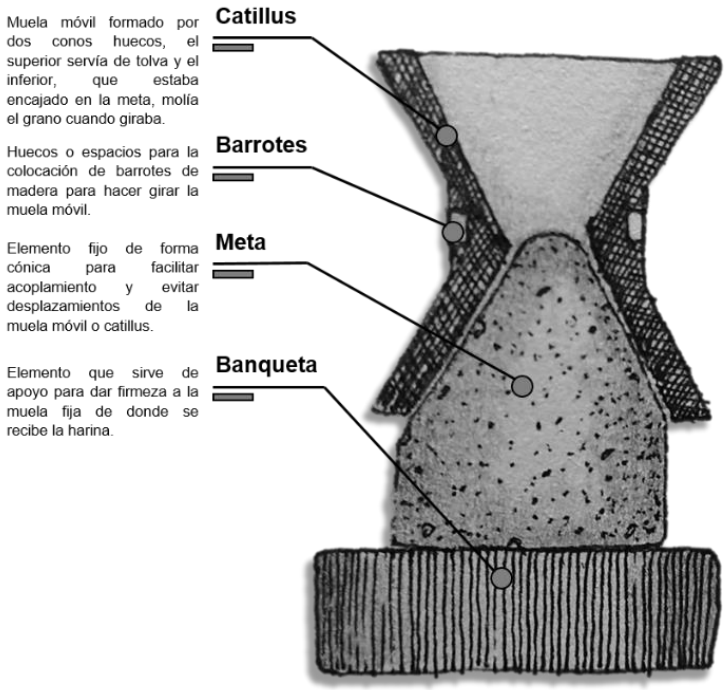


Imagen 40. Estructura de un molino de sangre. Dibujo por Eduardo López Carlos.

Tascón hace una clara diferencia entre una muela y otra.

*"La muela inferior de estos molinos pompeyanos recibe el nombre de **"meta"** y consiste en una piedra muy robusta y de gran peralte sobre la que descansa la muela móvil o **"catillus".*** (Tascón, 2012).

Como se puede apreciar en la **imagen 40** la energía utilizada para este tipo de molino era por fuerza humana o por fuerza animal que, con los ojos tapados, giraba en sentido contrario a las agujas del reloj. Sin importar que tipo de fuerza se requería era necesario el uso de un barrote o poste de madera que atravesara al catillus y ejercer el movimiento necesario para moler el trigo. Un extremo de poste es sujetado por un eje en posición vertical que permite el giro; el otro extremo es el que se colocan los animales de tiro o el propio ser humano, siendo la otra variante de este tipo de molinos.

El uso de estos molinos pompeyanos o también conocidos como de sangre se podían formar de tres grupos; los pequeños, que eran movidos por una sola mano, los grandes, ejerciendo la fuerza entre dos hombres que seguramente eran esclavos **(Ver imagen 41)** y por último los de mayor tamaño que eran accionados por medio de la fuerza animal.

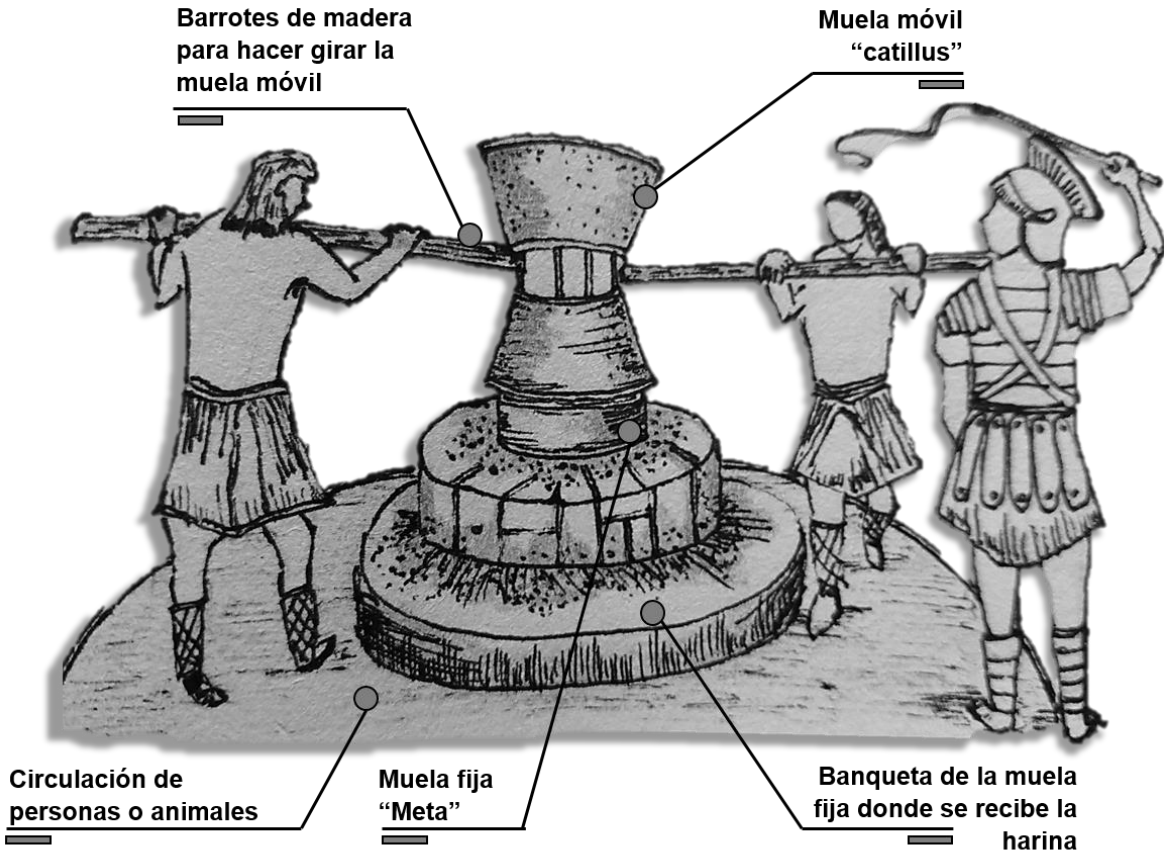


Imagen 41. Molino de sangre accionado la fuerza humana. Dibujo por Eduardo López Carlos.

Los molinos de sangre requerían de una inversión inicial menor. Se podían adaptar en diferentes espacios para su instalación y su operación dependía de tener animales que ya habían sido retirados de otras actividades.

Con la incorporación de la rueda hidráulica en los molinos, surgió otra nueva innovación tecnológica. Los pasos que siguió el hombre en su invención no debieron ser muy distintos a los necesarios para la creación de los molinos antes descritos. La rueda fue un gran impacto de manera significativa en otras máquinas, incluidos los molinos, transformándolos y optimizándolos. Ahora la innovación consistía en hallar una fuerza capaz de hacer girar la rueda sin necesidad de recurrir a los hombres o a los animales. Esta fuerza era el agua, transformada en energía para dar accionamiento a las ruedas y hacer girar las muelas de los molinos, como se describió anteriormente.

La ubicación de estas ruedas iba a depender de la situación del agua, de la fuerza con la que se emitía y también de la ubicación de los molinos (si era en sitios donde el flujo del agua no era el adecuado o en lugares donde la presión era suficiente para hacerlos accionar).

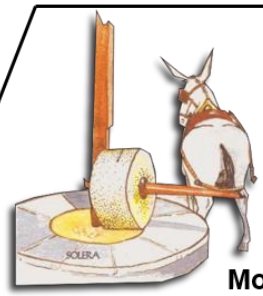
El objetivo de estas innovaciones fue transformar estas herramientas rudimentarias en complejas maquinarias para buscar un mejor rendimiento en la producción de harina y en menor cantidad de tiempo. Ahora la rueda hidráulica tendría complementos o mecanismos para poder generar más energía y que los resultados fueran los más óptimos para esta industria.

A continuación, se presenta un **gráfico 4** para hacer una sub clasificación de los molinos que producen harina y del elemento principal que ayuda a dar movilidad a la rueda además de la fuerza hidráulica. Después se verá más afondo cada uno de los diversos molinos y su característica principal para conocer la manera en como trabajaban y poder saber qué tipo de molinos hidráulicos fueron los que se implementaron en América.

Se acciona mediante el movimiento de una aceña colocada en medio de dos balsas. Es necesario que la ubicación de este tipo de molinos este en un rio.

Molino de barcas

Molino de Tahona (animal)



Muele muy poco, se puede asentar en cualquier parte. Fuerza de trabajo producida por un animal.

Molino de regolfo

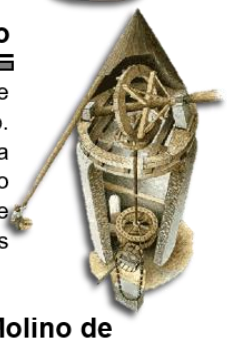
Parte de la subestructura del molino (rodezno y eje vertical) se encuentran dentro de un cubo, al cual se le agrega cierta cantidad de agua y no es necesario tener un saetín o saetilla.

Molino de Sangre (hombre)

Tiene menos artificios y muele mucho menos que con la fuerza de un animal.

Molino de Viento

Su principal fuente de energía es el viento. La estructura cambia conforme a este tipo de energía, pero se conservan las mismas partes.

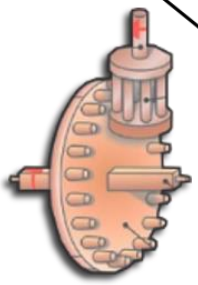


Molino de cubo

En lugar de contener una cierta cantidad de agua almacenada en una “presa” en este tipo de molino se almacena a través de un cilindro de concreto para generar la presión adecuada y poder accionar el rodezno.

Molino de Contrapeso

El uso de diferentes engranes produce más fuerza al molino, por lo tanto, existe mayor molienda.



Molino de balsa

Para poder accionar este tipo de molino es necesario la construcción de una “presa” para el almacenamiento del rodezno a través de la presión generada en el saetín.

Molino de Ceña o de canal

El rodezno o rueda está colocada verticalmente. se coloca fuera del área del molino y junto a un canal o acequia para que pueda ser accionado.

Gráfico 4. Mapa conceptual para la clasificación de molinos hidráulicos dependiendo del uso y posición de la rueda. Realizó Eduardo López Carlos.

1.10.1. Molino de balsa y cubo.

Como se explicó previamente en la estructura de los molinos de rodezno, la balsa y el cubo son una parte esencial para dar movilidad al rodezno cuando no existe un canal con la suficiente potencia. Específicamente, consiste en la construcción de una presa que sirve de almacenamiento permanente, mientras que el cubo es una construcción de mampostería en forma prismática que sirve para recoger, concentrar y regular la presión del agua, se encuentra contiguamente al rodezno. Para ello es necesario que el agua caiga desde una altura suficiente y ejercer suficiente energía.

El origen de esta tipología no se sabe realmente, pero Camarero hace mención que probablemente los andalusíes los tomaron de Oriente, *"una vez incorporado a los molinos de al-Ándalus, el cubo se convierte en una pieza imprescindible para ellos, permaneciendo hasta en los molinos del siglo XX"* (Camarero, 2011, p. 81).

El agua que llega al cubo es dirigida mediante un canal o un caz, pero es interesante comprender que la innovación tecnológica para este tipo de molino fue poder almacenar cierta cantidad de agua para prevenir los meses de sequias, fue así que después se le añadió la balsa como sistema de almacenamiento.

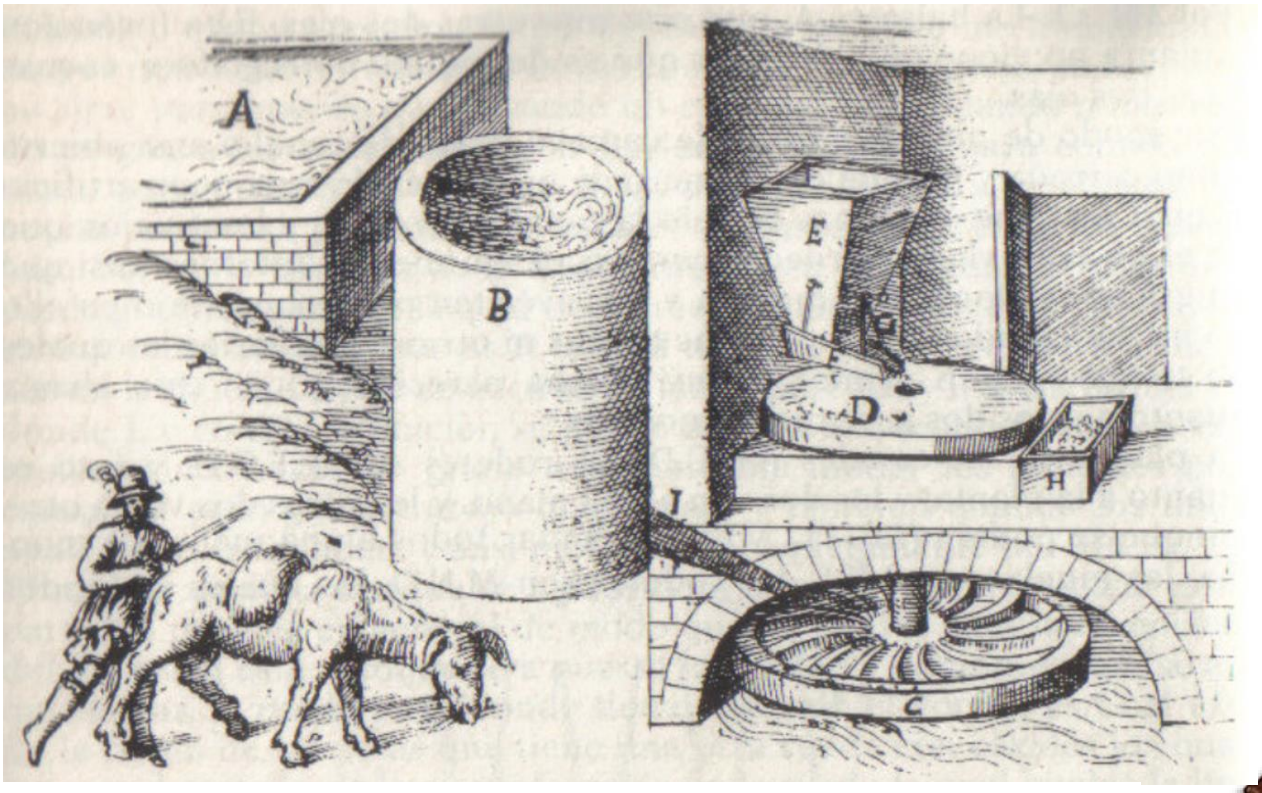


Imagen 42. Ejemplo de un molino de balsa y cubo.
Los veintiún libros de los ingenios y las maquinas. Pág. 346.

1.10.2. Molino de Regolfo

La característica primordial de este tipo de molino es que el rodezno se encuentra dentro de un cubo, su ubicación tenía que ser a las cercanías de ríos de gran caudal y con mucha fuerza para hacer entrar al cubo y poder mover el rodezno. La palabra regolfo según García, deriva de la acción de poder frenar o dar resistencia al flujo del agua. (García, 1989, p. 169).

El origen de esta tipología fue en el renacimiento, específicamente durante el siglo XVI volviéndose popular ya que su instalación solo requería de una canalización directa que provocara el ingreso del agua al cubo, esta acción es considerada como el principio de la fuerza centrípeta ya que el agua, al estar dentro del cubo busca el centro de éste por efecto de gravedad, pero como se ejerce una fuerza, el curso del agua realiza movimientos circulares, por lo que ejerce una doble fuerza hacia abajo lo que provoca que los álabes se muevan. El diseño del rodezno tenía que ser del mismo diámetro que del cubo, ayudaba a que el agua generara más potencia en el rodezno. Una vez utilizada el agua, en el fondo del cilindro o cubo existía una salida para reincorporarla a su cauce natural.

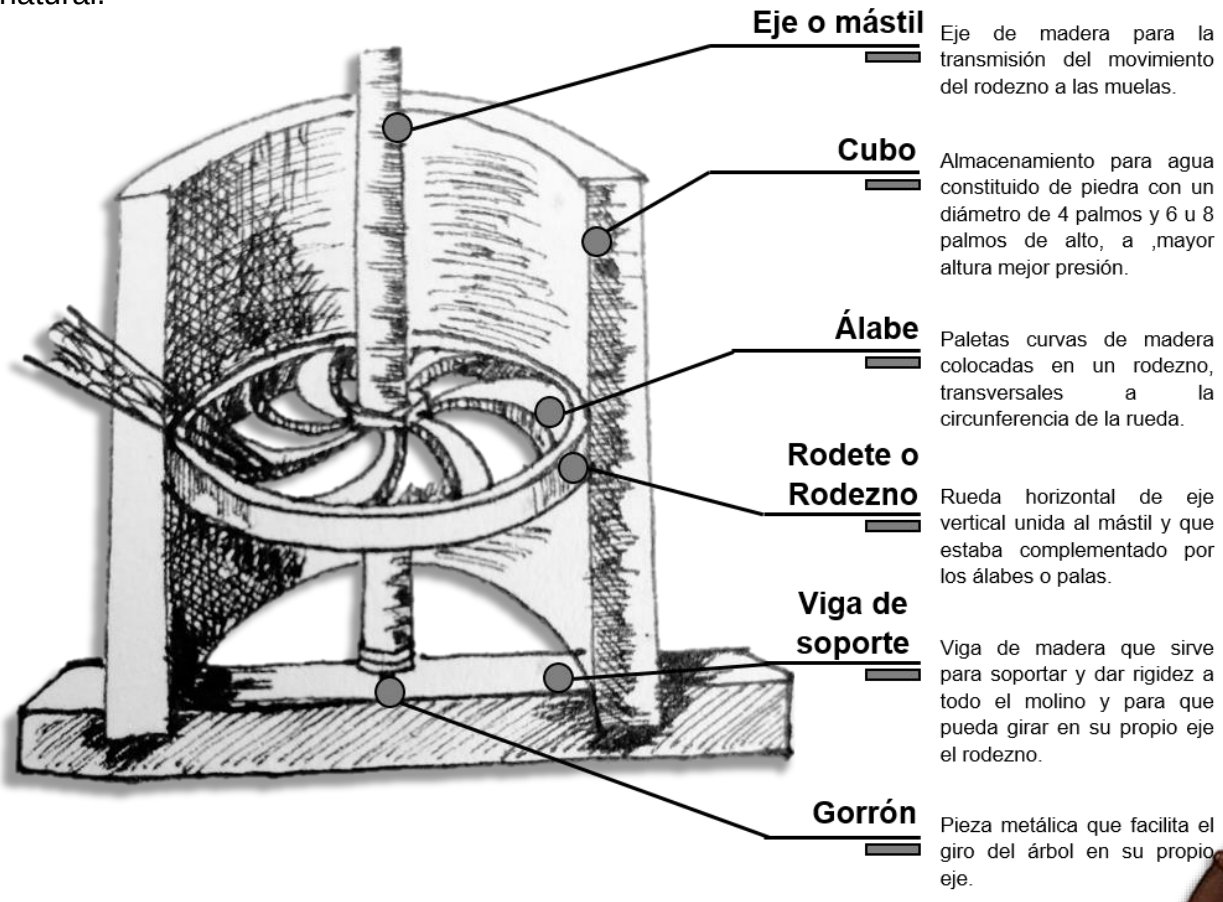


Imagen 43. Estructura de un molino de Regolfo.
Los veintiún libros de los ingenios y las maquinas. Pág. 337. Redibujo por Eduardo López Carlos.

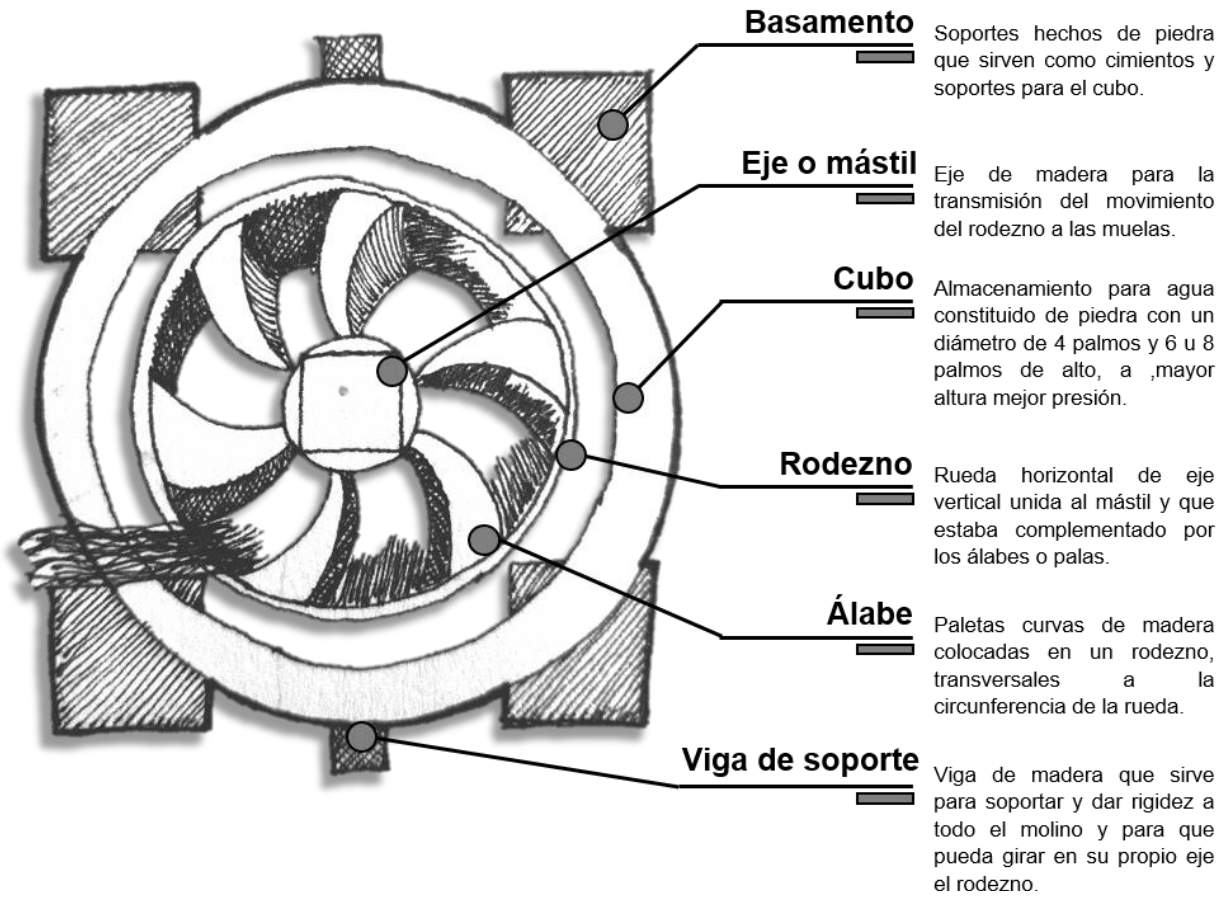


Imagen 44. Vista en planta de la estructura de un molino de Regolfo.
Los veintiún libros de los ingenios y las maquinas. Pág. 330. Redibujo por Eduardo López Carlos.

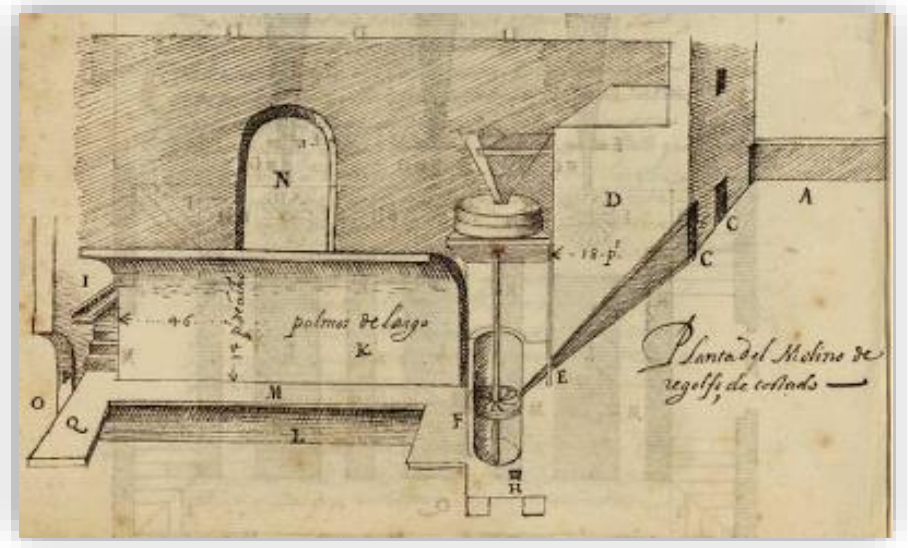


Imagen 45. Corte esquemático de un molino de Regolfo. Pág. 348. Tratado de Juanelo Turriano.

En la **imagen 43 y 44** se puede apreciar la composición de los molinos de regolfo, tienen la misma estructura que los molinos tradicionales de harina, el principal elemento constructivo es el cubo. Mientras que en la **imagen 45** pertenece al tratado de Juanelo Turriano, se puede observar un esquema completo de este tipo de molinos.

1.10.3. Molino de Viento

Este tipo de molino, como su nombre lo indica utiliza otro tipo de energía, la eólica y aunque para esta investigación, lo primordial es conocer las maquinarias que utilicen la energía hidráulica, es importante conocer la característica primordial de este tipo de molino, por lo tanto se sabe que las partes de esta maquinaria son iguales a la de los molinos hidráulicos como, por ejemplo; el uso piedras para moler, la distribución y el almacenamiento, sin embargo, el elemento que diferencia a este tipo de molino con los demás son las aspas también llamadas levas, constituidas por madera y para este caso sustituyen al rodezno, como elemento primordial para generar energía mecánica y hacer mover a las piedras, como se vio anteriormente.

Estas levas están constituidas por lonas a base de algodón que sirven para darles rigidez, esto provoca que la potencia del viento choque con las aspas y automáticamente

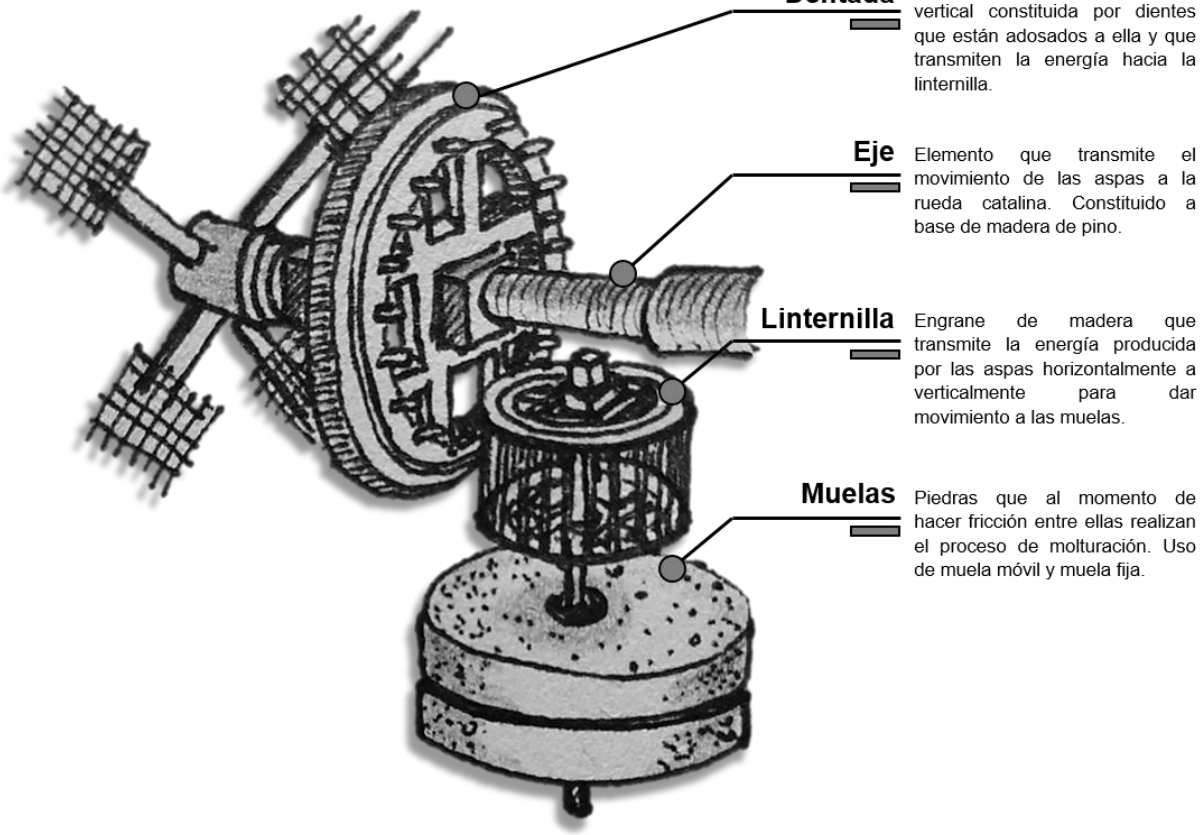


Imagen 46. Estructura de un molino tipo poste. Se puede observar que con ayuda de la rueda dentada se transmite la energía a la linternilla y dar movimiento a las muelas. El eje es el que ayuda a direccionar las aspas. Dibujo por Eduardo López Carlos.

generen energía mecánica suficiente para transmitirla al eje y direccionarla mediante linternillas hasta llegar a las muelas.

Este tipo de molinos se construyeron en España durante los siglos XVI, principalmente en la región de la Mancha, este tipo de maquinarias fueron sustituidas por los molinos hidráulicos ya que se carecía de agua para mover los rodeznos. Según Terán existían dos tipos de molinos de viento, los de torre y los de poste.

> *"Los de poste tienen un eje largo al que se encuentran anclados los mecanismos del empiedro y de las aspas. Siguiendo el curso del viento se gira dicho poste que consecuentemente mueve los engranes, la linternilla y desde luego las dos piedras molederas".* (Terán, 2008, p.50).

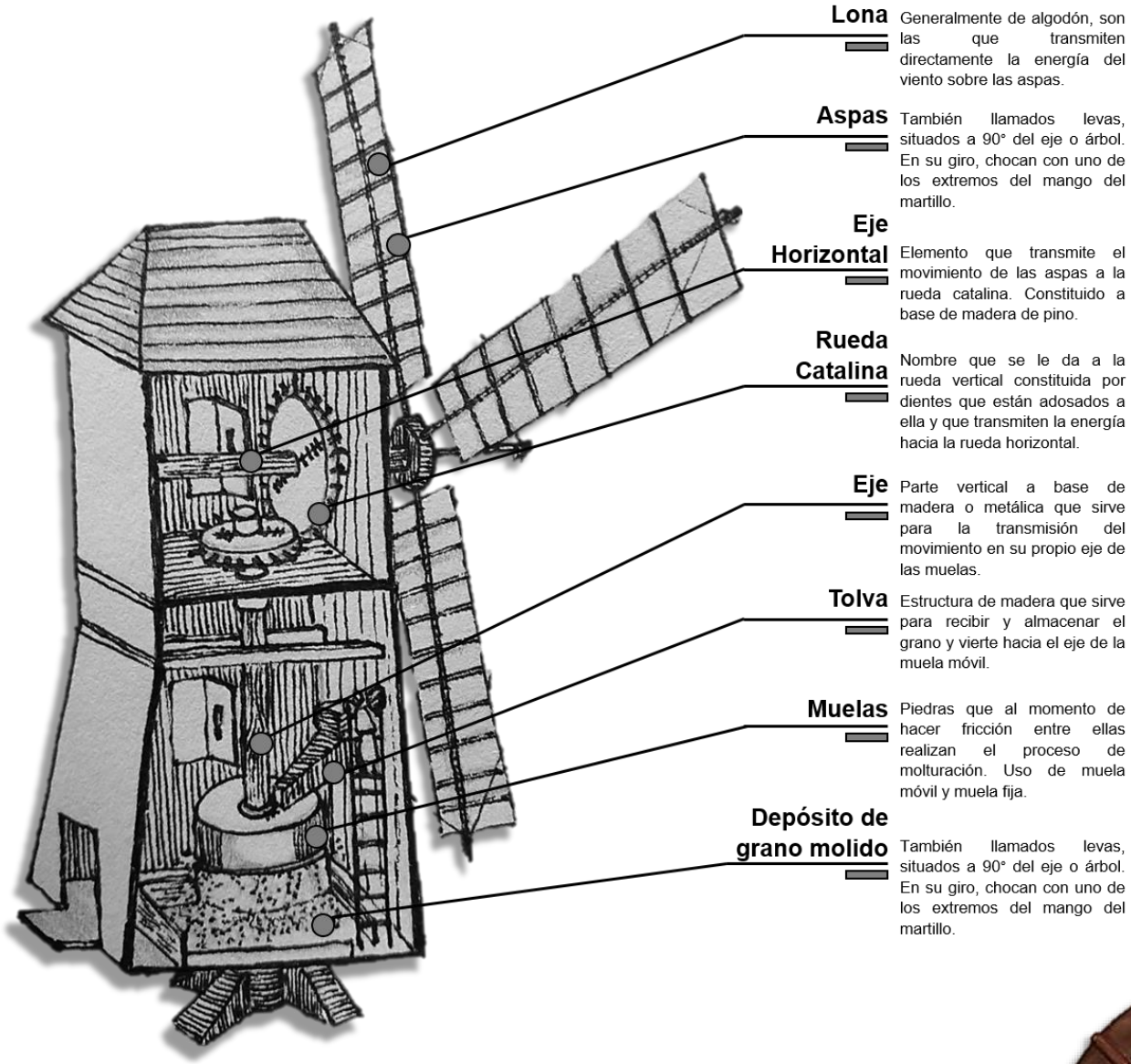


Imagen 47. Estructura de un molino tipo torre. Se sigue utilizando la rueda dentada o tipo catalina para transmitir la energía eólica en mecánica. La ubicación de las muelas variaba. Dibujo por Eduardo López Carlos.

En la **imagen 46** se puede apreciar la estructura de un molino de poste. El eje sirve para mover la totalidad de las aspas, la rueda dentada y la linternilla dependiendo de la dirección del viento, es característico de este tipo de molinos en el que toda la maquinaria se encuentra en un solo nivel, diferente al del tipo torre.

Los molinos de viento de tipo torre **(ver imagen 47)**, cuentan con dos niveles, miden alrededor de ocho metros de altura y están construidos siguiendo la forma cónica o cuadrada a la que se sujetan las aspas y engranes. La ubicación de las piedras variaba, podían estar ubicadas en la planta baja o en primer nivel. Con este tipo de construcciones implico una nueva innovación para el crecimiento vertical de las edificaciones.

Para finalizar este capítulo se realizó un esquema **(gráfico 5)** a manera de resumen para hacer una clasificación de los molinos dependiendo el tipo de fuerza aplicada, así como de la ubicación de la rueda.

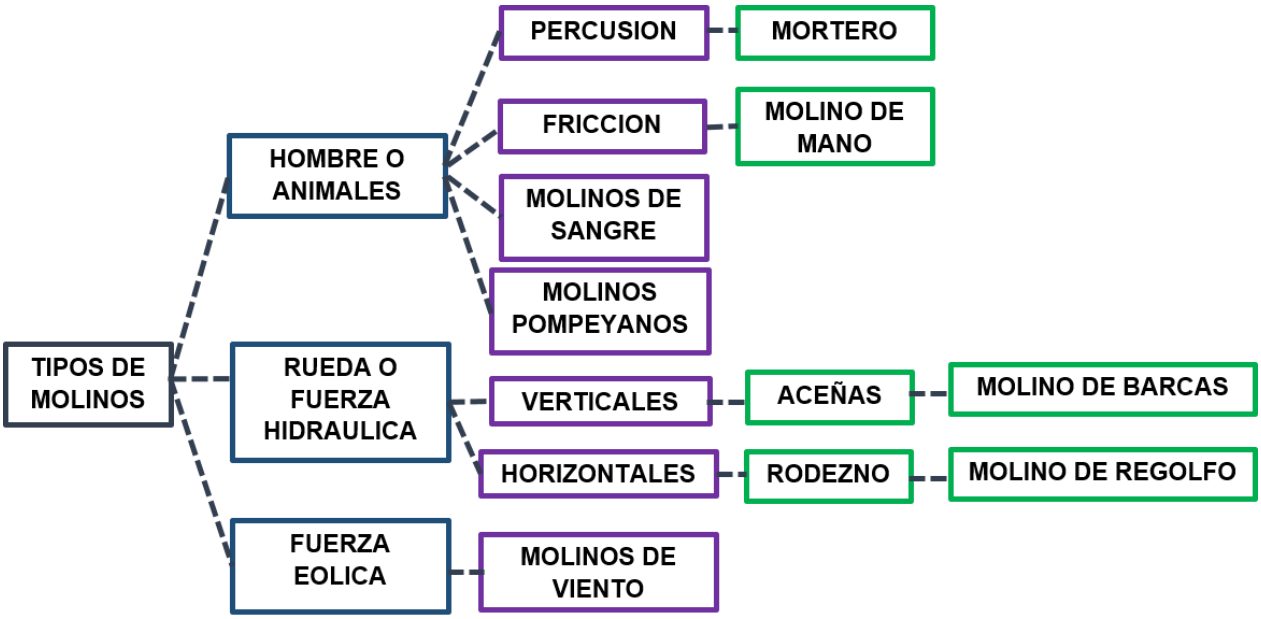


Gráfico 5. Mapa conceptual para la clasificación de molinos hidráulicos dependiendo de la fuerza aplicada.
Realizó Eduardo López Carlos.

"La gran ciudad de Tenochtitlán" (1945). Palacio Nacional de México. Material: Fresco. Por Diego Rivera.
https://2012profeciasmayasfindelmundo.wordpress.com/tag/acueductos-de-tenochtitlan/

Capítulo II

Innovación en los sistemas hidráulicos prehispánicos

Capítulo 2. Innovación en los sistemas hidráulicos prehispánicos

2.1. Antecedentes históricos en la cuenca de México

En Mesoamérica, durante la época prehispánica los primeros asentamientos se ubicaron cerca de abastecimientos hidráulicos como las orillas de los ríos, lagos, lagunas, entre otros. Este proceso hizo que las culturas se volvieran sedentarias y comenzaran a dominar el agua, utilizarla para riego de sus cultivos, almacenarla para uso doméstico y posteriormente conducirla hasta aquellos lugares que se encontraban lejos de estos abastecimientos.

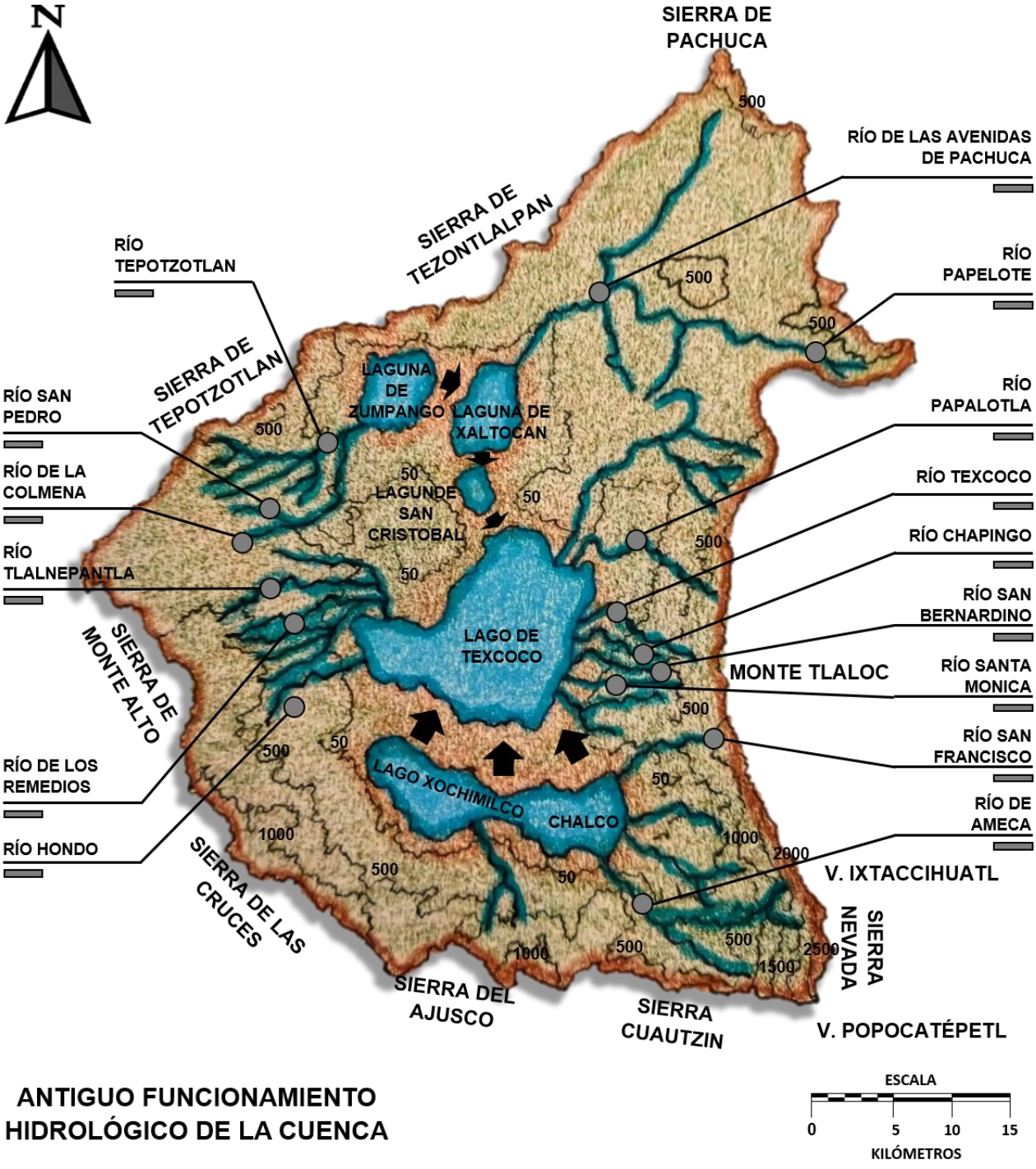
La cuenca de lo que ahora es la ciudad de México está conformada por principales valles o cadenas montañosas; al norte se encuentra la Sierra de Pachuca, junto con la de Tezontlalpan, la Sierra de Tepotzotlan ubicada al noroeste, al oeste la Sierra de Monte Alto, la Sierra de las Cruces al suroeste y al sur está ubicada la Sierra Cuautzin junto con los volcanes, Popocatepetl e Ixtaccihuatl que llegaban hasta el este junto con el monte Tlaloc. En la **imagen 48** se puede apreciar la ubicación de las cadenas montañosas, la manera en que rodean a la cuenca de México y de los principales manantiales que alimentaban a las lagunas o lagos.

Respecto a los niveles de los lagos Jiménez (2017) comenta:

> *"El más bajo era el Lago de Texcoco, considerado como una referencia de altitud con relación a los demás. Partiendo de este lago hacia el sur de la cuenca, el lago de México se encontraba a una altura mayor, seguido por el de Xochimilco y después el de Chalco, mientras que, en la zona norte, en altitud se sucedían el de San Cristóbal, el de Jaltocan y el de Zumpango".* (p. 38).

Por lo tanto, el lago de Texcoco, localizado a menor nivel recibía gran cantidad de agua por parte de los demás lagos o lagunas, característica fundamental para el asentamiento de diversas culturas, sin embargo, es importante destacar que, aunque parte de la alimentación que recibían los lagos eran por parte de aguas dulces, existían zonas en las que había gran cantidad de salinidad.

Esta salinidad se debe a las características del suelo y su estrecha relación con zonas volcánicas, constituidos por la gran concentración de sales y sodio procedentes de suelos feozems y solonchaks. Ejemplos de este tipo de suelo son Teotihuacán, Zumpango, Texcoco, Xaltocan y Chalco.



ANTIGUO FUNCIONAMIENTO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA

Imagen 48. Mapa del antiguo funcionamiento hidrológico de la Cuenca de México. Se muestra los diferentes lagos que son alimentados por los ríos que nacen en los límites de la cuenca, específicamente en las laderas de las sierras. Redibujo tomado del "Atlas de planos técnicos e históricos" de la *Memoria de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal*, tomo IV, Departamento del Distrito Federal, Secretaria de Obras y Servicios, México, 1975, plano I, tomo I. Redibujo por Eduardo López Carlos.

Los primeros asentamientos que se ubicaron en la cuenca datan del año 550 a.C. Posteriormente en el año 2500 a.C. con el desarrollo de la agricultura hubo un crecimiento acelerado, originando comunidades de mayor tamaño, permitiendo el desarrollo de tecnologías para la modificación del ambiente. Para el año 1200 a.C. se desarrolla la primera ciudad llamada Cuicuilco con una población de 2000 habitantes y que estaba localizada al suroeste de la cuenca.

Tenochtitlan, localizada al norte y desarrollada como un centro urbano durante el año 200 d.C. llego a contar con más de 100000 habitantes. De este modo y para el año 500 d.C. ejerció un gran poderío en toda la cuenca, sin embargo, debido a la gran explotación de recursos naturales, esta ciudad tuvo un colapso causando su total desaparición. Esto conllevo a que parte de la población se dispersara no solo por la cuenca, sino que grupos pequeños se movilizaran por todo el territorio hasta llegar a lo que se conoce como Aridoamérica (zona que comprende el norte de lo que ahora se conoce como México) provocando una mezcla e integración de pueblos originarios de la región con nuevos residentes.

Los chichimecas provenientes del norte del territorio fue una sociedad que llego a la cuenca para ocupar zonas con gran riqueza natural y creando desarrollos sociales, económicos y políticos. Los centros Chichimecas más importantes fueron Tenayuca, Azcapotzalco, Texcoco, Xochimilco, Tláhuac y Chalco.

Como se puede apreciar en la **imagen 49** alrededor del año 1300 d.C. la cuenca ya se encontraba sobre poblada y ejerciendo explotaciones de recursos naturales para satisfacer sus propias necesidades. Los Aztecas provenientes de un lugar llamado Aztlán fueron obligados por el señorío de Azcapotzalco a establecerse en una pequeña isla en el interior del lago de Texcoco siendo tributarios del pueblo Tecpaneca.

La lucha constante entre pueblos por obtener el poderío en esta región, provocó que se formaran alianzas para derrotar a los Tepacnecas, sociedad que era la que gobernaba en ese momento y que fue destruida por la triple alianza establecida por los aztecas, los texcocanos y la comunidad de Tlacopan.

Imagen 49. Apreciación de la cuenca de México. Diversos asentamientos y de los recursos y explotación del medio ambiente. Fuente: Arqueología Mexicana, 2007.
http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/353/A7.pdf?sequence=7

Estas acciones provocaron que la triple alianza organizara campañas militares para conquistar poblaciones del centro y fuera de la cuenca, generando sistemas de pueblos tributarios y desarrollando un poderío en toda Mesoamérica. Una de las características más importantes de esta sociedad, fue el uso de la ingeniería como herramienta aplicada en tecnologías que permitieran crear una ciudad sobre el agua y al mismo tiempo poseer y manejar este recurso natural como instrumento de control para los pueblos tributarios.

A continuación, se muestra en la **imagen 50** una vista de lo que fue el imperio mexica y la creación de islotes artificiales construidos sobre el agua.

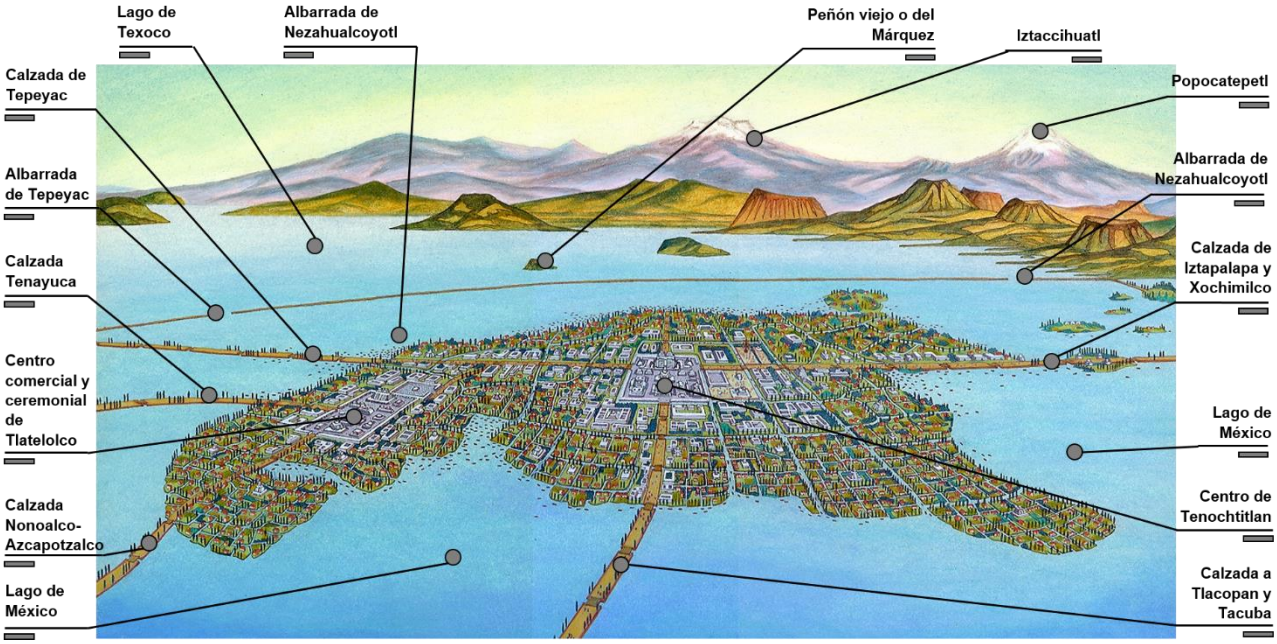


Imagen 50. Vista panorámica de la gran Tenochtitlan del año 1519. Se puede apreciar la ciudad mexica con sus grandes lagos vistos desde el poniente y la construcción de sistemas de islotes artificiales sobre el agua, uno de los más importantes ejemplos de Mesoamérica. **Fuente:** http://www.mexicomaxico.org/Tenoch/Tenoch.htm

Toda esta lucha constante entre pueblos o sociedades tenía como objetivo principal la apropiación de recursos naturales y de territorio para tener un control sobre los alimentos y la cosecha. Sin embargo, el recurso del agua era la fuente primordial para generar este tipo de actividades y como se dijo al inicio, esto provoco que se crearan sistemas hidráulicos que permitieran la transportación del agua a diversos lugares. A continuación, se procederá a explicar cuáles fueron estos sistemas y la clasificación que se ha dado de acuerdo a la manera en que estos eran utilizados y de la manera en que sufrieron constantes innovaciones de acuerdo al tiempo y a los lugares.

2.2. Innovación constante en los sistemas de abastecimiento de agua

Como se mencionó en el capítulo pasado, hay que tener muy presente el ciclo hidrológico ya que para estas culturas también fue muy presente las distintas maneras en las que se podía obtener el agua:

a. Las meteóricas o atmosféricas; producidas por la lluvia
b. Las superficiales en constante movimiento; producto de los manantiales, ríos y arroyos.
c. Las superficiales en calma; producto de las lagunas, pantanos o lechos lacustres.
d. Los subterráneos; característicos de los depósitos o ríos subterráneos.

Por lo tanto, la obtención de este recurso dependerá de la cuestión natural, de la región en la que este abastecimiento se encuentre y de las diferentes actividades que se lleven a cabo.

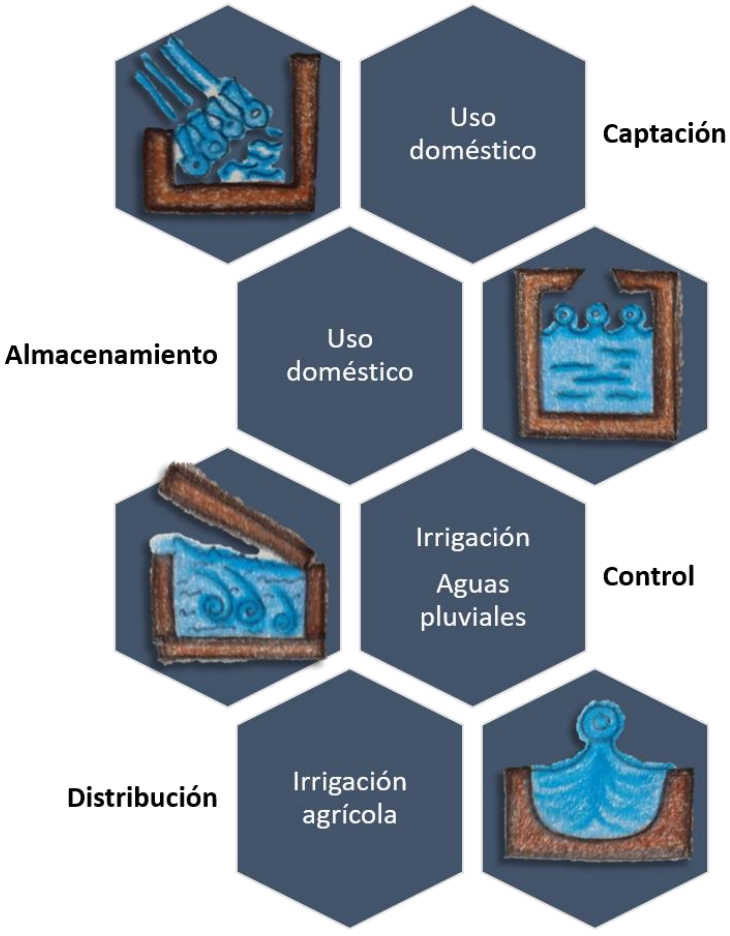


Gráfico 6. Clasificación del tipo de infraestructura de acuerdo a la manera de obtención del agua.
Realizó Eduardo López Carlos.

2.2.1. Captación y almacenamiento de agua

La captación de agua fue una actividad que se realizó en toda Mesoamérica y que han sido documentados arqueológicamente, por medio de depósitos subterráneos o a cielo abierto. Por ende, el agua es captada por medio de zanjas o canales para ser transportados y almacenados en depósitos. (Rojas, 2009, p. 25).

2.2.1.1. Chultunes o cisternas mayas

En la cultura maya, localizada en lo que ahora es la península de Yucatán se utilizaban los chultunes (depósitos subterráneos) o también conocidos como cisternas mayas, término que está asociado al agua y a la piedra. Es necesario atestiguar que este tipo de estructuras también tenía otros usos como recintos funerarios, sistemas de almacenaje de granos o vasijas, para actividades ceremoniales o rituales, espacios confinados para los entierros, entre otros. (Balcarcel, 2016, p. 14).

Fray Diego de Landa, en su obra, *Relación de las cosas de Yucatán*, hace énfasis en este tipo de estructuras y la manera en cómo eran utilizadas:

> *"Los indios de hacia la sierra, por tener los pozos muy hondos, suelen en tiempo de las aguas hacer para sus casas concavidades en las peñas y allí recoger agua de la llovediza, porque en su tiempo llueven grandes y muy recios aguaceros y algunas veces con muchos truenos y relámpagos".* (1982, p. 120).

Nos queda claro que la necesidad de supervivencia sigue presente para estas culturas, la creatividad para la construcción de elementos que pudieran captar el agua y después almacenarla para consumo particular nos está dando a entender que, en esas regiones, el consumo de este recurso era difícil, por lo tanto, se tuvo la necesidad de crear este tipo de captación natural.

La principal característica que debía tener este sistema destinado a la captación y almacenamiento eran las excavaciones que se realizaban en las rocas madres, ubicadas cerca de la superficie y constituidas por cinco secciones; zona de captación de lluvia, constituida por suelos o pavimentos que se construían con cierta inclinación (5 metros aproximadamente), después la zona de captación de lluvia mediata, perteneciente al área

cercana al chultun, su propósito era recoger el agua de techos de las casas o edificaciones, luego seguía la ubicación de la boca o entrada principal del chultun, constituido particularmente por una estructura de piedra laja, por ultimo estaba el cuerpo o deposito interior, las paredes tenían que estar cubiertas por un acabado de estuco para evitar la filtración. En cuanto a las formas que se le podían dar a estas estructuras eran variadas; campaniformes, de botella, de forma de zapato, circulares, con planta en forma de ocho, entre otras **(Ver imagen 51).** (Rojas, 2009, p. 26).

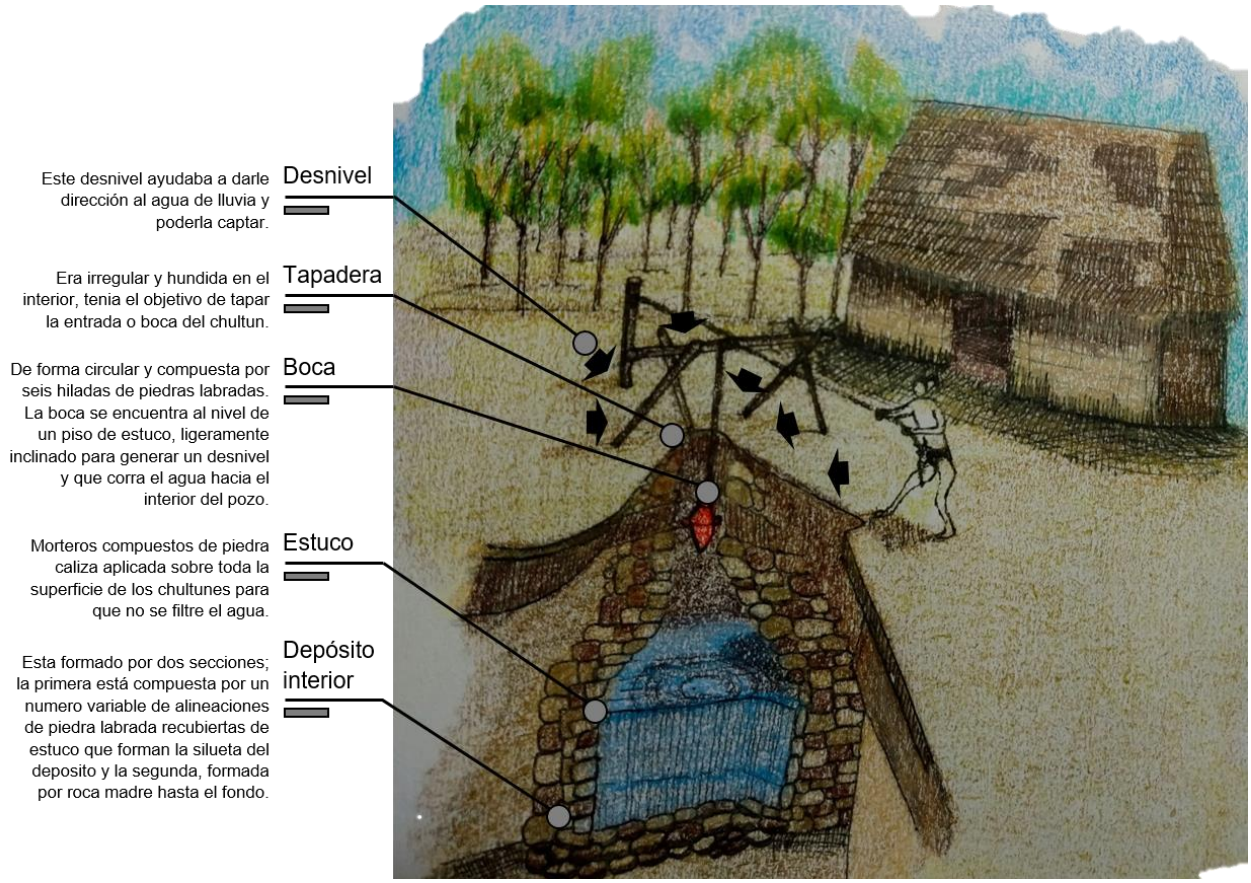


Imagen 51. Imagen de un chultun. Se aprecia un curte esquemático y su composición, la principal característica es crear una pendiente alrededor de este para direccionar el agua captada en el pozo. Re dibujo por Eduardo López Carlos. Fuente; https://hondurasisgreat.org/wp-content/uploads/2020/03/chultunes-mayas.jpg

El número de chultunes dependían de su ubicación, en algunos casos había un solo chultun por complejo y en ocasiones, dos chultunes cuando estaban ubicados en una gran plaza, siempre asociados en construcciones techadas con bóveda, la lluvia escurría por estos elementos hasta llegar al nivel de piso y después ser conducida por medio de desniveles hasta la boca de captación del chultun.

2.2.1.2. Jagüeyes o depósitos pluviales a cielo abierto

De acuerdo con la Real Academia Española, Jagüey se considera como balsa, pozo o zanja llena de agua, ya artificialmente, ya por filtraciones naturales del terreno. (RAE).

Sin embargo, en el *Diccionario de Mejicanismo* la palabra Jagüey es de origen maya, mientras que, en náhuatl significa *atecochtli* o bien *atatactli* de *"tecochtli"* sepultura, fosa, hoyo, cavidad, barranca y por otro lado "*tataca"* rascar, cavar la tierra. (Rojas, 2009, p. 29).

Imagen 52. Ejemplo de un jagüey. Se puede apreciar la depreciación del terreno y el aprovechamiento que se le da, conteniendo cierta cantidad de agua para almacenarla y darle un uso doméstico. Fuente: https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/5-opciones-para-evitar-que-sus-jagueyes-se-sequen-por-el-verano

Estos contenedores de agua a cielo abierto se realizaban en espacios cercanos a los cerros o en áreas cercanas habitables en las que se canalizaban los escurrimientos provenientes de los techos de las construcciones, similares a los chultunes. En algunos otros casos las construcciones de este tipo de captación se hacían con las depresiones naturales o también aprovechando la existencia de un manantial como se puede apreciar en la **imagen 52**. Actualmente las composiciones de los jagüeyes están constituidos por tierra, pero en la época prehispánica se utilizaba la argamasa, (mezcla entre cal, arena y agua) aplicada sobre las paredes. (Ídem, p. 29).

Al igual que los chultunes, estos sistemas hidráulicos se ubicaban en zonas donde el agua era escaza, almacenando gran cantidad de agua para el consumo humano de ciertas poblaciones, se utilizaban vasijas para transportar el agua proveniente de los jagüeyes, para después ser transportada y almacenada en depósitos de gran tamaño como pilas, tinajas u ollas para uso doméstico.

2.2.1.3. Depósitos pluviales domésticos

Como se mencionó anteriormente, los chultunes y jagüeyes eran construcciones para captar y almacenar agua en lugares en donde se dificultaba la obtención de este recurso. Por lo regular, las ubicaciones de estas construcciones se realizaban en lugares alejados de las comunidades, por su gran tamaño o por las características adecuadas del terreno.

Cuando la captación y el almacenamiento se realizaba dentro o cerca de una comunidad, se construían otros elementos de menor tamaño o se hacía uso de utensilios o herramientas para el almacenaje del agua de lluvia.

"…en recipientes de barro de diversas capacidades, enterradas o no (cantos, tinajas y ollas), y en instalaciones como pilas, piletas y pilancones. Los hubo de barro, cal

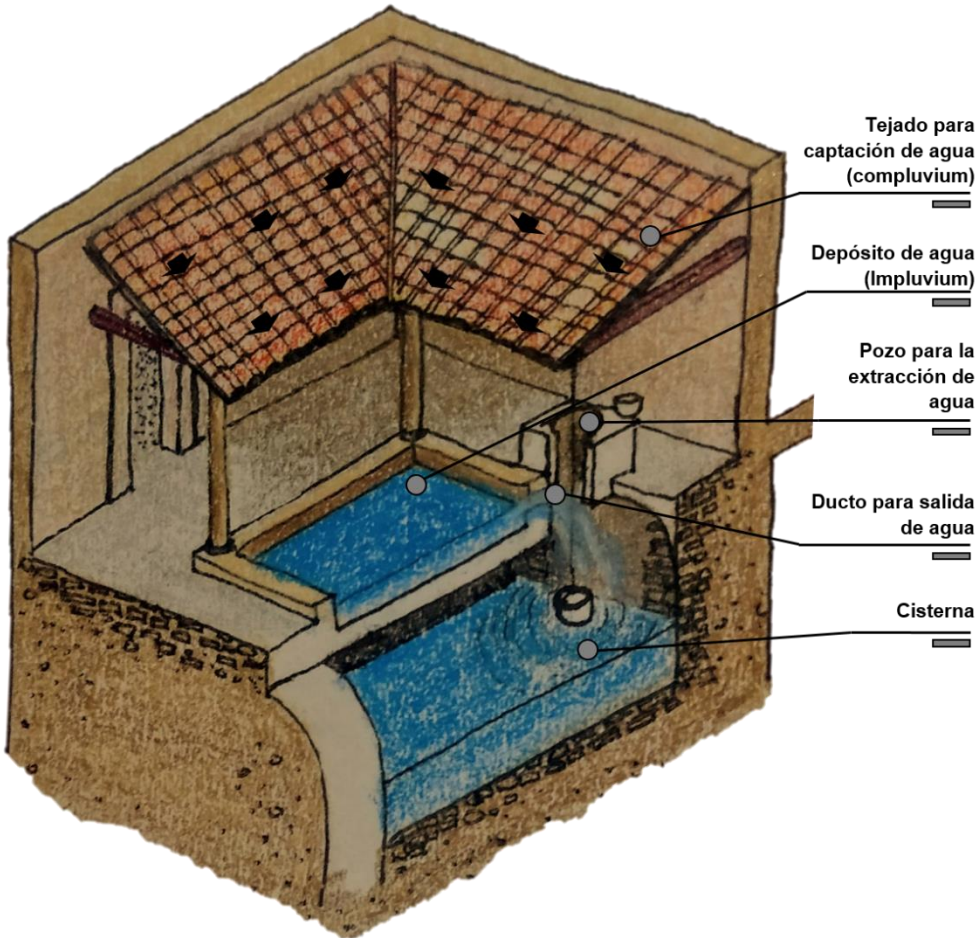


Imagen 53. Ejemplo de un impluvium que pertenece a una domus con el objetivo de captar agua de lluvia y darle otro uso mediante su captación. Redibujo por Eduardo López Carlos. Fuente: http://hidrologiasostenible.com/baoris-una-maravilla-desconocida/

y canto; labrados en piedra, excavados en el sueño, recubiertos o no con piedra o argamasa y estuco, etcétera." (Ídem, p. 34).

Una vez más podemos darnos cuenta que la supervivencia y necesidad de adquirir recursos naturales han hecho que el hombre utilice elementos para satisfacer sus necesidades, las construcciones que en Mesoamérica se llevaron a cabo podrían tener alguna similitud a las que se construyeron en Europa, un gran ejemplo son los *impluvium* construidos en la antigua roma. **Ver imagen 53.**

Constituido por un estanque de forma rectangular y con fondo plano de aproximadamente 30 cm por debajo del nivel de piso, servía para captar toda el agua de lluvia que se encontraba en el vestíbulo de las casas llamadas *domus* de los griegos y romanos, el exceso del agua captada por los impluvium era direccionada a unos tanques subterráneos que regulaban el calor de las casas en temporadas de temperaturas altas. (Lajo, 1990, p. 108).

Cantona es uno de los sitios arqueológico más relevantes del Altiplano central mexicano, localizado al Noreste de la ciudad de Puebla y con un periodo de tiempo que va del año 600 a.C. al 1050 d.C. Para algunos investigadores, Cantona es considerada como una de las ciudades más urbanizadas del México prehispánico, constituido por calles estrechas que parecían murallas y eran utilizadas como sistema defensivo. Por las diversas planicies y juego de desniveles se encontraba una Acrópolis, lugar sagrado e importante de todo Cantona, así como, de unidades habitaciones. (Montero, 2014, p. 124).

Este tipo de urbanización conllevo a un gran sistema de abastecimiento de agua mediante la construcción de sistemas de captación y almacenamiento como jagüeyes **(Imagen 54)**, pero también de sistemas de captación dentro de las zonas habitacionales.

Es nula la información para tratar de argumentar esta teoría, pero al realizar una visita de campo detallada se puede ver en la **imagen 55** la ubicación de un impluvium o estanque para almacenamiento. De alguna manera se tenía que extraer o recolectar este recurso natural para la supervivencia, por lo tanto, es interesante saber que estas ideas coinciden con culturas que estaban distantes.

Imagen 54. Imagen en donde se puede apreciar la ubicación de un jagüey. Localizado en la parte más alta de la Acrópolis, lugar en el que solo las personas con un gran rango podían acceder, sin embargo, en esta zona es donde se encuentran bastantes almacenes de agua. Imagen tomada por Eduardo López Carlos, Fecha:19 de mayo 2019.

Imagen 55. Imagen de Cantona. una de las zonas conocidas como residenciales en la que se aprecia un desnivel con una delimitación por medio de piedra braza colocada con una junta mínima, lo que supone la creación de elementos para la captación de agua ya que en el centro de visualiza una entrada que probablemente lleve a un deposito, los materiales utilizados en esta zona no corresponden a los que, probablemente hubo alrededor. Los cimientos hechos por piedras nos indican que sobre de estos hubo casas hechas de algún material que no pudo perdurar, sin embargo, existe poca distancia uno de otro, lo cual reforzaría la idea de que este tipo de captación se ubicada a la cercanía de chozas para la captación de agua y poder darle un uso. Imagen tomada por Eduardo López Carlos, Fecha:19 de mayo 2019.

2.2.2. Control de agua

El control de agua normalmente se hacía para el uso de riego como primera instancia, pero también de uso doméstico. Era importante desviar el curso natural de arroyos, ríos o cascadas ya que la fuerza que se presentaba en estos casos no era constante por la variación estacional que existía, posteriormente se almacenaba una cantidad suficiente de este recurso para utilizarla e irrigar por gravedad zonas de cultivo.

2.2.2.1. Presas de derivación

El ejemplo más claro de este tipo de construcción son las presas de derivación, elementos que se ubicaban a las cercanías de los cuerpos de agua y que tenían por objeto embalsamarla y utilizarla para riego. Es necesario entender que en Mesoamérica no se contaba con la existencia de maquinarias para poder elevar este recurso, por lo que en aquella época todos estos métodos se basaban por gravedad en zonas campesinas para el riego de parcelas ubicadas a las cercanías de arroyos o ríos en el centro, sur, occidente y norte de México.

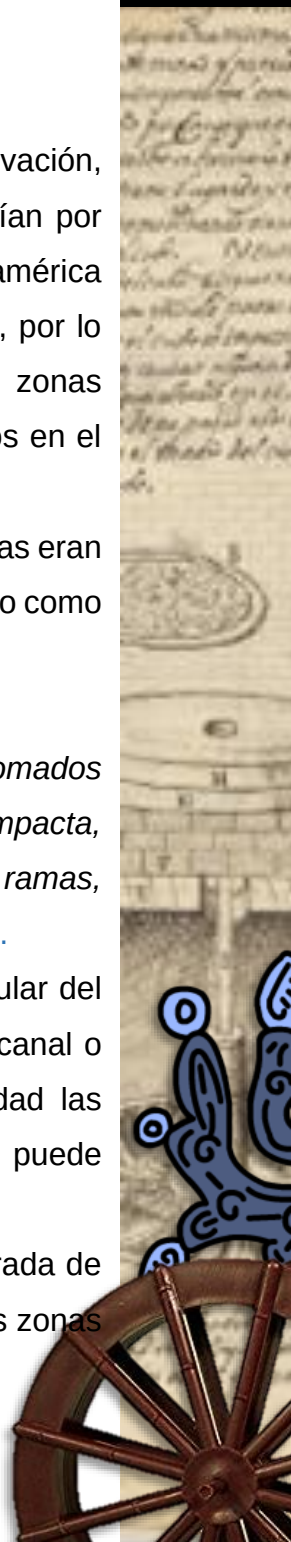
Antiguamente, el nombre que recibían este tipo de construcciones hidráulicas eran los *atzacualoni* de origen náhuatl tlaxcalteca en el que fray Alonso de Molina tradujo como *"Tapón con que atapan y cierran el alberca de agua"* (Sánchez, 1992, p. 5-13).

Las características esenciales de estas presas son:

> *"Estructuras de poca altura, elaboradas con materiales sencillos y tomados de su entorno inmediato como piedras, bordos de tierra o arena compacta, reforzados con pilotes o con una especie de canastos hechos con estacas, ramas, carrizos, cañuela y piedras a manera de contrafuertes."* (Rojas, 2011, p. 5).

Por lo tanto, se considera como un dique colocado de manera perpendicular del cauce del rio con el propósito de obligar el desvió hacia la construcción de un canal o acequia, para elevar la cantidad de agua y posteriormente irrigar por gravedad las parcelas de las vegas agua abajo, aprovechando el nivel (en la **imagen 56** se puede apreciar la composición de este tipo de presas). (Ibídem).

Otra aportación de este tipo de construcción es que, al finalizar la temporada de lluvias el cauce de los ríos bajaba y por ende el de los canales con dirección a las zonas



de cultivo, por lo que en su interior existía la acumulación de azolves que era utilizado como fertilizante natural, *atoctle* en lengua náhuatl o mejor conocido como lama.

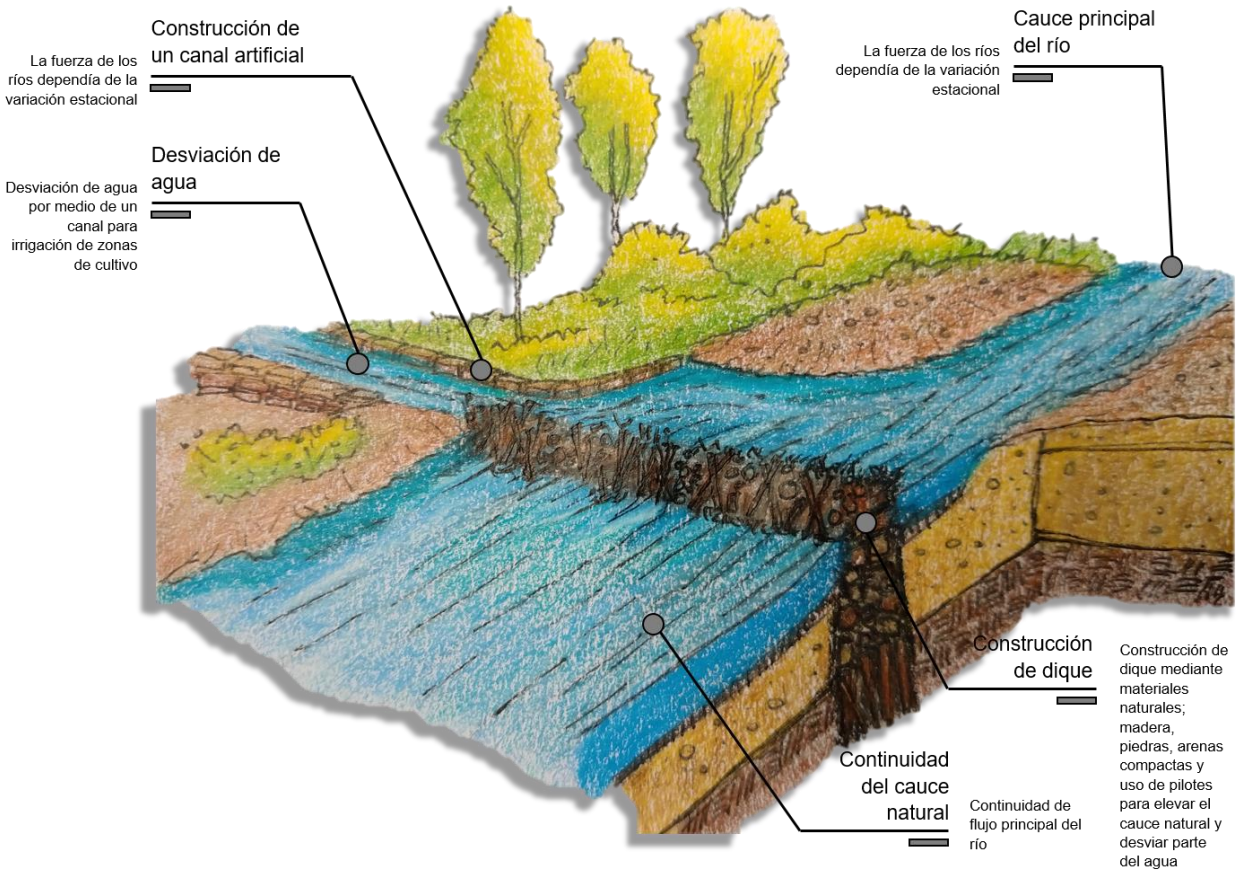


Imagen 56. Ejemplo de presa de derivación. Se observa la construcción de un dique por medio de elementos naturales que ayudan a frenar el curso natural del rio o arroyo y desviar cierta cantidad hacia un canal artificial para facilitar el riego de zonas de cultivo. Dibujo por Eduardo López Carlos.

Por la composición de este tipo de presas, se sabe que su temporalidad no era permanente, cuando el cauce de rio llevaba suficiente presión, quedaban sumergidas y provocaba que no existiera suficiente desviación de agua hacia los canales de riego.

Este tipo de cuestiones provoco que la identificación arqueológica de presas de derivación sea un trabajo difícil, son pocos los casos en los que se puede tener certeza del uso de este tipo de construcción, sin embargo, un gran ejemplo se encuentra en el *Lienzo de Zacatepec número 2,* en el que se registra la ubicación de presas de derivación, construidas sobre los ríos y arroyos pertenecientes a la zona de la Mixteca de la costa de Oaxaca. **(Ver imagen 57).**

Imagen 57. Parte del Lienzo de Zacatepec, del Códice Martínez García. Alrededor del lienzo se observan glifos de los lugares colindantes y de ríos que atraviesan el documento cruzando los límites de la región y la ubicación de presas de derivación sobre los ríos que siguen su curso natural, pero con una derivación, mediante la colocación de canales. Fuente: http://mediateca.inah.gob.mx/islandora_74/islandora/object/codice%3A669

Los azudes, de origen árabe y con significado a “regadera”, eran descritos como el inicio del recorrido total de la acequia, tenían el mismo objetivo que las presas de derivación, desviar los cauces naturales de alguna fuente natural y utilizarla para el riego temporal o permanente de una zona de cosecha.

Esta similitud también está presente en estos tipos de construcciones ya que, después de tener un control sobre el agua ejercida por los ríos o arroyos es posible llevar a cabo una distribución mediante canales o conductos que pudieran satisfacer las

necesidades del ser humano, ejerciendo el menor esfuerzo para irrigar una mayor cantidad de cultivos posibles y por lo tanto generar mayor producción alimenticia.

2.2.3. Distribución de agua

La subsistencia del ser humano implica elementos básicos para su bienestar, la alimentación es uno de los factores más importantes ya que consiste en la producción constante de nutrientes para la existencia del hombre.

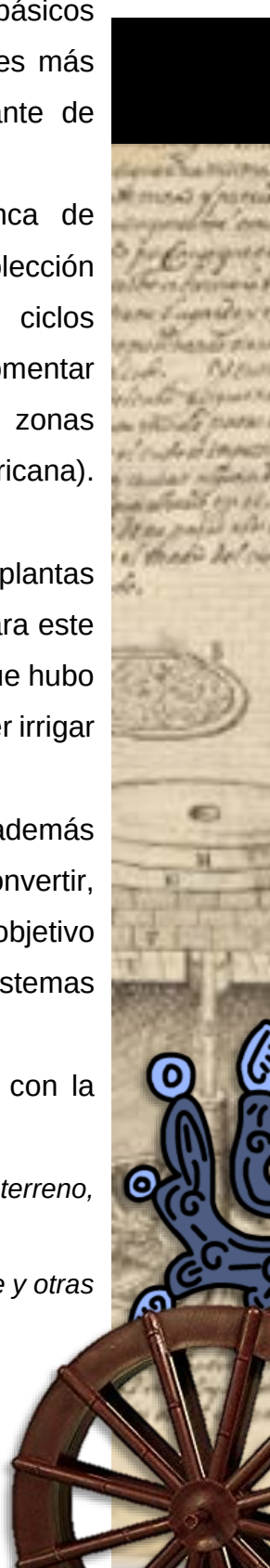
En Mesoamérica, específicamente en la cuenca de México, los primeros grupos nómadas dependían de la caza, pesca y de la recolección de plantas silvestres. Cuando se convirtieron en sedentarios, notaron los ciclos reproductivos de plantas y animales, por lo que, en ese momento se comenzó a fomentar el desarrollo de ciertas plantas comestibles en los alrededores de sus zonas habitacionales como el frijol, la calabaza y el maíz (llamada triada mesoamericana). (McClung *et al*, 2014, p. 100).

La agricultura de temporal fue el inicio de una actividad para la cosecha de plantas comestibles o medicinales, utilizando el agua de lluvia como fuente primordial para este tipo de cultivos, el único inconveniente es que este recurso no era anual, por lo que hubo una innovación tecnológica para adaptarse a este tipo de circunstancias y así poder irrigar las zonas donde estuviera la cosecha.

Como se vio anteriormente, los elementos de captación y control de agua además de ser utilizados como uso doméstico también fueron parte fundamental para convertir, junto con la construcción de canales, conjuntos ordenados con un solo objetivo específico; el riego y la canalización de agua hacia todas las zonas de cosecha, sistemas de irrigación para no depender de la temporalidad de las lluvias.

Rojas (1988) enlista las principales estrategias que se tenía en cuenta con la implementación de canales como sistemas de riego:

- *Obtención de más de una cosecha al año de plantas anuales en el mismo terreno, incremento de la superficie productiva.*
- *Cultivo de plantas que requieren humedad constante como el cacao, chile y otras hortalizas, algunos árboles frutales tropicales y algodón.*



- *Aseguramiento de la maduración de las cosechas antes del inicio de las heladas en las zonas con lluvia veraniega insuficiente, o donde ésta cae tarde.*
- *Obtención de una cosecha al año en zonas en donde la escasez de lluvia hizo impracticable el cultivo de temporal y el riego fue la única posibilidad de producir.* (p. 130)

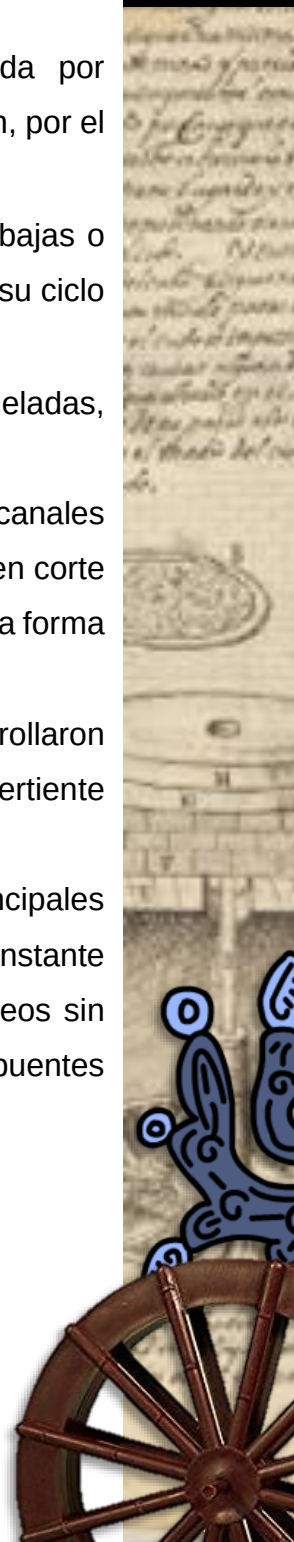
Por lo tanto, estas estrategias estaban ligadas al diseño y a la construcción de los canales, de la zona en la que se encontraban y de las características de los distintos factores naturales, como:

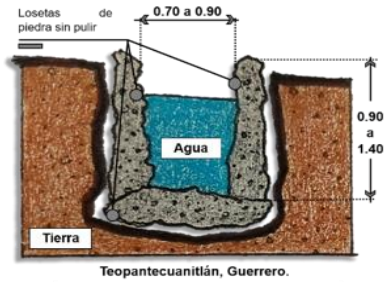
- Fuentes naturales: La cantidad de agua ejercida o acumulada por manantiales, lagunas, ríos y arroyos; por su grado de sedimentación, por el tipo de curso (superficial o encañonado).
- Las especies cultivadas: las de mayor o menor resistencia, a las bajas o altas temperaturas, a la sequía o a la humedad y de la duración de su ciclo natural.
- Del medio ambiente: el clima y la topografía, la incidencia de heladas, granizadas y de la distribución anual de las lluvias.

Doolittle (2004) establece una clasificación de acuerdo a las formas de los canales desarrollados en Mesoamérica y de sus constantes cambios cronológicamente; en corte y en forma rectangular, trapezoidal, en forma de U y escalonado. Posteriormente la forma de V. (p. 142)

Se puede destacar a la cuenca de México como el área en el que se desarrollaron estructuras hidráulicas monumentales, mientras que en la meseta central y la vertiente del Pacifico predominaban los de menor y mediana escala.

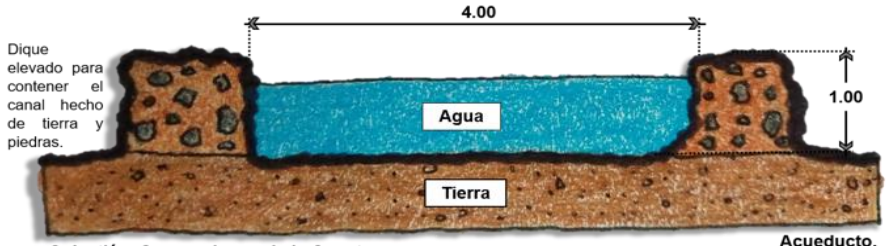
A continuación, se muestra una línea de tiempo, destacando los principales canales prehispánicos con sus respectivas características y la muestra de una constante innovación tecnológica que se produjo; iniciando con el uso de materiales pétreos sin definir y finalizando con estructuras sofisticadas que también servían como puentes peatonales para poderse comunicar de un lado a otro.



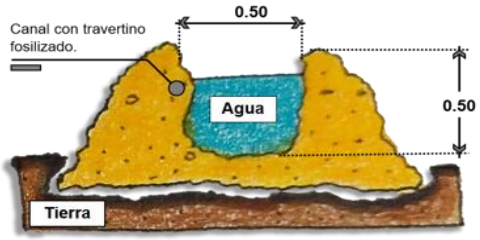


Teopantecuanitlán, Guerrero.

1200 a 1000 A.C.

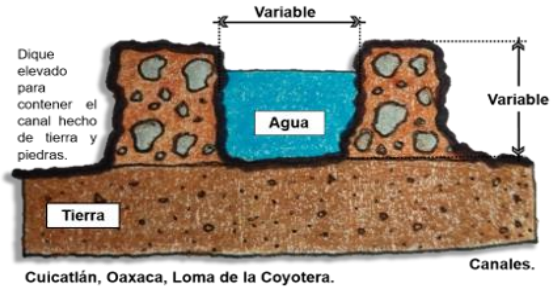


Cuicatlán, Oaxaca, Loma de la Coyotera. Acueducto.



Canal Primario Hierve el Agua, Oaxaca.

400 a 300 A.C.

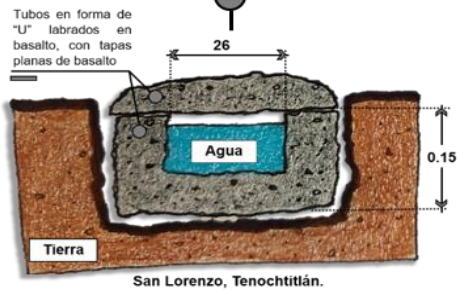


Cuicatlán, Oaxaca, Loma de la Coyotera. Canales.

300 A.C.

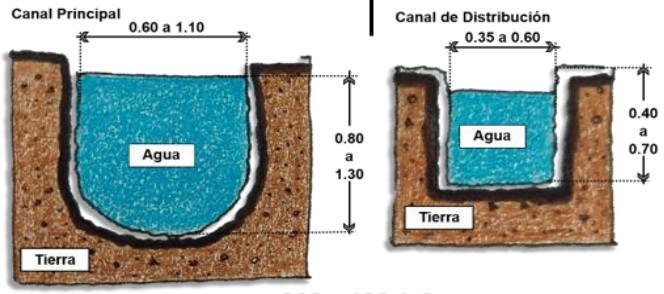
1200 A.C. a 350 A.C. **Experimentación**

350 A.C a 800 D.C. **Maduración**



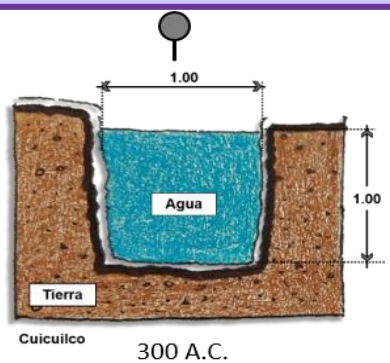
San Lorenzo, Tenochtitlán.

1000 a 900 A.C.



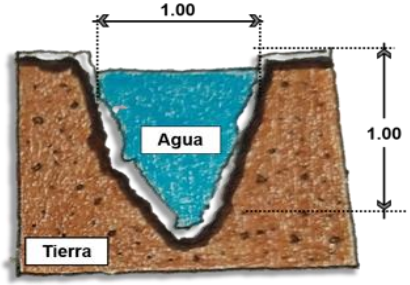
Tlaxcala

800 a 400 A.C.



Cuicuilco

300 A.C.



Otumba I, Edo. Méx.

300 A.C.

Gráfico 7. Esquemas de acequias prehispánicas basados en los datos de Willian E. Doolitle, e interpretados por parte de Alejandro Jiménez Vaca en su libro, Las acequias en la cuenca de México. Re dibujo por Eduardo López Carlos.

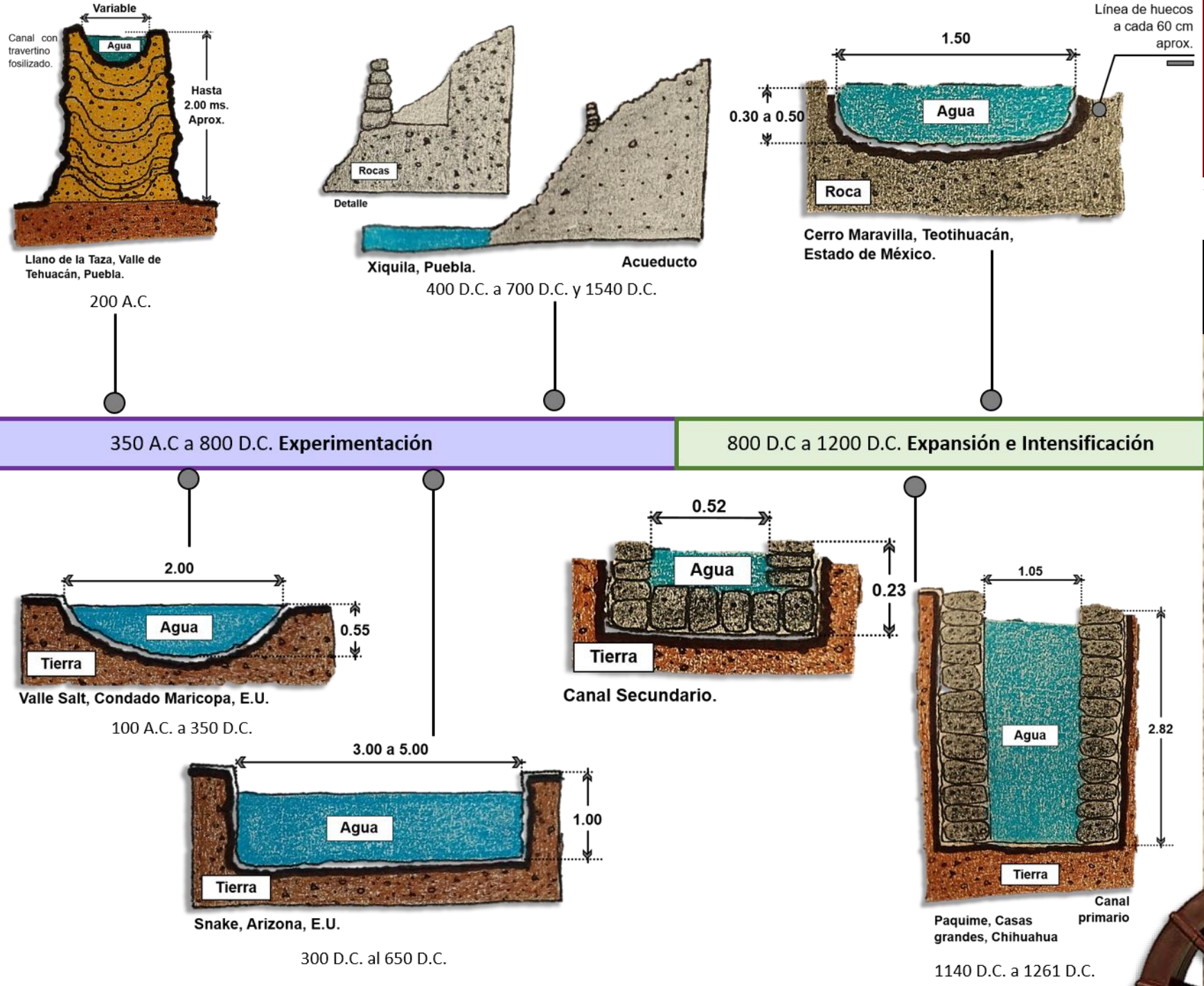
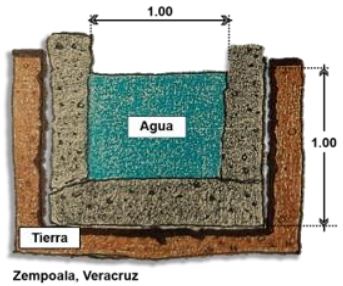
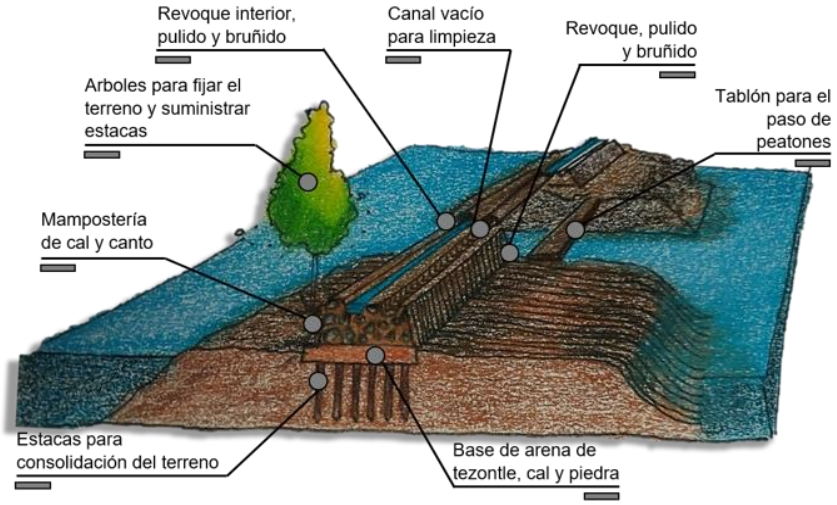


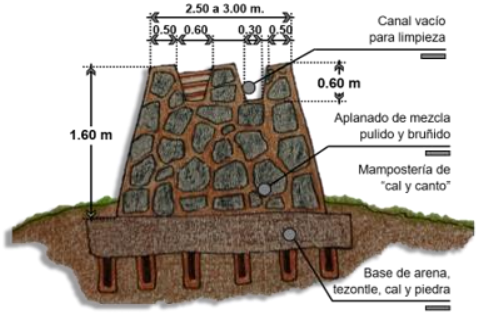
Gráfico 7.1. Esquemas de acequias prehispánicas basados en los datos de Willian E. Doolitle, e interpretados por parte de Alejandro Jiménez Vaca en su libro, Las acequias en la cuenca de México. Re dibujo por Eduardo López Carlos.

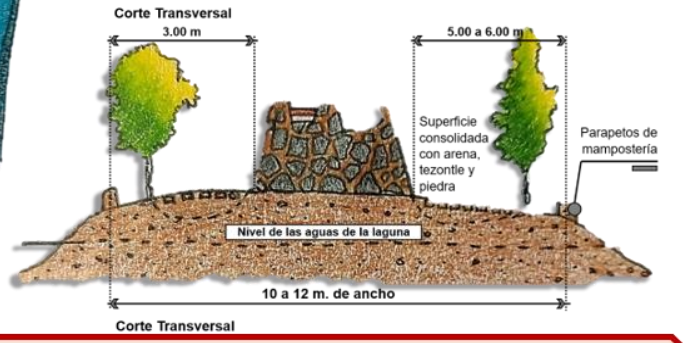


Siglo XV D.C.

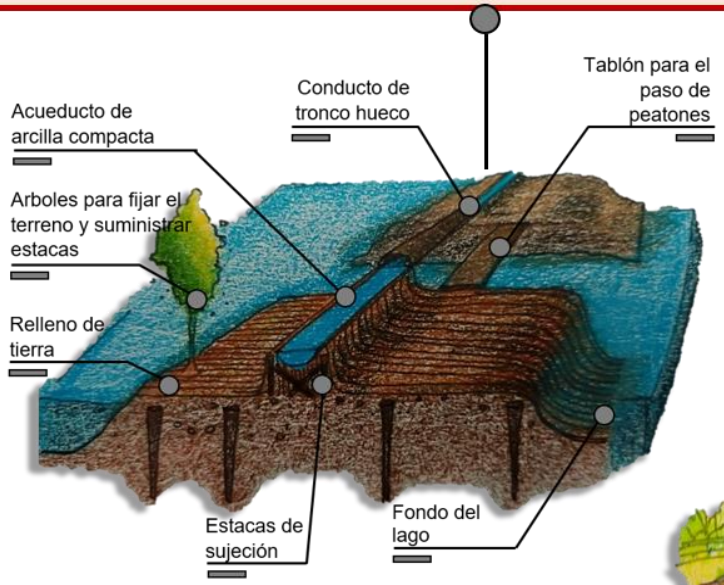


Acueducto de Chapultepec con un dos canales

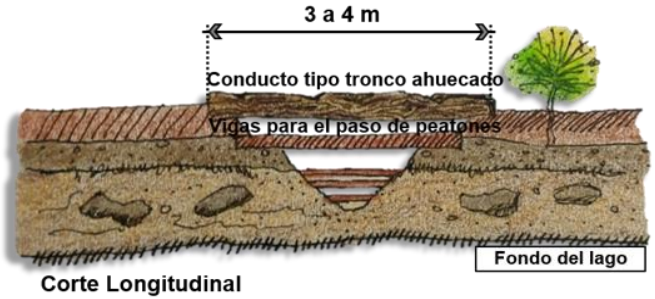




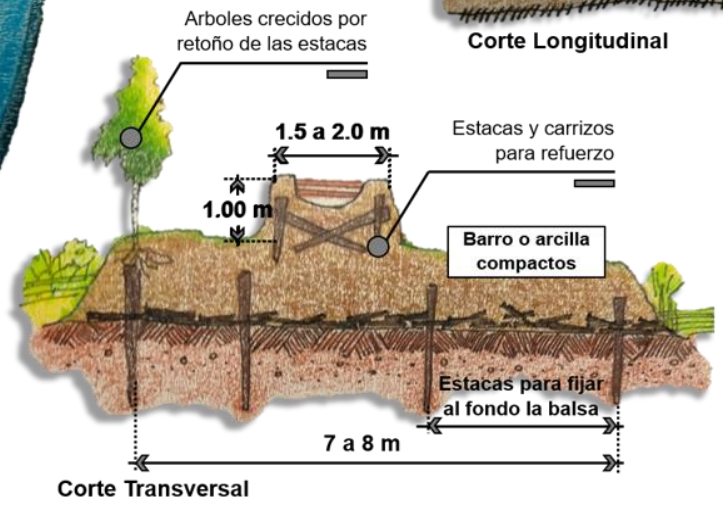
1200 D.C. a 1520 D.C. **Edad de oro**



Primer acueducto de Chapultepec con un solo canal



Corte Longitudinal



Corte Transversal

Gráfico 7.2. Esquemas de acequias prehispánicas basados en los datos de Willian E. Doolitle, e interpretados por parte de Alejandro Jiménez Vaca en su libro, Las acequias en la cuenca de México. Re dibujo por Eduardo López Carlos.

Estos sistemas se pueden agrupar considerando el tipo de fuente de agua alimentadora y de los distintos métodos de distribución.

2.2.3.1. Sistemas de irrigación permanente por medio de canales a través de manantiales y ríos perennes

Como su nombre lo indica, este tipo de sistema fue alimentado por la continuidad de agua suministrada en manantiales, ríos y arroyos. Las ubicaciones de estas instalaciones corrían por las partes bajas y llanas de los valles y consistían primordialmente por presas, canales de tierra, piedra y un recubrimiento a base de estuco.

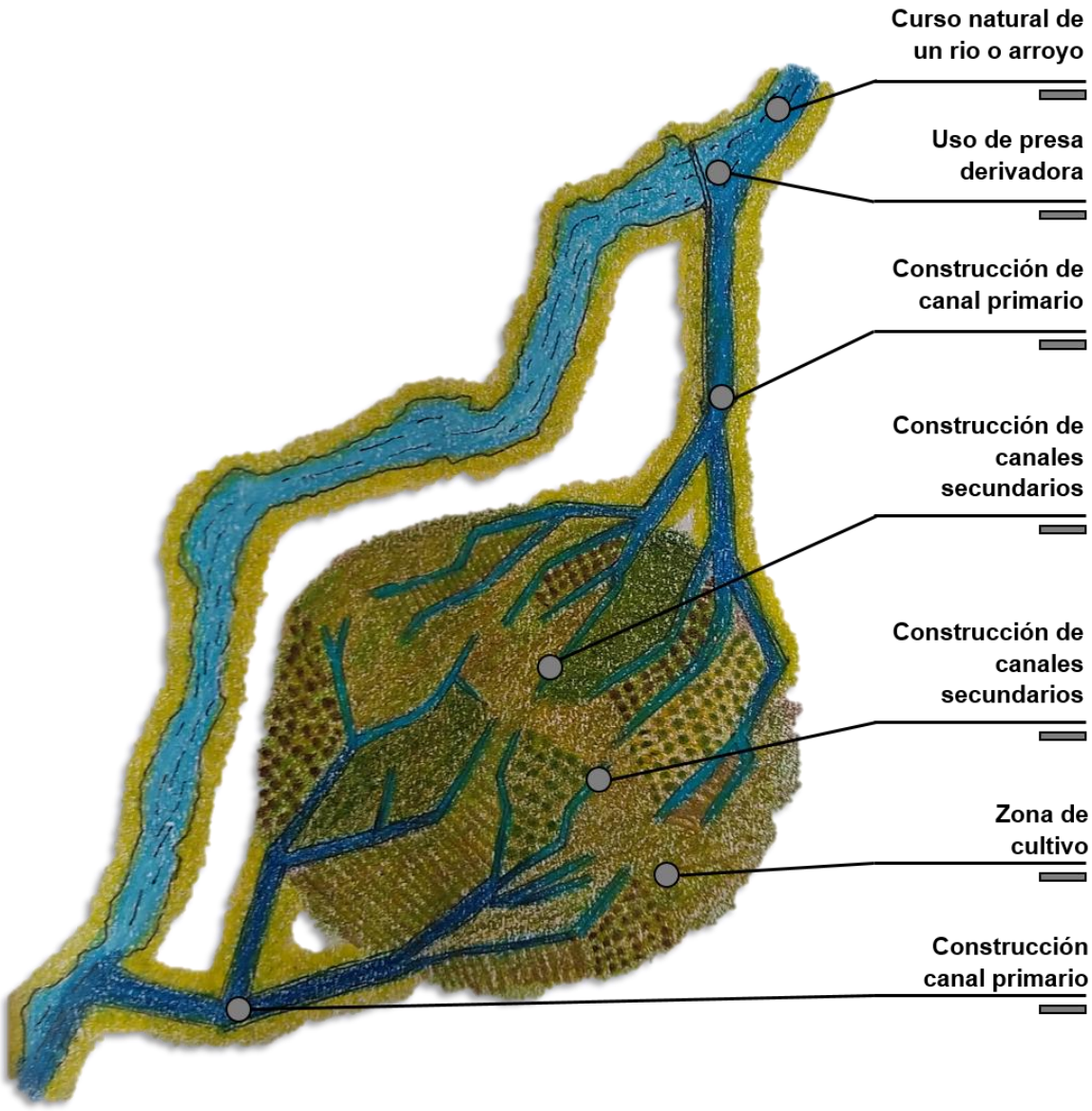


Imagen 58. Ejemplo de un sistema de irrigación permanente por medio de fuentes permanentes de agua y la construcción de presas derivadoras, canales primarios y secundarios. Dibujo por Eduardo López Carlos.

Palerm (1973) hace una descripción sobre este tipo de sistemas:

> *"El agua era capturada en su mismo nacimiento, usando con frecuencia "cajas" para regular el flujo enviado por los canales, y también a veces para elevar el nivel del agua y regar mayor cantidad de tierra. Del canal principal partía una red de distribución de pequeños depósitos secundarios de almacenamiento y regulación del agua. Muchos de estos canales y depósitos se impermeabilizaron con estuco y calicanto. La quebrada topográfica de estas zonas hizo necesario, en muchos casos, construir acueductos para salvar barrancas y grandes desniveles, para ello fue preciso levantar enormes taludes de piedra y tierra, que constituyen todavía uno de los rasgos más prominentes y visibles de estos sistemas de riego."* (p. 20).

Como podemos observar en la **imagen 58**, este tipo de sistemas podían proporcionar agua durante todo el año y aumentar el caudal en temporadas de lluvia hacia los campos donde se ubicaban las cosechas.

Un claro ejemplo de este tipo de infraestructura hidráulica se encontraba en la región de Acolhuacan y que más adelante se profundizara ya que es uno de los principales ejemplos que se quieren mostrar en esta investigación, sin embargo, es necesario describir su proceso tecnológico.

> *"Rio principal y caudaloso no hay ninguno en esta ciudad [Texcoco] ni cerca de ella, porque los arroyos de agua que corren por ella apenas pueden llegar a la laguna en tiempo de secas. Aun para esto fue menester incorporar y reducir en uno muchas fuentes de sus propios nacimientos, quitándolos de sus cursos y corrientes naturales, recogiéndolos en caños, y acequias que para ellos hicieron Nezahualcoyotzin y Nezahualpiltzintli…"* Pomar (1582, p. 53).

Haciendo referencia a estos sistemas de riego permanentes eran utilizados mediante presas, uso de canales como desviación de agua y redes de acequias o de apantles (nombre que se les designaba a este tipo de construcciones de procedencia náhuatl) distribuyendo el agua por gravedad y que a lo largo de su curso también podía ser aprovechado para uso doméstico.

Otro claro ejemplo de este tipo de sistema prehispánico era el del rio Teotihuacán ubicado al oriente de la cuenca de México, mucho antes de la época de la cultura azteca y que tiene su origen en los manantiales que brotaban en las cercanías del actual pueblo de san Juan Teotihuacán. Rojas (1988, p. 137).

2.2.3.2. Sistemas de irrigación de temporal por ríos permanentes

En este tipo de sistemas, el factor más importante era el clima, en la cuenca de México durante los meses de mayo a julio y de septiembre a octubre las temporadas de lluvias eran primordiales para la cosecha mientras que las heladas se presentaban de octubre a marzo. Con el conocimiento de estas fechas se establecían periodos para la siembra de diversas cosechas (marzo o abril) y posteriormente utilizar estos sistemas para dotar de agua a estos cultivos.

Este tipo de sistemas estaban constituidos por presas efímeras (vistas con anterioridad), que servían como sistema de almacenamiento temporal, constituidas básicamente por materia orgánica (tierra, hojas, pedazos de troncos, varas, piedras) ubicados en las faldas iniciales de un monte, conocido específicamente como somontano o en las llanuras. La colocación era perpendicular al sentido del rio permanente con el objetivo de desviar el cauce natural del rio y alimentar a los canales secundarios.

En los Anales de Cuauhtitlan se hace una descripción sobre la desviación del curso natural de un río para poder irrigar las cementeras y huertas ubicadas en esa región, por lo tanto, la presa estaba hecha a base de barro y tenía que estar en constante reparación cada año, principalmente en las temporadas de “secas”.

> *“…el agua de dicho rio era muy caudaloso y de mucha agua…y…al tiempo de (los indios) tenían necesidad que usasen de sus riegos, lo cal hacían y habían hecho siempre en tiempo de seca que querían sembrar y respecto de que todas las tierras que sembraban eran bajas y unidas, solamente las regaban una vez para labrarlas y no había menester la dicha agua antes ni después.., en tiempo de las aguas nunca tenían presa ni agua en sus acequias y lo que hacían era que en cada un año se juntaban diez mil indios en el tiempo de la seca a hacer la dicha presa de barro y muchas veces no la acababan y se quedaban sin regar y de aquella manera se quedaban sin ninguna agua...”* (AGN, Tierras, vol. 2684.f. 9r)

Durante las temporadas de secas se disponía a dar mantenimiento y limpieza a todos los canales de comunicación con el fin de sustraer abono (materia orgánica que sirve de nutriente para los cultivos y dar un mayor incremento a las cosechas). Rojas (1988, p. 138).

Por lo tanto, estos sistemas hidráulicos efímeros, en temporadas de secas pasaban a ser zonas de cultivo por su gran cantidad de fertilizante, según Molina (1970) "*Las presas temporales han servido para abonar las parcelas con el atoctle (tierra gruesa, humida y fértil)".*

Sahagún (1975) da otro termino para este tipo de abono, *"No hay otra manera de tierra fértil donde se hace muy bien el maíz y el trigo, llamada quauhtlalli, quiere decir, tierra que esta estercolada con maderos podridos; es tierra suelta amarilla y hueca.* (p. 702; lib.11, ap.12, parr.3)

Independientemente del termino asignado para este fertilizante natural, se contribuyó a la innovación de procesos técnicos para re utilizar estos sistemas hidráulicos efímeros y aprovecharlos para la continuidad de cosechas en las temporadas donde el agua no era la principal fuente de abastecimiento.

Imagen 59. Preparación de almácigos de flores. Uso de la coa o uictli de hoja, siembra y plantas; uso de cántaro para irrigar a mano. Re dibujo por Eduardo López Carlos tomado del Códice Florentino, lib. XI. f. 198v.

En la **imagen 59** se observa un ejemplo del uso de fertilizantes naturales para poder cosechar plantas o diversos tipos de semillas para siembra, esto puede ayudar a imaginar cómo es que se realizaba este tipo de procesos técnicos para el aprovechamiento de materia orgánica constituida en los canales secundarios de riego.

2.2.3.3. Sistemas de irrigación de temporal por inundación

El objetivo principal de este tipo de irrigaciones, como se ha explicado con anterioridad era el de distribuir de manera artificial el agua de corrientes que se creaban por temporalidad sobre un área determinada. Por lo tanto, la característica primordial era obstaculizar y distribuir cierta cantidad de agua proveniente de la captación pluvial para poder elevarla y posteriormente ser distribuida directamente a los terrenos con siembras o a los canales secundarios.

Este tipo de sistema o también conocido como “derramaderos” se ubicaban en las laderas montañosas, ubicación estratégica para la elaboración de presas y canales efímeros y que hoy en día resulta difícil conocer la ubicación exacta, sin embargo, los

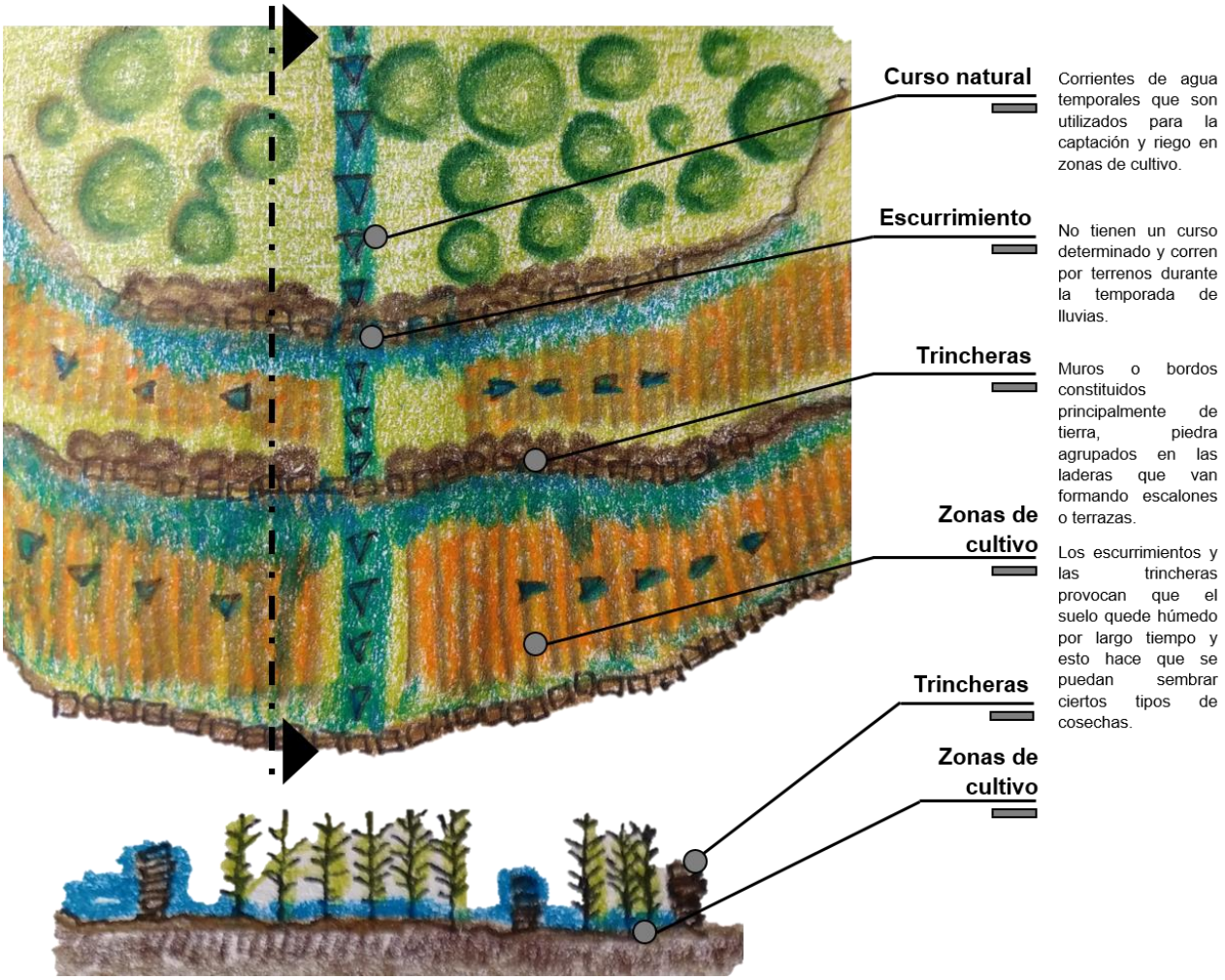


Imagen 60. Interpretación de un sistema de irrigación temporal sin uso de canales. De acuerdo a los descrito por Rojas y Sanders. En el primer esquema se aprecia este sistema visto en planta, el segundo representa un corte transversal.

vestigios de estacas y los restos de evidencia de canales hacen posible tener una respuesta clara.

Este tipo de sistemas pueden presentar variaciones dependiendo de la ubicación de este sistema o por el tipo de construcción. Para el primer caso **(Ver imagen 60)** están los sistemas sin canales, constituidos por bordos, muros o trincheras que eran elaborados por tierra, piedra y palos que estaban agrupados y localizados en las faldas de una montaña o meseta para formar escalones o terrazas productos de la acumulación de sedimentos orgánicos. Rojas, Sander (1985, p. 203).

Para el segundo caso **(Imagen 61)**, constituido por canales, estaba elaborado a través de presas derivadoras constituidas principalmente de piedra suelta, mampostería o en algunos casos por tierra y ubicadas a lo ancho de las corrientes naturales para

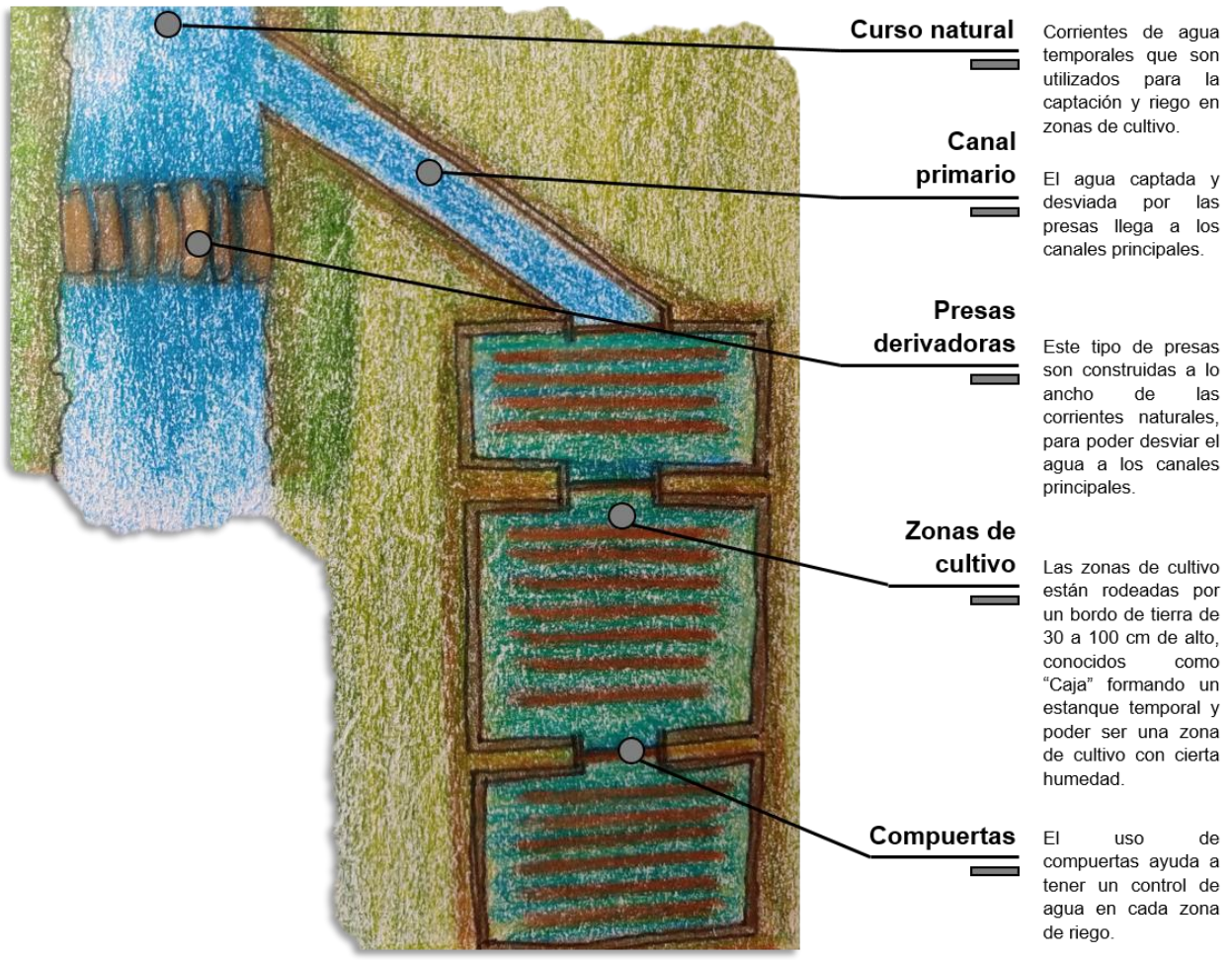


Imagen 61. Interpretación de un sistema de irrigación temporal con uso de canales. Según lo descrito por Rojas y Sanders. Dibujo por Eduardo López Carlos.

permitir la captación de aguas pluviales y que posteriormente eran dirigidas hacia los canales secundarios. Según Charlton:

> *"…requiere una combinación de barrancas poco profundas, suelos gruesos (por lo menos de 50 cm y de preferencia de 1 m.) y terrenos planos o con poca pendiente"* (1970, p. 278).

En los terrenos donde se encontraba el cultivo se tenían que delimitar por medio de bordos constituidos de tierra de 30 a 100 cm de alto, conocidos como "caja" mientas que para el sistema en conjunto se le llamaba "presa y caja". Este sistema permitía la creación de un estanque temporal y que el llenado se realizara por niveles; primero se llenaba o almacenaba el agua en una primera caja, una vez alimentadas las zonas de siembra y alcanzando el nivel del agua en la barranca, se deja caer a la siguiente caja, ya sea por gravedad o por el control a través del uso de compuertas.

Estos sistemas, al igual que los que se mencionaron anteriormente se les daban mantenimiento en las temporadas de secas, el trabajo era colaborativo en el caso de las presas y para los canales primarios, mientras que, para los canales ubicados en las parcelas, el trabajo de mantenimiento se realizaba por cada agricultor.

2.2.3.4. Sistemas de riego a brazo

Las zonas en donde se practicaba este sistema de riego era específicamente en lugares con alto nivel friático (áreas en donde el agua se encuentra a poca distancia de la superficie de terreno) por lo tanto era posible excavar pequeños surcos, zanjas o mejor conocidos como *cajetes* (de acuerdo al diccionario de la lengua española proviene del náhuatl *caxilt* y que significa escudilla, hueco u hoyo en la tierra, que se utiliza para plantar). RAE

El objetivo de este tipo de sistema es que el suelo se conservaba húmedo, pero no tanto como para impedir el crecimiento de los cultivos. Cuando se presentaba la temporada de secas era necesario irrigarlos con ayuda de diversos recipientes como; jarros, bateas, jícaras, cubos, entre otros, constituidos por barro o madera.

Este trabajo al ser uno de los más eficaces en cuanto al uso del agua también era un método con una gran inversión laboral. El área ocupada para este método no era de grandes dimensiones, las semillas eran esparcidas entre los campos de temporal.

representando el 10% de toda la tierra cultivada produciendo verduras y flores como la jícama, tomate, jitomate, frijol, chile, maíz para elote y flores diversas. Rojas, Sander (1985, p. 206).

En la cuenca de Pátzcuaro se hacía uso de otros instrumentos como palas para poder cosechar a grandes cantidades, de acuerdo con Rojas (1988)

> *"las palas constan de dos piezas y tienen un mango muy largo, cerca de 3 m, se apoyan en pares de palos colocados horizontalmente sobre las zanjas abiertas perpendicularmente a la orilla del lago para, con un movimiento de palanca, elevar el agua e irrigar las plantas cercanas, o bien vaciar su contenido a un canal que lo reparte más ampliamente a las parcelas por medio de canalitos".* (p. 146).

Las herramientas de uso manual eran importantes para la producción de cosechas, ayudaban a dar mejoramiento a la tierra y a ser una manera más eficaz en el trabajo arduo, más adelante se harán mención de las diversas herramientas que se requerían para la irrigación como se muestra en la **imagen 62**.

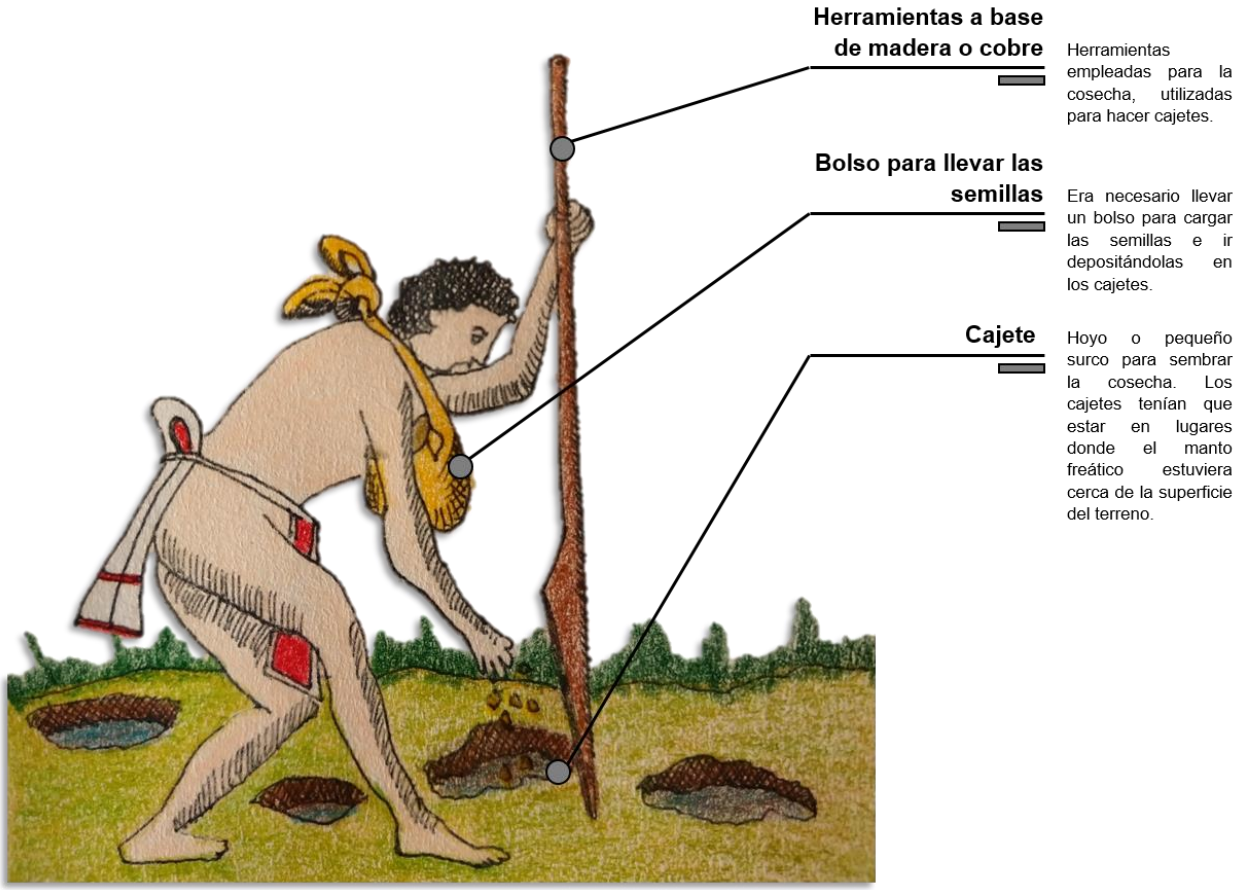


Imagen 62. Siembra de maíz en hoyos, surcos o cajetes hechos por medio de herramientas de madera. Códice Florentino, lib. 4, cap. 38, f. 72v. Redibujo por Eduardo López Carlos.

2.2.3.5. Sistemas de riego permanente

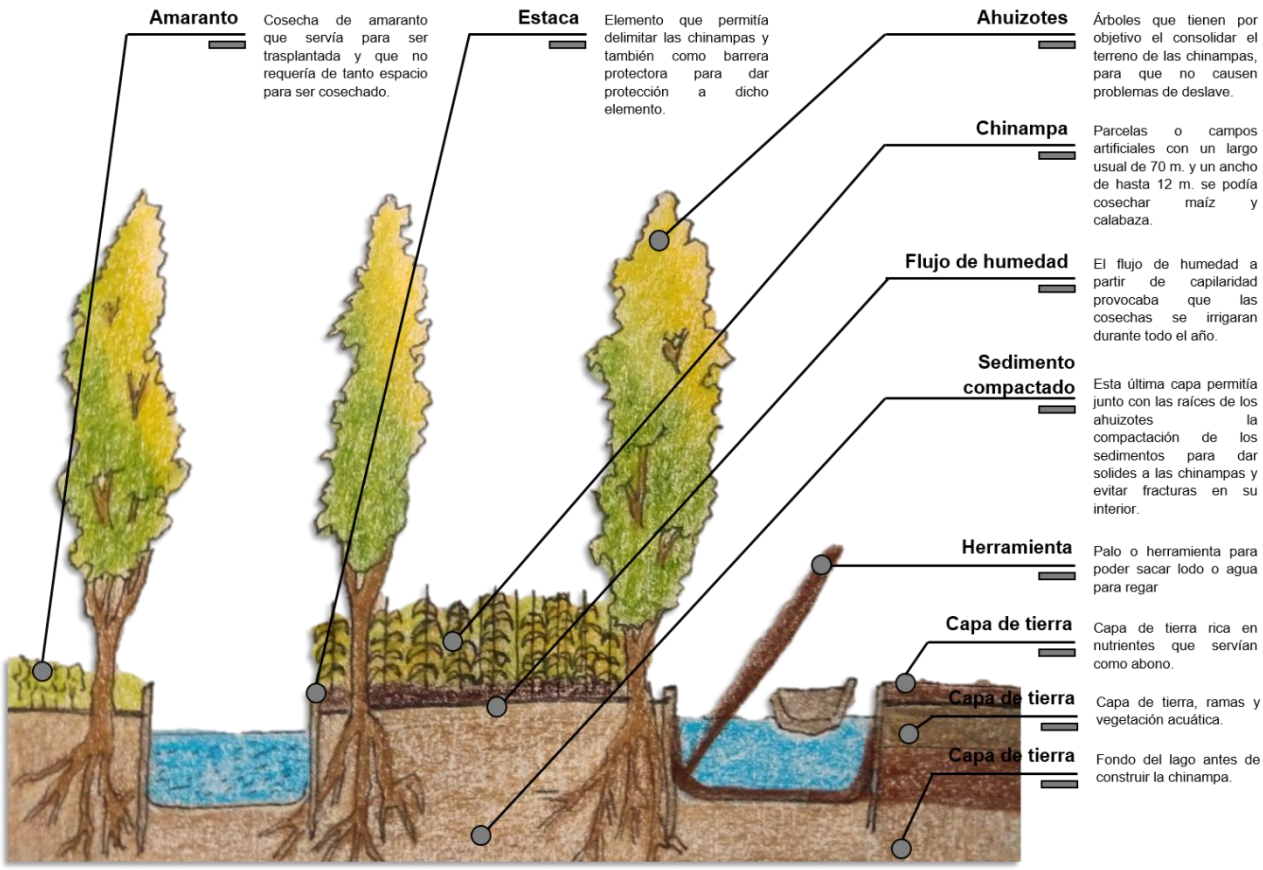


Imagen 63. Ejemplo de corte esquemático de una chinampa y sus características principales. Fuente: https://www.jornada.com.mx/2001/07/25/tradicion.html Redibujo por Eduardo López Carlos.

Las chinampas o también conocidos como campos drenados y/o elevados según González, Torres (2014)

> *"Porción de tierra fértil hecha con troncos, raíces y […] rodeada de agua, construida por la mano del hombre en lagunas, canales y pantanos, [de forma rectangular] y […] rodeadas por hileras de árboles llamados ahuizotes, mismos que sirven para mantener a las chinampas fijas"* (p. 702).

Por lo tanto, este tipo de sistemas de riego o parcelas artificiales en forma de islote tenían constante contacto con el agua (por medio de capilaridad) y eran alimentados por canales ubicados a los lados de la chinampa o también rodeados. La presencia de este tipo de sistema fue característica en la cuenca de México.

El uso constante de humedad en estos sistemas produjo que las tierras se volvieran más fértiles y que la creación de lodos tuvieran gran cantidad de materia orgánica y nutrientes que servían para las cosechas.

Se puede diferenciar dos métodos de formación para estos islotes; en lagunas y ciénagas con una constante permanencia, creando islotes y abriendo zanjas para el drenaje y la conjunción de céspedes, mientas que para las zonas mal drenadas se realizaban excavaciones de zanjas para formar y delimitar los campos, después se acumulaba y esparcía la tierra y lodo de ellas para después elevarlas y llegar por encima del nivel de agua.

> *"El componente productivo muestra el uso de técnicas de las chinampas productivas y diversificadas con el cultivo sobre frijol, calabaza, maíz, tomate, jitomate, chile pasilla, chilacayote, quelites, huauzontles, alegría y chía. Estos se rotan cada periodo productivo, con la llegada de los españoles se integraron nuevos cultivos como las hortalizas".* González, Torres (2014, p.703).

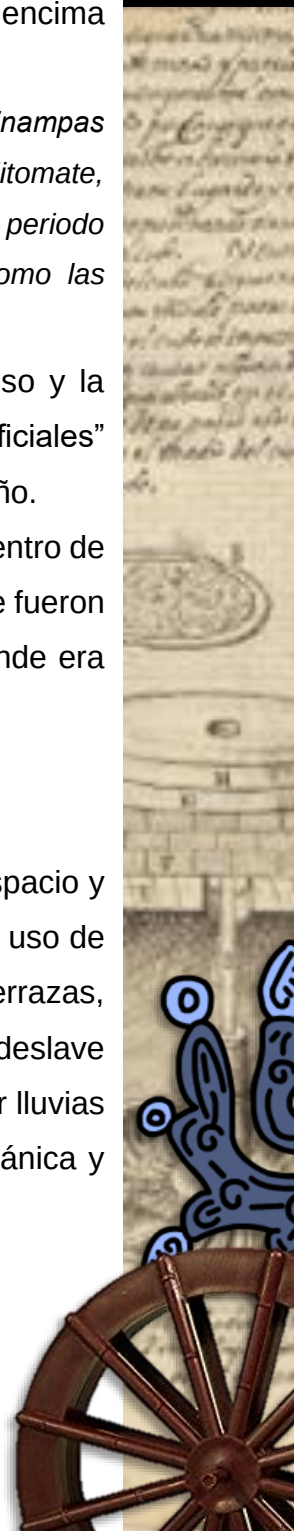
Como se puede apreciar, en este tipo de sistema se integra tanto el uso y la captación del agua, como el manejo de tierras para poder crear estos "islotes artificiales" que pudieran contener áreas para la siembra de cosechas durante casi todo el año.

A continuación, se verán otros tres casos que ya no están contemplados dentro de la categoría de distribución de agua, pero que son importantes de describir ya que fueron elementales para conocer cómo es que se trabajaba la tierra en lugares en donde era difícil realizar una cosecha adecuada.

2.2.4. Metepantles y Terrazas

Este tipo de estructuras fueron creadas en terrenos donde existía poco espacio y declives o grandes pendientes en el lugar, su objetivo principal era intensificar el uso de tierras para la cosecha, por lo tanto, era necesario la construcción de terrazas, metepantles y presas que permitieran dar soporte a estos suelos y no permitir el deslave de estos, aumentar el grosor del suelo y obtener un suelo húmedo provocado por lluvias o por sistemas de irrigación, creando un perfecto abono a base de materia orgánica y lista para ser utilizada en las cosechas.

Como lo indica Rojas, Sander.



"La distribución de este tipo de construcción en Mesoamérica, al igual que en el resto del Nuevo Mundo, no está solo relacionada con la topografía sino también con el régimen de lluvias…al menos un 85% del área total tarraceada en la América precolombina tiene un promedio anual de precipitación de 900 mm o menos…

Esto implica que la terraza es una técnica cuya función esencial es la conservación y el manejo del agua y de la humedad…la mayoría de las terrazas se diseñaron aparentemente para enfrentarse a las principales desventajas que para el cultivo tienen las laderas con una marcada estación seca: suelos delgados y con humedad insuficiente." (1985, p. 188).

Dependiendo de las características del terreno, principalmente de la pendiente que existía en el lugar, se podían utilizar las terrazas de ladera, las presas que estaban construidas en barrancas y los metepantles.

2.2.4.1 Metepantles

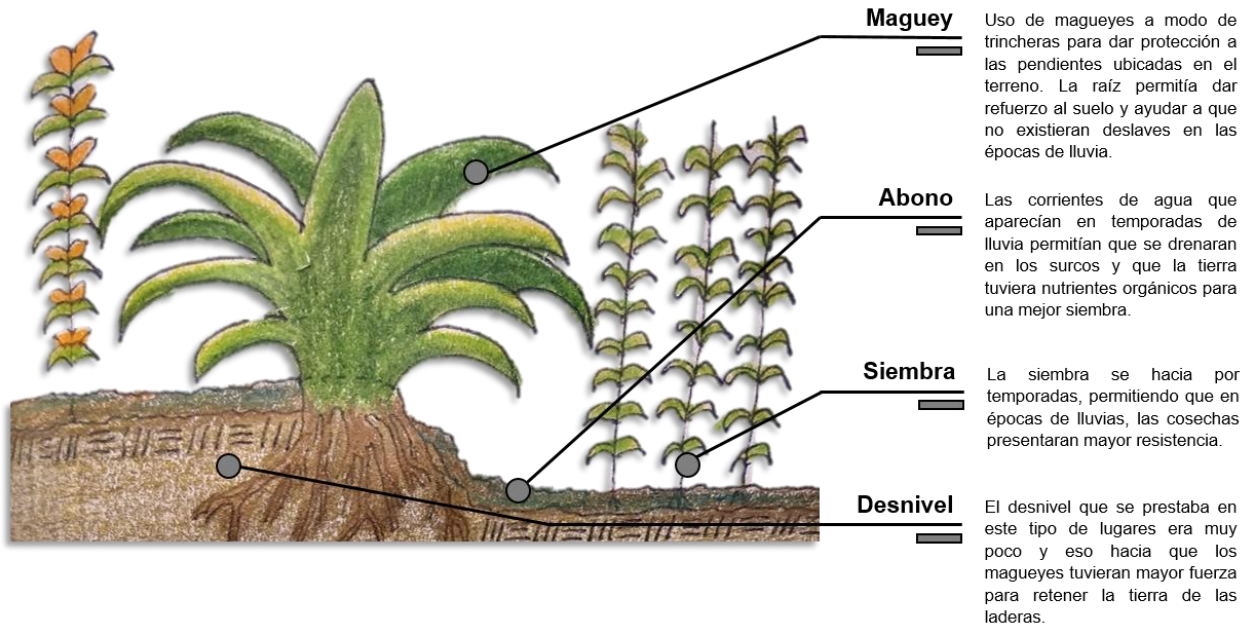


Imagen 64. Reinterpretación de un metepantle. Corte esquemático. Dibujo por Eduardo López Carlos.

Los metepantles eran semiterrazas a base de plantas o mejor conocidos como magueyes (en ocasiones se colocaban nopales o árboles frutales) que estaban colocados en hileras, ya sean sencillas o dobles para dar refuerzo a los terrenos con ayuda de las raíces que producían estos. Posterior a la colocación de magueyes, se realizaban zanjas tanto en la parte superior como la inferior de la semiterraza para que, cuando comenzaran

las etapas de lluvias el agua pudiera retenerse en esos canales, frenar su curso y evitar el deslave que se podía producir en esos desniveles.

Lo importante de estos canales era que la tierra adquiría propiedades benéficas, creación de abonos naturales con ayuda de la humedad del agua para una perfecta cosecha en tiempos de secas, por lo tanto, los metepantles eran de temporal. **(Ver imagen 64)**

2.2.4.2 Terrazas de ladera

La característica principal de este tipo de terrazas es que los muros estaban constituidos a base de piedra, bloques de tepetate o en ocasiones de solo tierra compactada y con una cubierta de pasto. Cuando el muro es doble o triple se rellena con cascajo, como se puede visualizar en la **Imagen 65**. En ocasiones era necesario excavar el terreno original para poder nivelar la superficie de cultivo y constituir zanjas o canales para dar salida al agua producida por la lluvia, evitando las inundaciones, deslaves en las terrazas y para la irrigación de las cosechas. Rojas (1988, p. 119).

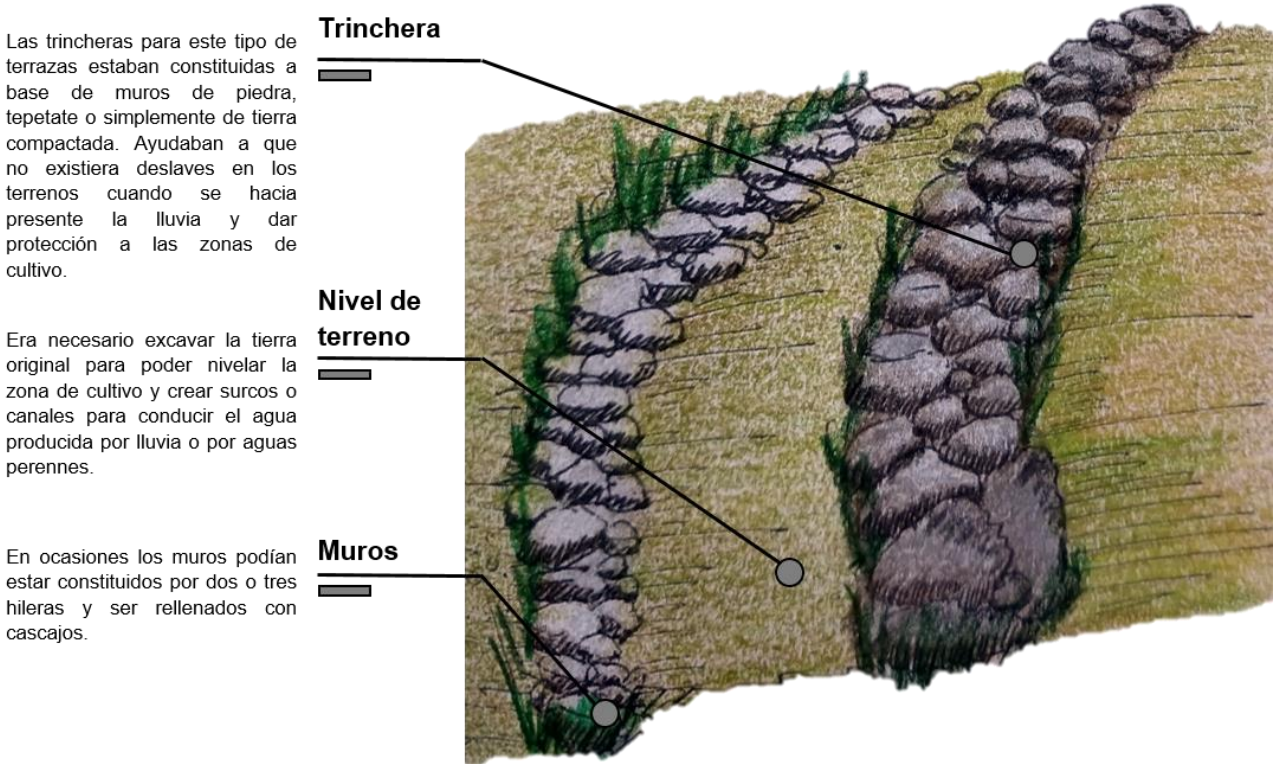


Imagen 65. Reinterpretación de una terraza tipo ladera. Dibujo por Eduardo López Carlos.

2.3. Casos análogos en Mesoamérica

Existen diversas investigaciones sobre ejemplos de vestigios de irrigación que aún se conservan o se pueden ver a simple vista en toda la república mexicana. Para esta investigación se quiere dar a conocer dos casos análogos que están ubicados en la región Acolhuacan, área en la que se está realizando esta investigación y que pretende conocer el uso de sistemas hidráulicos prehispánicos como herramienta primordial para el accionamiento de maquinarias hidráulicas europeas que se establecieron en un principio dentro de las haciendas dedicadas a la producción de harina.

2.3.1. Teotihuacán como sistema de riego permanente

En la zona de Teotihuacán, ubicada al norte de la región Acolhuacan, se ubicaba uno de los principales ríos (Teotihuacán) que dotaba de agua a toda esa área permitiendo el riego constante para las zonas de cultivo, así como de la construcción de chinampas ubicadas en los nacimientos de manantiales y finalizando su curso hidráulico en el lago de Texcoco. Este tipo de alimentación era de gran importancia ya que sirvió de riego desde tiempos de la cultura Tolteca (100 d.C.).

Es necesario describir que este tipo de sistema hidráulico, no solo dotaba de agua a las diversas zonas de cultivo, también se utilizaba para el uso de recreaciones utilizadas por los gobernantes prehispánicos.

> *"…y otro rio que nace de las fuentes de Teotihuacán, que así mismo Nezahualcóyotl saco de su vía y trujo una casa de placer como a un cuarto de legua de esta ciudad (Texcoco), que llaman como Acatetelco".* Pomar (1941, p. 153).

El río medía unos diez kilómetros desde el nacimiento de los manantiales hasta la orilla del lago de Texcoco es por eso que, durante este curso, se crearon acequias para irrigar no solo las tierras de Teotihuacán, sino, de Acolman, Tepexpan y Tequisistlán, poblados ubicados al sur de la región Acolhuacan. Rojas (2009, p. 79).

Otras fuentes que permiten justificar este tipo de irrigación es la Relación de Acolman, de Tepexpan y de Tequisistlán, respectivamente en donde se describe:

> *"Está asentado la cabecera de Aculman en un llano, al pie de una loma llana: es raso. No tiene ninguna fuente; pasa por el dicho pueblo, el rio que dicen de San Juan, dividido en tres acequias de agua, con quien riegan grandes pedazos de tierra, casi de*

una legua en largo y media de ancho; es fértil de pastos y de mantenimientos" Acuña (1985, p. 224).

"El temple y calidad de la cabecera de Tepexpan es frio y húmedo por estar asentado en bajo la mayor parte él, y entre acequias de agua…por la cabecera pasa el rio que llaman de San Juan". (Ibídem, p. 244).

"Su asiento y sitio es un llano bajo, entre acequias de agua, muy cerca de la laguna…pasa por la parte de lavante del dicho pueblo de Tequizistlan, el río que llaman de San Juan, en una acequia honda dos tiros de arcabuz del dicho pueblo, riegan con la casi media legua de tierra". (Ibídem, p. 243).

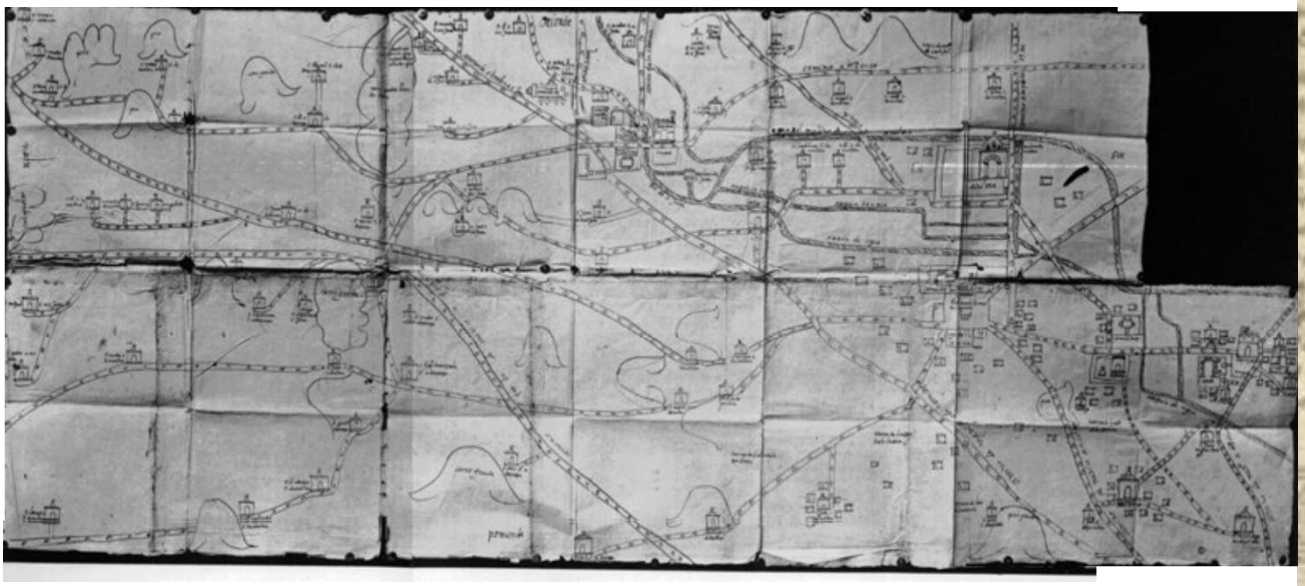


Imagen 66. Mapa de Tecciiztlan, Acolman, Teotihucan Tepechpan, corregimiento de Tecciztlan, Arzobispado de México, 1580, reprografía.
Fuente: https://mediateca.inah.gob.mx/islandora_74/islandora/object/fotografia%3A285065?language=en
En dicho mapa se aprecia el poblado de Teotihuacan (centro) localizado en el somontano de las llanuras y del nacimiento del rio Teotihuacán o San Juan, del lado derecho e izquierdo se encuentra el poblado de Acolman mientras que Tepexpan está entre Teotihuacán y Acolman del lado izquierdo.

2.3.2. Sistema de riego temporal en Tepetlaoztoc

Para este caso análogo se sabe, a través de investigaciones arqueológicas que existen vestigios sobre presas efímeras en pequeña escala las cuales ayudaban a irrigar los campos de cosecha en temporadas de lluvia, ya sea por inundación o por construcción de canales temporales.

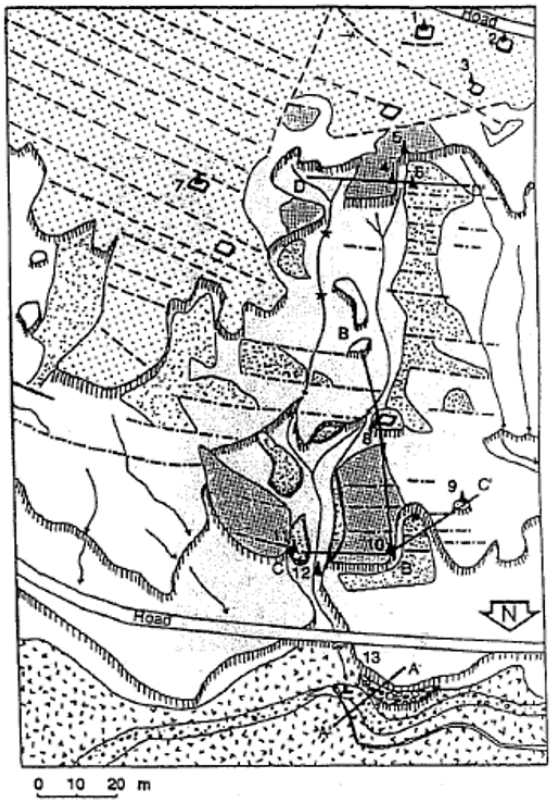


Imagen 67. Mapa de presa efímera en Tepetlaoztoc.
Reconstrucción hipotética según Carlos Cordova, 1997.

2.4. Los tipos de cosechas en los sistemas hidráulicos

Anteriormente se analizaron los distintos tipos de sistemas de irrigación que existían en gran parte de Mesoamérica y que fueron utilizados para dotar de agua a todas las zonas de cultivo, por lo tanto, es necesario conocer cuáles eran las principales cosechas, semillas o plantas que caracterizaron a esta región y que dio paso al uso y creación de herramientas que les permitieran facilitar el trabajo del hombre para la siembra o para facilitar el consumo.

Los cultivos que fueron más conocidos e importantes fue el frijol, la calabaza, el tomate, el chile y el maíz como fuente primordial y esencial en toda Mesoamérica.

El término maíz como lo indica Terán (2008)

> *"…es de origen antillano, en náhuatl se le llama centli o tlautli y desde su domesticación paso a formar parte de la alimentación básica de los pueblos indígenas mesoamericanos, siendo la gramínea de mayor importancia en el continente americano de donde es originaria"* (p. 56).

La composición del grano de maíz tiene tres partes principales y lo hacen semejante a la composición del grano de trigo:

- Pericarpio: capa con mayor dureza en la semilla y que tiene por objeto darle protección, conformada principalmente por fibra y que ayuda a impedir el ingreso de hongos y bacterias.
- Endosperma: parte esencial del grano y que funciona como fuente de energía para la planta en su proceso de desarrollo.
- Germen: parte inferior del grano y ubicada en el extremo más bajo. Está constituido por dos partes importantes, el eje embrionario y el escutelo.

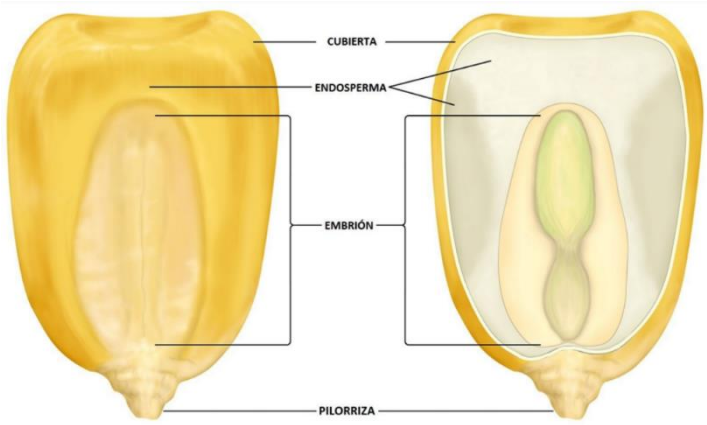


Imagen 68. Composición general de una semilla de maíz. Fuente: https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/2030/Anabella%20Silvia%20Saleres.PDF?sequence=1&isAllowed=y

La gramínea está constituida por una caña con una altura promedio de 2 a 3 metros en donde salen varias protuberancias o mejor conocidos como elotes de entre 8 a 30 cm por 4 a 6 cm. Cuando a los elotes se les secan las semillas se les conoce como mazorcas.

Los elotes están formados por múltiples hileras de granos que están unidas o adheridas a un pequeño tronco semiduro cónico o cilíndrico llamado olote. A su vez los elotes están envueltos y protegidos por numerosas hojas grandes llamadas totomoxtle, cuando están frescos son de color verdes y cambian de color amarillo cuando se secan. Terán (2008, p.58)

El maíz llegó a ser tan importante en Mesoamérica que se utilizaba a manera de tributo para saldar cuentas entre los pueblos dominados y los dominantes, representaba una

autoridad y superioridad para los pueblos dominantes. Estos tributos estaban controlados con base en medidas y pesos.

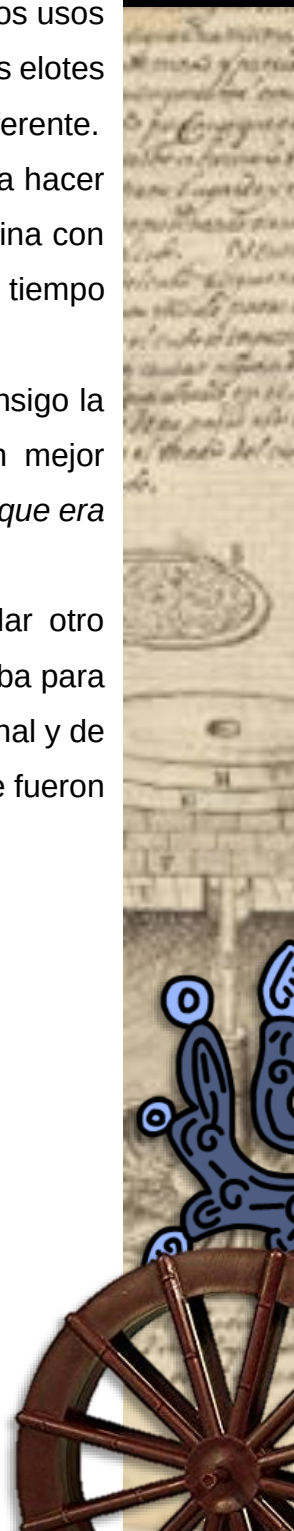
El uso del cuerpo humano como medida era un factor que permitía controlar esas medias; el *icxitl* (pie), el *macpalli* (palma de mano), el *cénmaitl* (medida de 1.68 m) o el *mecatl* (cordel que media aproximadamente 2,52 m). El uso de objetos como medidas también era de gran utilidad como el *cacaxtle* o huacal (caja de madera) o el *tezontle* equivalente a veinte medidas de alguna mercancía o producto. Terán (2008, p.62,63)

Una vez listo el elote se procede a retirarlo del tallo o caña y darle diversos usos alimenticios; como mazorca para ser hervido o asado en brazas y desgranando los elotes tiernos para después ser hervidos y poderse consumir o darles un tratamiento diferente.

La nixtamalización, es una técnica que hoy en día se sigue utilizando para hacer más frágil el grano de maíz y poderlo digerir. Consiste en remojar en agua alcalina con ayuda de cal a una temperatura de casi 80 °C, después se deja reposar por un tiempo para después retirar el líquido y lavar el producto final por varias veces.

Es en este momento en el que el descubrimiento de esta técnica trajo consigo la inclusión de herramientas que permitieran una sofisticación para producir un mejor alimento, un ejemplo es la pichancha; "*olla globular con agujeros en la superficie que era usada para colar el maíz nixtamalizado".* Long (s.f. p.133)

Cuando el maíz estaba listo y el pericarpio se fragilizaba, se podía dar otro tratamiento, el maíz era frágil y por lo tanto se podía moler, técnica que se utilizaba para poder crear una pasta moldeable o masa para elaborar tortillas como elemento final y de consumo diario. Es así que en Mesoamérica también existieron herramientas que fueron necesarias para la molienda del maíz.



2.5. Innovación tecnológica en las herramientas agrícolas prehispánicas

El uso de herramientas agrícolas fue un complemento para los sistemas de irrigación, el trabajo para realizar surcos, hoyos o cajetes como se comentó con anterioridad, se realizaba por medio de instrumentos de piedra, con una manufactura de pulimiento y poder generar elementos punzo cortantes que sirvieran de apoyo para realizar dichos trabajos.

Son pocas las investigaciones que se han dedicado a rescatar la evidencia de este tipo de instrumentos, para este caso es de suma importancia conocerlos ya que, al inicio del virreinato se puede tener una idea de los diversos instrumentos prehispánicos que fueron utilizados como primera instancia para poder construir una maquinaria y saber si hubo una innovación tecnológica no solo con la implementación de una maquinaria sino de todo el proceso de elaboración que en ella se tenía.

> *"Las milpas o sementeras se trabajaban rústicamente usando a veces instrumentos de piedra, pero sobre todo lo hacían con el huictli o coa que consistía en un tronco largo y grueso con uno de sus extremos labrado en punta; estos palos eran los que utilizaban a manera de arado, con ellos se podía trabajar la tierra".* Terán (2008, p.57)

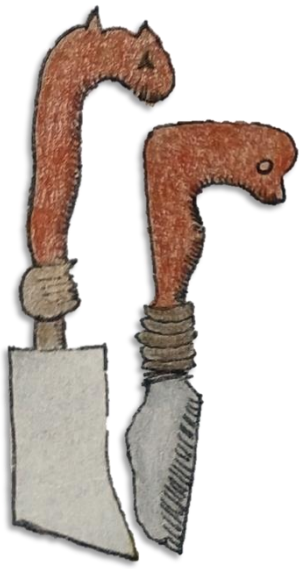
Hay indicios que no solo existían herramientas utilizadas con la mano, también estaban las utilizadas con el pie, *uictli o coa* de pie. Registrando tres tipos de herramientas características para el trabajo manual en la cosecha o siembra; el primero con el uso de la mano como *uictl*i, palo o bastón plantador, el segundo como *uictli o coa* de hoja y el tercero como *uictli axoquen* o coa con mango zoomorfo.

El origen de esta palabra *coatl* hace mención con serpiente o utilizando otra derivación *cuauitl* como palo. Para los cornistas e historiadores en la época del virreinato comparan estas herramientas con el azadón, la azada y la pala. Rojas, Sander (1985, p. 213).

A continuación, se presenta una tabla en donde se enlistan las principales herramientas que eran utilizadas.

Instrumentos agrícolas prehispánicos

Uictli o coa de hoja	Composición	Uso
Uso de uictli o coa de hoja fabricado con madera y de una sola pieza, en las tierras de riego *atlalli* (tierra que se puede regar). Fuente: Códice florentino, lib XI, cap. 12 parr, 3. F. 228r	Su estructura estaba compuesta por maderas de gran resistencia como el roble o el mezquite. Se elaboraban de una sola pieza o en ocasiones de dos, con cobre. La hoja era plana mientras que se iba ensanchando en la punta, parecido a un triángulo, recto de un lado y curvo del otro.	Era utilizado para labrar el suelo; para cavar y labrar, hacer hoyos, camellones y cajetes. Eso en las construcciones y mantenimiento de edificios, casas y obras hidráulicas como la plomería. Obras artesanales para trabajar la piedra.

Uictli o coa con mango de cabeza zoomorfa	Composición	Uso
 Ejemplo de un uictli o coa con mango zoomorfo según la matrícula de Hexotzinco. Rojas, Sander (1985, p. 222).	Está compuesto por un mango en ángulo recto y en la punta con la cabeza de algún animal, es de menor tamaño (dos tercios de la altura total de un hombre). Elaborado por dos piezas amarradas con una fibra, cuero o bejuco. La hoja es plana ya sea de madera o metal.	Se utilizaba para labrar la tierra.

Uictli o coa de pie (forma de una pala)	Composición	Uso
Ejemplo de uso de uictli o coa de pie. Lámina del mal labrador. Fuente: Códice florentino, lib X, cap. 10 f. 29r	Especie de pala plana de una sola ala y que tiene la forma triangular, elaborada en una sola pieza.	Utilizado para el labrado de suelo y para los sistemas agrícolas. Se usaba para poder empujar con más fuerza la tierra con ayuda del pie.

Aparte de las herramientas que se mencionaron en la tabla, el uso del hacha también fue importante, no solo para la agricultura, también para otras actividades como carpintería, tala de árboles o simplemente para corte y labrados.

- Tepuzquauhsexeloni o quauhtlateconi (hachas para cortar leña ver **imagen 69**)
- Tlaximaltepuztli (hacha para labrar madera)
- Tepoztli, guahxeloloni (hachas de cobre para cortar madera)

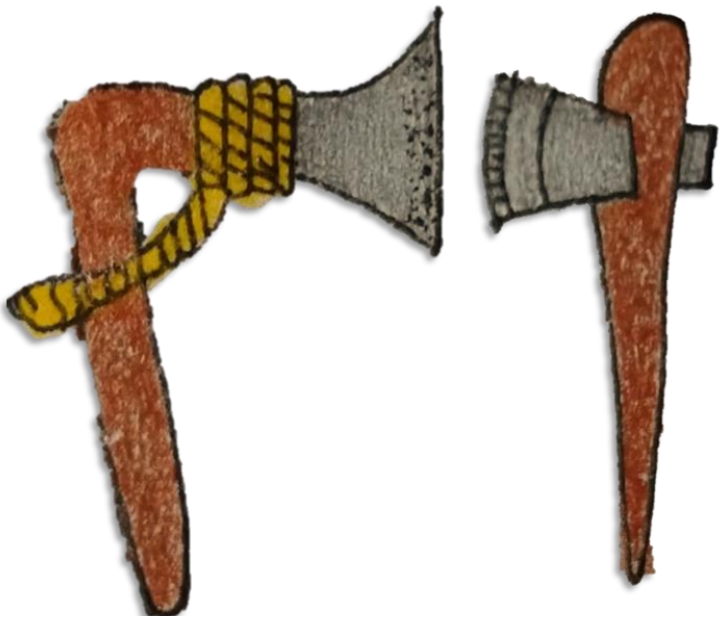


Imagen 69. Ejemplo de hachas. Lado izquierdo hacha para labrar madera, conformado por un mango de madera con una hoja metálica y el uso del mecate como refuerzo. Del lado derecho un hacha común. Re dibujo por Eduardo López Carlos. Fuente: Códice Tudela, f. 31r y Códice Nuttal, p. 57

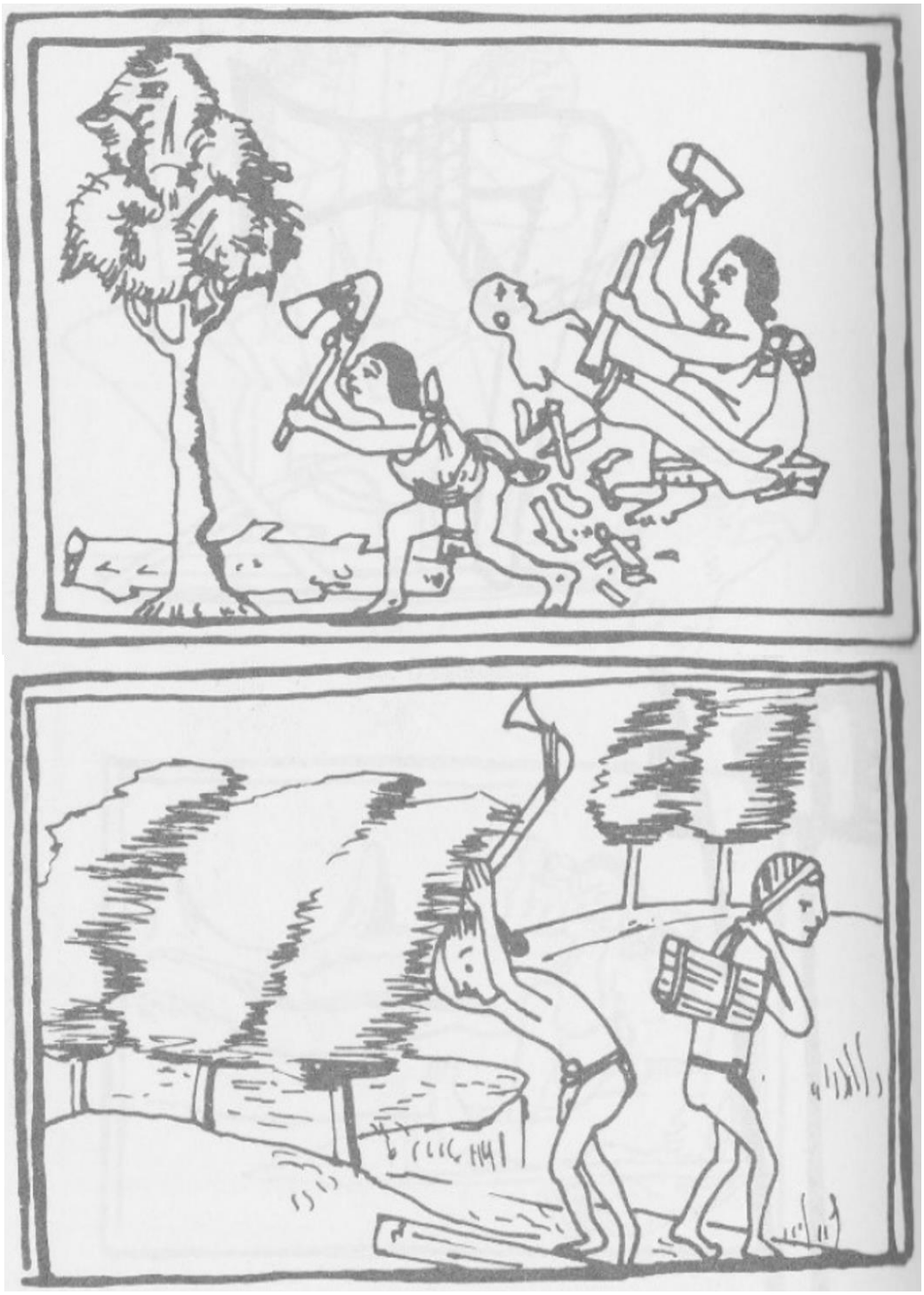


Imagen 70. Ejemplo de uso de hachas. En la primera imagen se puede apreciar el uso de hachas para talar un árbol y como uso para tallar la piedra. Fuente: Códice Florentino, lib. I, f. 26r.
En la segunda imagen se aprecia un leñador con un hacha exclusiva para esa actividad. Fuente: Códice Florentino, lib. XI, f. 110r.

2.6. La molturación como innovación tecnológica en Mesoamérica

La molienda en Mesoamérica se hacía por fricción (actividad en la que se tiene que hacer raspar dos elementos constantes sobre una superficie plana) o por percusión (a través de golpeteos constantes sobre una superficie resistente).

Cuando el maíz pasaba por el proceso de nixtamalización se podía moler en el metate y generar una masa consistente.

> *"La palabra matete tiene su origen en el nauhatl, metlaly, posiblemente de metz=muslo parte exterior y tetl=piedra. Metlapil proviene del náhuatl metlapilli, de metatl=metate y pili=hijo, moledor con que muelen el maíz"* Rodríguez (2013, p. 24)

Es bien sabido y como se explicó en el capítulo anterior, la acción de trituración y machacado son técnicas que siempre han estado presentes como objetivo de supervivencia y alimentación. Son procesos que han sido cambiantes y por lo tanto llevan una constante innovación tecnológica.

Molturar se puede considerar como el proceso o técnica mediante fricción que sirve para reducir en pequeñas partes un todo, en este caso el grano de maíz, la diferencia de una maquinaria, en este caso un molino hidráulico radica en la molienda, que tiene por objetivo el procesar el grano. Por lo tanto, los factores que hacen la diferencia entre uno y otro es la gramínea y el artefacto.

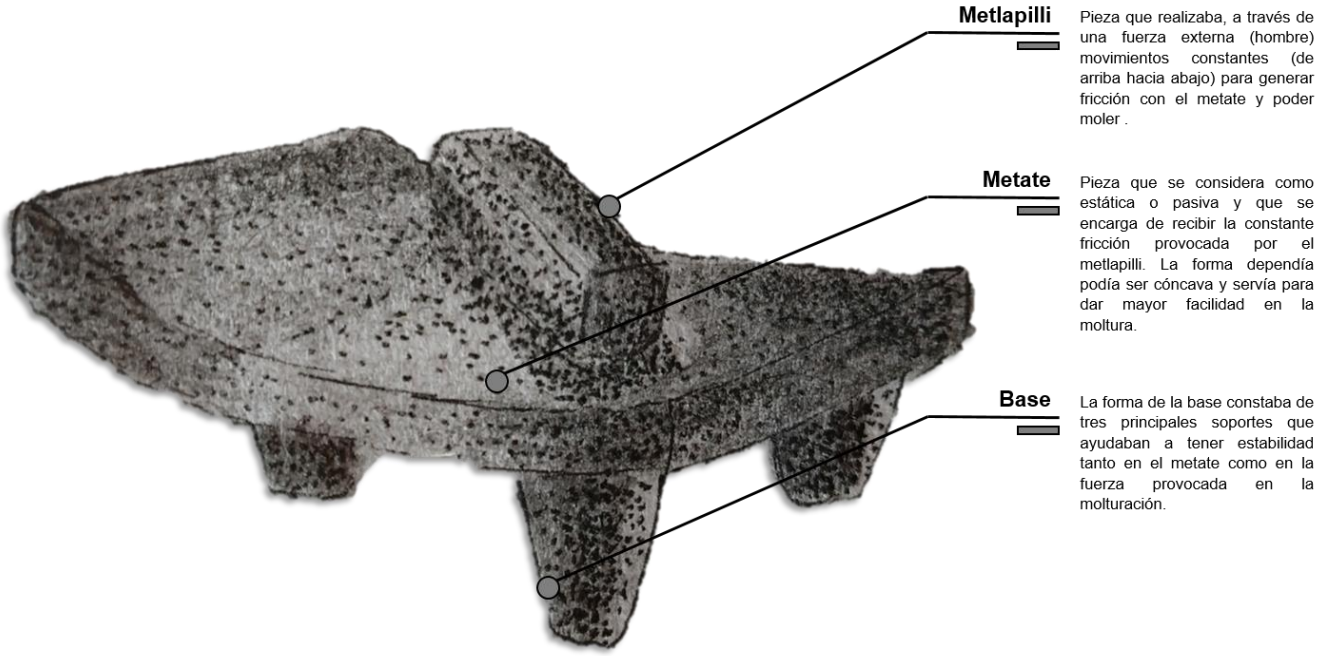


Imagen 71. Ejemplo de un metate para molienda de maíz. Dibujo por Eduardo López Carlos.

El metate está conformado por dos piezas importantes; la primera como pieza estática o pasiva (metate) y que se encarga de recibir la constate fricción provocada por la segunda pieza (metlapilli) activa, se concentrara en realizar ese constante movimiento provocado por una fuerza externa que es la del hombre **(Ver imagen 71).**

Los metates están constituidos y tallados en *"roca volcánica, como basalto y andesita…había varias formas y tamaños del metate, algunos apenas transformados de la piedra en bruto; pero la forma más común era rectangular, ligeramente cóncava, que se ha conservado hasta hoy en día".* Long (s.f. p.129)

En la **imagen 72** se muestra la compilación de cinco imágenes tomadas del códice florentino y que explican el proceso de cultivo de maíz; de la cosecha, del trabajo de separación del grano con el olote y del trabajo arduo que hacían las mujeres *pilli,* personas que se dedicaban exclusivamente al trabajo de domesticidad, entre muchas

Imagen 72. Proceso de cosecha del maíz y de su producción de masa (incluyendo la nixtamalización y la molienda del grano de maíz). Fuente**:** Códice Florentino, Biblioteca Digital Mundial https://www.wdl.org/es/item/10096/ Libro IV.

cosas su trabajo era realizar la nixtamalización y a moler el maíz para producir masa y hacer tortillas como alimento básico para la dieta en Mesoamérica.

Otro tipo de herramienta que se utilizó para la molturación fue el molcajete, a diferencia del metate este es un mortero de pequeñas proporciones y su objetivo es la reducción de vegetales ya sean crudos o cocidos, para la maceración de plantas medicinales y la obtención de pinturas sobre una superficie porosa al igual que el metate, principalmente se utiliza para crear salsas. Su estructura es de material pétreo, pero en ocasiones puede ser de arcilla como se puede apreciar en la **imagen 73.** Rodríguez (2013, p. 39)

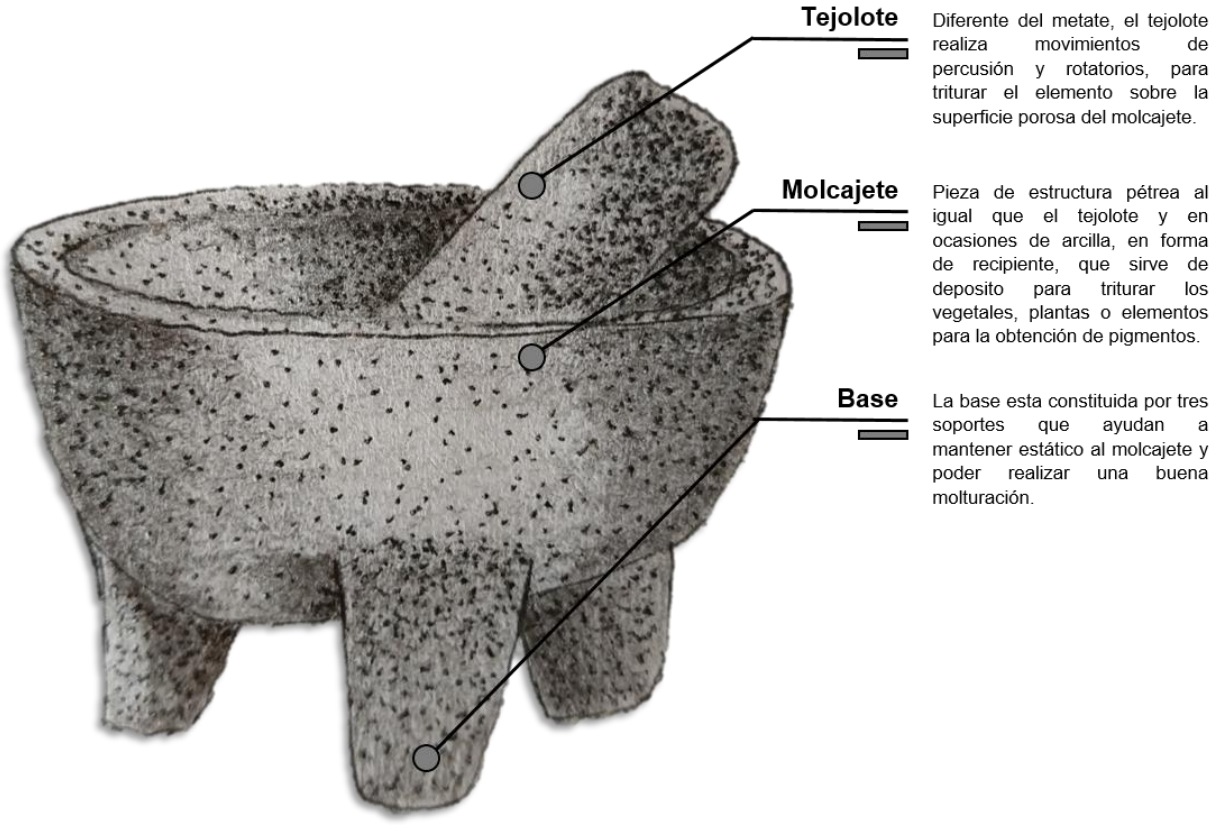


Imagen 73. Ejemplo de un molcajete. Dibujo por Eduardo López Carlos.

La pieza que ejerce movimientos a través de la mano para la molturación es el tejolote, son movimientos combinados de percusión y rotatorios para que el elemento (vegetal) pueda ser reducido en pequeñas porciones.

Sin duda este tipo de herramientas de molturación eran para uso doméstico, a diferencia de los molinos hidráulicos su producción era personal y básica para la creación

de alimentos básicos como la tortilla o la masa en Mesoamérica, fue de esta manera que su proliferación en todo el territorio fue de gran importancia.

Es importante reconocer que estas herramientas ancestrales (metate y molcajete) continúan siendo utilizadas dentro de la cocina mexicana en algunas regiones del país, conservando las técnicas de elaboración de masa, tortillas y salsa como elementos básicos y tradicionales.

Esta fuerte innovación tecnológica hace que México conserve hoy en día herramientas que sean únicas e inigualables del resto del mundo, sin duda es una manera de conservar este tipo de productos de molienda.

En Mesoamérica, la innovación tecnológica no solo estuvo presente en los sistemas hidráulicos antes mencionados, al igual que en el capítulo anterior, la supervivencia y el hambre constituyen un factor importante para tener una constante mejora en artefactos que ayuden a mejorar y satisfacer las necesidades del hombre.

Resulta interesante conocer cuáles son los resultados, diferencias y semejanzas cuando existe el choque de dos culturas totalmente diferentes, cada una con una manera de analizar y utilizar herramientas para uso común. El virreinato es la etapa en la que se puede analizar si existió realmente una innovación tecnológica para los molinos hidráulicos establecidos en territorio mesoamericano y conocer si estas maquinarias son completamente diferentes o simplemente se adaptaron a los aspectos físicos naturales característicos de ese territorio.

Dos ejemplos de sendas escalas de la estructura social americana durante la época colonial: un virrey (Luis de Velasco, imagen superior) y un cura párroco (en la prédica de un sermón, lámina inferior).

Capítulo III

Innovación en los sistemas hidráulicos del virreinato

Capítulo 3. Innovación en los sistemas hidráulicos del virreinato

3.1. Innovación en los sistemas hidráulicos del virreinato

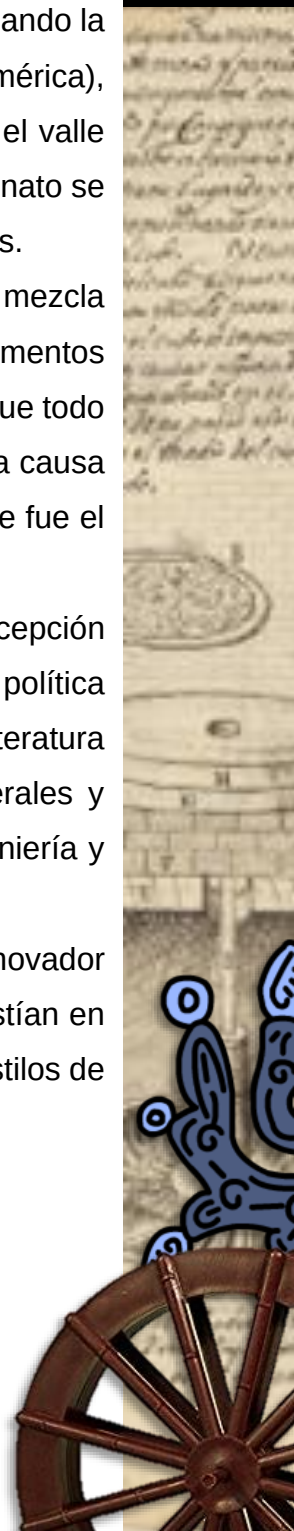
En el año 1535 la corona española creó el virreinato en la Nueva España, asignando a don Antonio de Mendoza como primer virrey y estableciendo la capital sobre la antigua México-Tenochtitlan. El objetivo principal fue establecer autoridades civiles y administrativas para crear un orden después de la conquista. De La Torre (2013, p. 470)

La conquista por parte de los españoles fue de grandes magnitudes, abarcando la parte norte (mejor conocida como Aridoamérica) la central y la parte sur (Mesoamérica), para este capítulo y al igual que el anterior la investigación estará enfocada en el valle central de México, durante el siglo XVI y parte del XVI, épocas en las que el virreinato se fue consumando para establecer nuevos criterios económicos, sociales y políticos.

El mestizaje, fue uno de los factores importantes durante el virreinato; la mezcla de ideas, de culturas, de formas de vida, de trabajo, de personas fueron los elementos clave que crearon ciertas particularidades para la Nueva España y que provocó que todo el mundo tuviera la mirada puesta en él. Europa estaba pasando por una crisis a causa de la Edad Media, la iglesia había ejercido un abuso de poder ilimitado por lo que fue el principal motivo de discordia.

Sin embargo, el renacimiento impulsó al ser humano a crear una nueva concepción sobre él y el mundo, se dieron nuevos enfoques en el área de las artes, la filosofía, política y las ciencias. Los tratados a manera de ejemplo responden a un tipo de literatura científica de larga tradición en Europa, su objetivo era plasmar las ideas liberales y teóricas sobre algún tema en específico como la arquitectura, los ingenios, ingeniería y agrimensura.

La conjunción de esas ideas técnicas y de trabajo creó algo novedoso e innovador para todo un territorio, apoderándose de las grandes riquezas naturales que existían en Mesoamérica y que se supieron aprovechar para el establecimiento de nuevos estilos de vida.



Con respecto a los diferentes tipos de infraestructuras que se presentaron en esta época, la escala fue determinante; de gran escala (diseños que involucraban a toda la ciudad) o de menor (edificios o casas).

3.1.1. Innovación en la infraestructura hidráulica de gran escala

La ubicación de la Nueva España se situó en la antigua Tenochtitlan, idea que, en un inicio pareció extremo ya que el suelo no era el adecuado para iniciar con la construcción de nuevos edificios. El objetivo principal fue establecer un espacio de protección como medida precautoria por un posible ataque por parte de los conquistados.

Uno de los primeros pasos que se realizaron fue la introducción de nuevas semillas para la agricultura como el trigo y la caña de azúcar, cultivos procedentes de Europa provocando el establecimiento de solares para los conquistadores y la construcción de casas y huertas para una pronta cosecha.

La gran cantidad de estos cultivos hicieron que se tuviera que hacer una expansión territorial y crear nuevos sistemas de producción en los que se involucraba a los indígenas como mano de obra para los arduos trabajos de cosecha llamadas haciendas o ranchos, dependiendo de las dimensiones que se tenía en estos terrenos.

De nuevo se puede determinar que el agua jugo un papel importante para esta época; no solo fue primordial para establecer una irrigación constante a estos nuevos cultivos, también fue necesario establecer nuevos criterios y diseños ingenieriles para tener un control total de este recurso natural, recordando que la ciudad de la Nueva España estaba rodeada por agua y por lo tanto se tuvieron que tener en cuenta cuatro aspectos principales.

El uso de sistemas hidráulicos prehispánicos (apantles, acueductos, presas) fue de gran importancia ya que aún estaba presente su efectividad para conducir el agua hacia los lugares donde se requería dicho recurso.

> *"…además eran compatibles con los sistemas hidráulicos hispanomusulmanes heredados a los españoles y que se implementaron en los territorios conquistados, los que se vieron complementados tecnológicamente con los existentes en la Ciudad de México"* Jiménez (2017, p. 50)

A continuación, se muestra la **imagen 74** de la Ciudad de México durante el siglo XVII, se puede observar cómo es que se conservó la traza original de Tenochtitlan y la innovación de los sistemas hidráulicos prehispánicos como la albarrada de Nezahualcóyotl que tenía como objetivo la separación del agua dulce con la salada, la reconstrucción del acueducto de Chapultepec y los diversos canales que alimentaban a los cultivos como en la zona de Churubusco o Azcapotzalco.

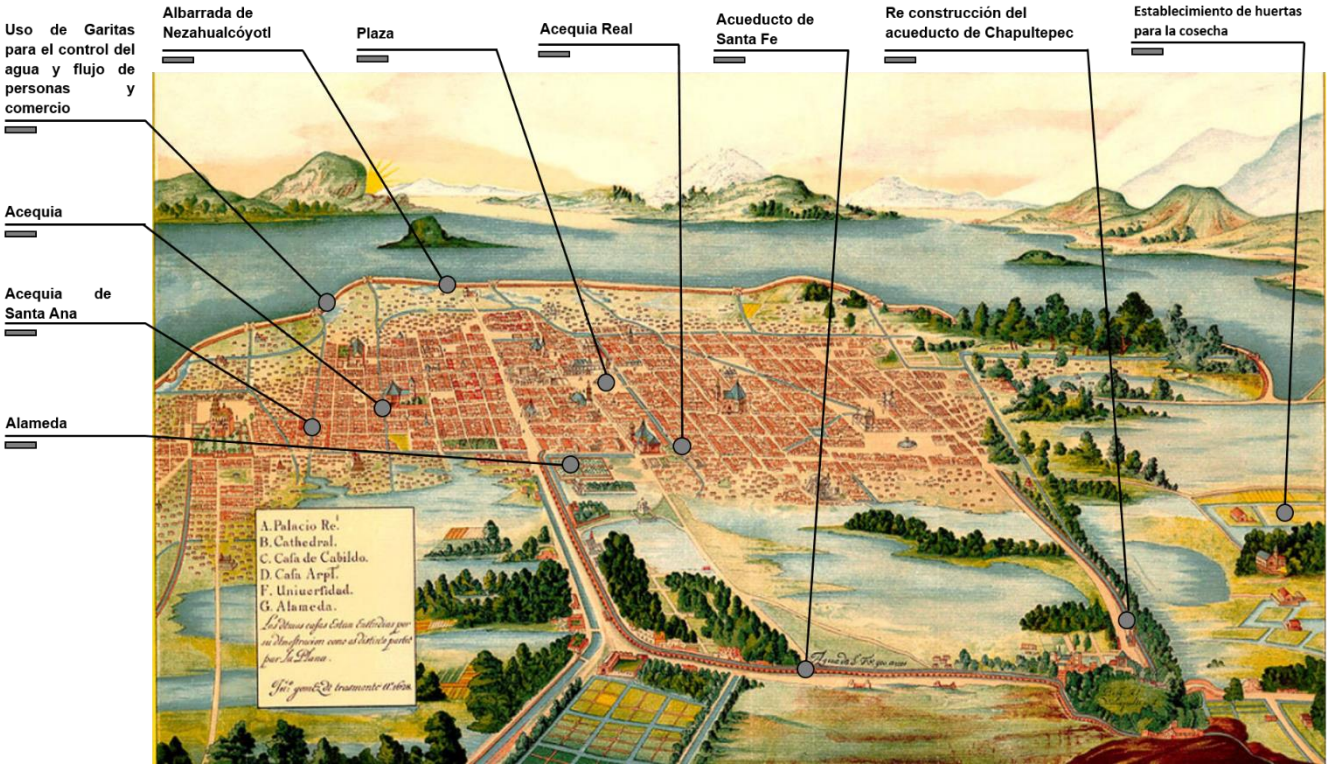


Imagen 74. Cromolitografía en perspectiva de la Ciudad de México en el siglo XVII. Atribuida a Juan Gómez de Transmonte. Se puede apreciar los diversos sistemas hidráulicos que se siguieron utilizando y las innovaciones y adecuaciones que se hicieron para el aprovechamiento o desagüe del agua. Fuente: http://mexicomaxico.org/Tenoch/TenochTrasmonte.htm#perspectiva

La infraestructura que permitía la conducción de agua se puede clasificar en dos tipos: los que conducen agua limpia o potable y las que conducen aguas negras o de desechos, mejor conocidos como desagües.

Este tipo de construcciones, las acequias fueron de gran importancia durante el periodo del virreinato ya que eliminaban los constantes excesos de agua provocados por los temporales de lluvia y evitar inundaciones para la ciudad. Los ejemplos de mayor trascendencia y magnitud fueron los del Tajo de Nochistongo y los túneles de Huehuetoca **(Imagen 75).**

"Durante 1637 se termina que el desagüe de Huehuetoca se hiciera a tajo abierto, para lo cual se incrementaría su profundidad y anchura con el propósito de que por él se pudieran desaguar además de las aguas del norte, que vertían sobre los lagos de Zumpango y San Cristóbal, también las de la laguna de México. Esta decisión dio un nuevo giro a los trabajos de desagüe al permitir abandonar el socavón, levantar los cielos de las bóvedas y dejar como reguera del tajo al antiguo paso subterráneo…" (Espinoza, 2012, p. 30

Imagen 75. Mapa del Perfil de la latitud y profundidad de los tajos, socavones, obras interiores de las bóvedas de mampostería del Real Desagüe. Fuente: https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2013/02/El-gran-reto-del-agua-en-la-Ciudad-de-Mexico.pdf

La navegación fue un factor importante para la construcción de acequias que permitieron la comunicación dentro y fuera de la ciudad, tanto en la época prehispánica como durante el virreinato y para transportar materiales (basaltos, arena, cal, entre otros). El uso de pequeñas canoas permitía que las rutas fueran de mayor rapidez y eficacia que por el medio terrestre.

Para la construcción de estos canales y en temporada de sequias, se tenía que excavar en el propio lago para asegurar la permanente cantidad de agua que permitiera una navegación segura durante todo el año.

En lo que respecta la comunicación que existía entre la Nueva España con la ciudad de Texcoco, había distintas acequias como la que comenzaba en Totolcingo, poblado ubicado al norte de la ciudad y que pasaba por el Peñón de los Baños, la acequia de San Lázaro, que comunicaba con el poblado de Chimalhuacán, ubicado al sur de Texcoco y una tercera que comunicaba a las dos anteriores. Jiménez (2017, p. 57)

Otra construcción de gran relevancia fueron los canales construidos en Texcoco para colocar los bergantines que sirvieron como arma para derrotar la ciudad de Tenochtitlan **(imagen 76)**. La sección que tenía este canal era de 3.3.6 por 3.92 metros de profundidad. *"trabajo realizado por los indígenas texcocanos en un periodo tan corto de 50 días, considerando lo precario del equipo o herramientas empleadas en ese tiempo".* (Cruces 2017, p. 483)

Imagen 76. Construcción de una acequia para colocar bergantines que sirvieron como herramienta para la destrucción de la ciudad de Tenochtitlan. Ilustración de 1579 por parte de Diego Duran. Fuente: https://elpais.com/cultura/2019/11/20/actualidad/1574272643_941380.html

Como se mencionó con anterioridad, la cuenca de México contiene diversas fuentes de abastecimiento de agua provenientes de recursos naturales como ríos, manantiales y arroyos que finalizan en los lagos de Zumpango, Chalco y Texcoco. La fuerza ejercida por estos recursos provocó que durante el Virreinato se establecieran ingenios hidráulicos para la creación de distintas producciones industriales como, azúcar, harina, pólvora, papel, entre otros.

Para la Nueva España, los acueductos de Chapultepec y Santa Fe fueron infraestructuras importantes ya que a sus cercanías se establecieron haciendas y molinos dotados de agua proveniente de estos, un ejemplo fue el Molino del Rey. Cerca de la calzada de Guadalupe, ubicada al norte de la ciudad se ubicaron también haciendas y molinos que estaban suministrados por los ríos Tlalnepantla y Guadalupe. Mientras que al sur se ubicaba un molino de papel, como se muestra en la **imagen 77**, ubicado al lado del convento de San Juan Evangelista en el poblado de Culhuacán y que estaba suministrado por agua captada en un aljibe. Jiménez (2017, p. 58)

Imagen 77. Ubicación del molino de papel. Se aprecia el caz del mismo (circulo azul) y el aljibe como elemento de almacenamiento de agua. Mapa de la relación geográfica de Culhuacán.
Fuente: http://bdmx.mx/documento/galeria/mapa-relacion-geografica-culhuacan

3.1.2. Innovación en la infraestructura hidráulica de menor escala

Para este tipo de infraestructuras se visualiza que se tomaron los mismos criterios que en la época prehispánica, el factor importante fue tener en cuenta el conocimiento del ciclo del agua y como es que este se presentaba en la ciudad de México.

Por lo tanto, se tomó la misma clasificación que se realizó en el capítulo anterior; captación, almacenamiento, conducción y distribución. Sin embargo, una innovación que se introdujo para esta época fue la elevación de agua, utilizando la rueda como elemento primordial para esta actividad y que no se manejaba en Mesoamérica, por lo tanto, su uso fue primordial para estas actividades y también como elemento mecánico para dar movimiento a los ingenios hidráulicos establecidos en la Nueva España.

3.1.2.1 Captación

Para este tipo de infraestructura, existen dos tipos de factores que estuvieron presentes en el Virreinato y que fueron las que determinaron que tipo de infraestructura se debía de utilizar; el primero era determinar a qué tipo de servicio y a cuantos se tenía que alimentar. El uso del agua en el Virreinato no era el mismo que en la época prehispánica, estaba condicionado y también se reutilizaba para que el recurso se aprovechara en otras actividades.

El segundo criterio estaba enfocado en conocer qué tipo de agua se tenía que captar, dependiendo de las diversas fuentes de abasto (lluvia, ríos, depósitos subterráneos o manantiales).

> *"Es a principios del siglo XVII en México cuando Fray Andrés de San Miguel apoyado en las ideas de Vitrubio decía que…el agua llovediza, entre otras cosas, es la más bien opinada y la mejor, habiendo estado algún tiempo reposada en cisterna…y siendo movida al aire por causa de los vientos y después espesándose con el frio que está en él, viene a caer en la tierra delgadísima y de lino y suave gusto".* (Icaza, 1985, p. 22).

Cuando estas aguas se captaban cerca de manantiales se construían ínsulas o presas, si el agua almacenada se utilizaba para darle otro uso se le llamaba partidores o cajas de agua. **(Ver imagen 78).**

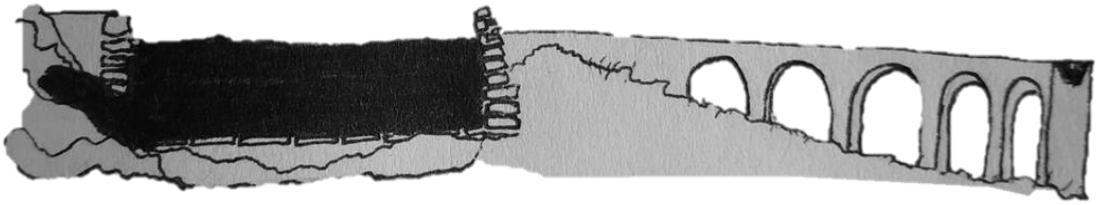


Imagen 78. Representación gráfica de una ínsula o alberca para la captación de agua. Arquitectura para el agua durante el virreinato en México. Cuadernos de arquitectura virreinal. Pág. 23. Re dibujo por Eduardo López Carlos.

Si el agua procedía de algún escurrimiento o depósito subterráneo y el uso era para subsistencia, se construían pozos verticales como se puede observar en la **imagen 79** *"perforaciones verticales para obtener agua procedente de un manto subterráneo, además funcionan como depósitos provisionales"* (Icaza, 2007, p. 56).

Cuando se quería captar el agua de lluvia, la manera más natural para aprovecharla era tomando en cuenta las pendientes del terreno y crear terrazas que permitieran redirigir y captarla para uso de riego, prácticamente era el mismo sistema que se utilizaba en la época prehispánica.

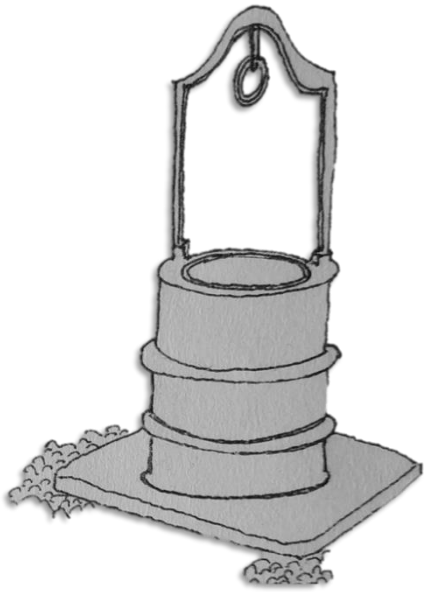


Imagen 79. Representación gráfica de un pozo vertical. Arquitectura para el agua durante el virreinato en México. Cuadernos de arquitectura virreinal. Pág. 23. Re dibujo por Eduardo López Carlos.

Cuando la captación era para uso doméstico se tomaban en cuenta elementos arquitectónicos como cubiertas y pavimentos; cuando era por techumbres se requería utilizar infraestructura de conducción como tuberías y posteriormente a sistemas de captación como los aljibes (pozos) sistemas de almacenamiento. Cuando la captación era por pisos se hacía uso de rejillas, coladeras o datas para canalizar el agua y posteriormente darle almacenamiento.

Por lo tanto, este sistema domestico para uso del agua de captación de lluvia estaba constituido por tres elementos primordiales; captación de agua o tomas, elementos de conducción y, por último, elementos de almacenamiento **(ver imagen 80).**

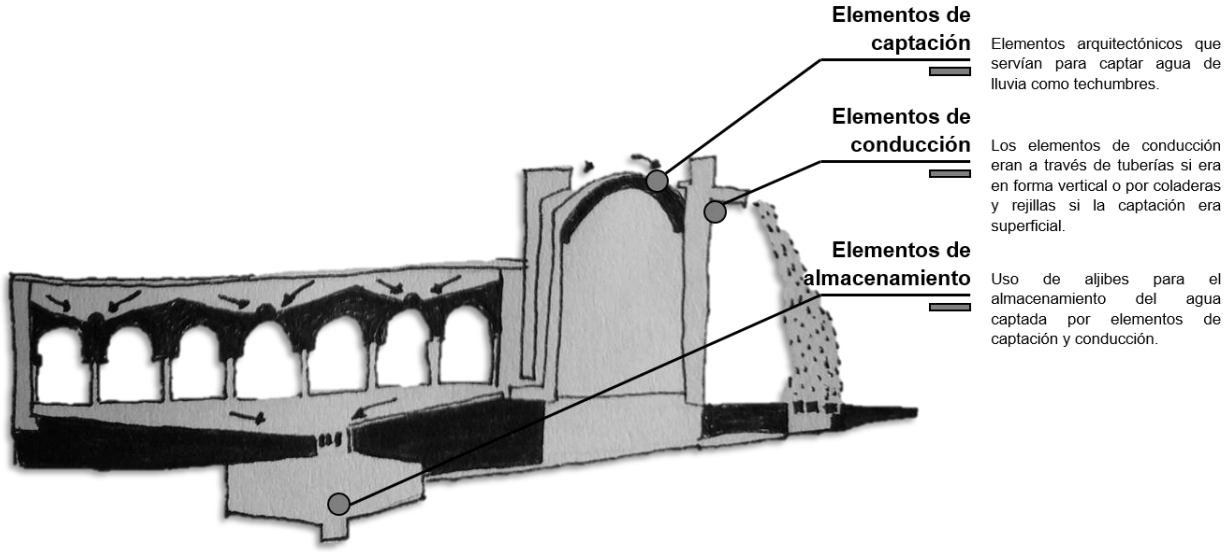


Imagen 80. Representación gráfica de un sistema de captación doméstica. Arquitectura para el agua durante el virreinato en México. Cuadernos de arquitectura virreinal. Pág. 22. Re dibujo por Eduardo López Carlos.

3.1.2.2 Conducción

La infraestructura diseñada para la conducción dependerá, al igual que las construcciones a mayor escala, del tipo de agua que se estaba manejando (agua potable o residuales) así como del uso de pendientes y de las soluciones constructivas.

Como ejemplo general se encuentran los acueductos, obras ingenieriles que sirven para conducir cierta cantidad de agua en una determinada región. (Icaza, 2007, p. 57).

En cuanto a las características técnicas, la fuente de abastecimiento de los acueductos estaba constituida por fuentes naturales de agua (manantiales o cascadas); posteriormente se encuentra la toma de agua, por medio de una alberca o un partidor, le sigue el cuerpo del acueducto o mejor conocido como el conducto. Existen otros complementos ingenieriles que sirven para garantizar un mejor funcionamiento para los acueductos como lo son; el uso de filtros o alcantarillas y elementos arquitectónicos que sirven de distribución como las fuentes, pilas o cajas.

Para el diseño de esta infraestructura se tenía que prever que el agua tenía que estar en constante golpeteo para que estuviera oxigenada y restarle velocidad, ya que el exceso de ésta podía erosionar el conducto del caño. *“el aprovechamiento de la topografía y sobre todo de las curvas de nivel en los alzados de los acueductos dependerá de la diferencia de alturas del lugar de abastecimiento al de distribución o toma de agua”* (Icaza, 2007, p. 58).

Este tipo de construcción también se había realizado en Tenochtitlán como se mencionó en el capítulo pasado, pero existió una clara innovación tecnológica cuando se realizaron estas obras durante el virreinato.

> *"Los acueductos sobre arquerías, para librar los accidentes topográficos por dónde corría la atarjea o tubería, pronto sustituyeron a los acueductos prehispánicos sobre terraplenes. El arco se hizo igualmente presente en los puentes que complementaron o sustituyeron paulatinamente a los prehispánicos (colgantes o fijos, de troncos o entarimados".* (Rojas, 2009, p. 21).

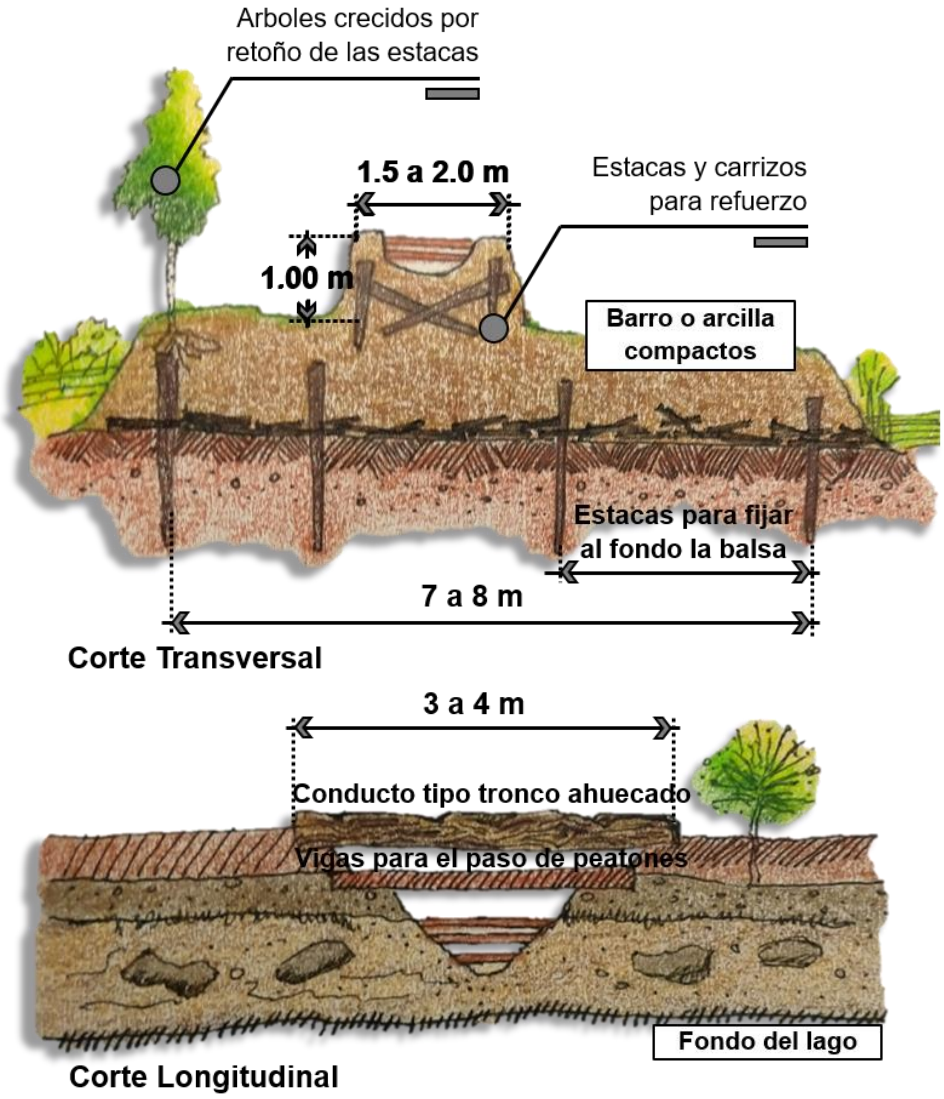


Imagen 81. Composición del acueducto de Chapultepec en la época prehispánica. Arquitectura para el agua durante el virreinato en México. Cuadernos de arquitectura virreinal. Pág. 24. Re dibujo por Eduardo López Carlos.

Un gran ejemplo de este tipo de construcción que paso por una innovación fue el acueducto de Chapultepec, el primero realizado por Nezahualcóyotl, conocido como *apipolalli, acequia o apantl*, tenía por objetivo llevar las aguas provenientes del cerro al centro de la ciudad. Estaba constituido por balsas a base de carrizos y morillos o troncos de árboles fijados al fondo de la laguna y que servían como cimientos para dar resistencia a todo el sistema y que no se fuera a hundir, en la parte superior se asentaba el caño de barro reforzado con estacas y morillos, era compactado a través de golpes como se muestra en la **imagen 81**. (Peña, Levi 1989, p. 4).

Durante la conquista, el acueducto quedo devastado ya que el objetivo de los españoles era dejar a la ciudad de Tenochtitlan sin abastecimiento de agua. Durante el periodo del Virreinato se hicieron varias construcciones **(ver imagen 82)** y modificaciones para volver a recabar agua proveniente de la cascada del cerro de Chapultepec. Fue hasta 1772 cuando quedo finalizado el acueducto con una longitud de 4663 varas (3907.5 metros) desplantado sobre

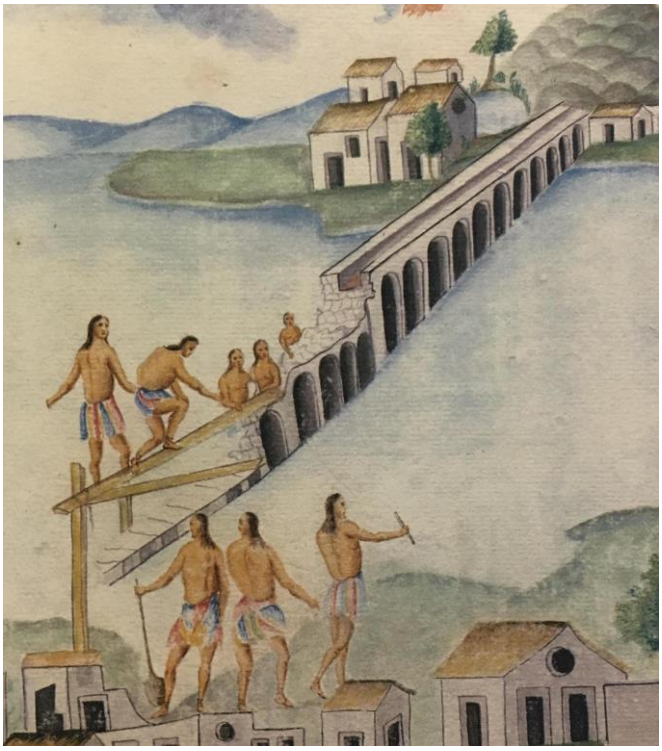


Imagen 82. Perspectiva de una de las primeras reconstrucciones del acueducto de Chapultepec. Fuente: https://chapultepec.org.mx/historia-bosque/

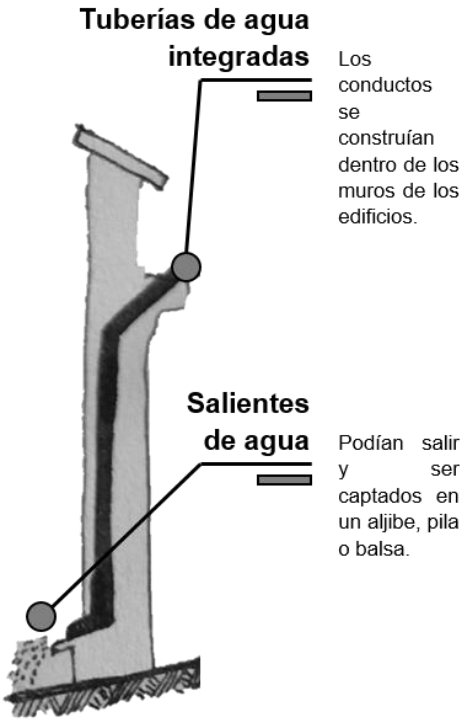


Imagen 83. Representación gráfica de una tubería integrada a un muro. Arquitectura para el agua durante el virreinato en México. Cuadernos de arquitectura virreinal. Pág. 27. Re dibujo por Eduardo López Carlos.

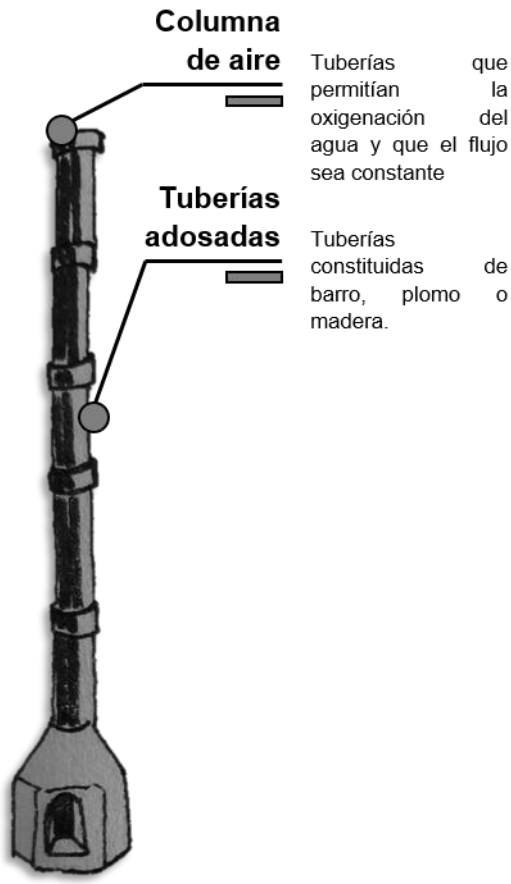


Imagen 84. Representación gráfica de una tubería adosada a un muro. Arquitectura para el agua durante el virreinato en México. Cuadernos de arquitectura virreinal. Pág. 27. Re dibujo por Eduardo López Carlos.

arquerías (904) constituidas de mampostería y ladrillo, con una altura de una vara y tres cuartas. (Ibídem, p. 50).

Por lo que respecta a las soluciones particulares, se pueden dividir en verticales y horizontales; las verticales o mejor conocidas como, bajadas de agua, estaban integradas por conductos mediante tuberías integradas, como se muestra en la **imagen 83** o adosadas en los muros de las edificaciones **(imagen 84)**.

En las horizontales se encuentran los acueductos como vimos anteriormente, que representan a las obras de infraestructura de tipo elevadas y las superficiales, constituidas y elaboradas por las pendientes del terreno como los canales o acequias y las zanjas. (Icaza, 1985, p. 27).

Por último, se encuentran las voladizas o mejor conocidas como gárgolas, permitiendo el desalojo de agua en las techumbres para después ser canalizadas en un sistema de almacenamiento, se puede apreciar su aspecto en la **imagen 85**.

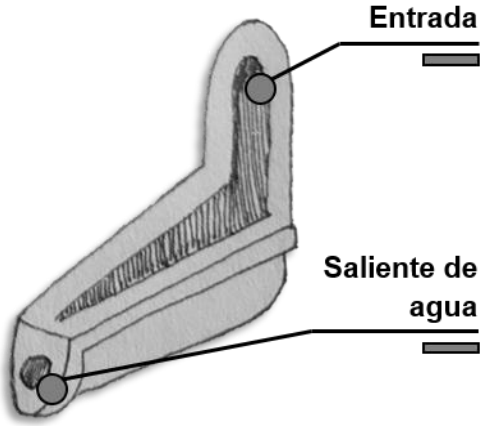


Imagen 85. Representación gráfica de una tubería voladiza o mejor conocida como gárgola. Arquitectura para el agua durante el virreinato en México. Cuadernos de arquitectura virreinal. Pág. 26. Re dibujo por Eduardo López Carlos.

3.1.2.3 Almacenamiento

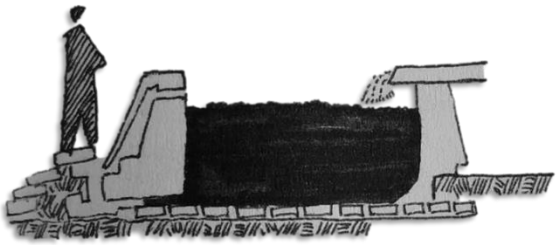


Imagen 86. Representación gráfica de una pila. Arquitectura para el agua durante el virreinato en México. Cuadernos de arquitectura virreinal. Pág. 24. Re dibujo por Eduardo López Carlos.

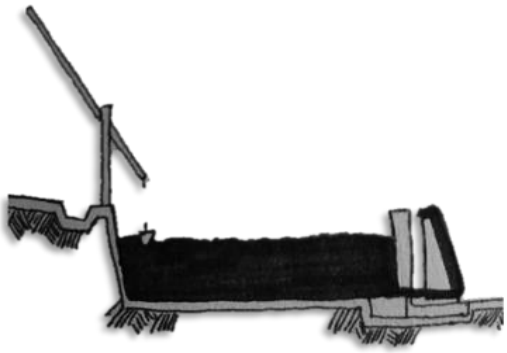


Imagen 87. Representación gráfica de una balsa. Arquitectura para el agua durante el virreinato en México. Cuadernos de arquitectura virreinal. Pág. 24. Re dibujo por Eduardo López Carlos.

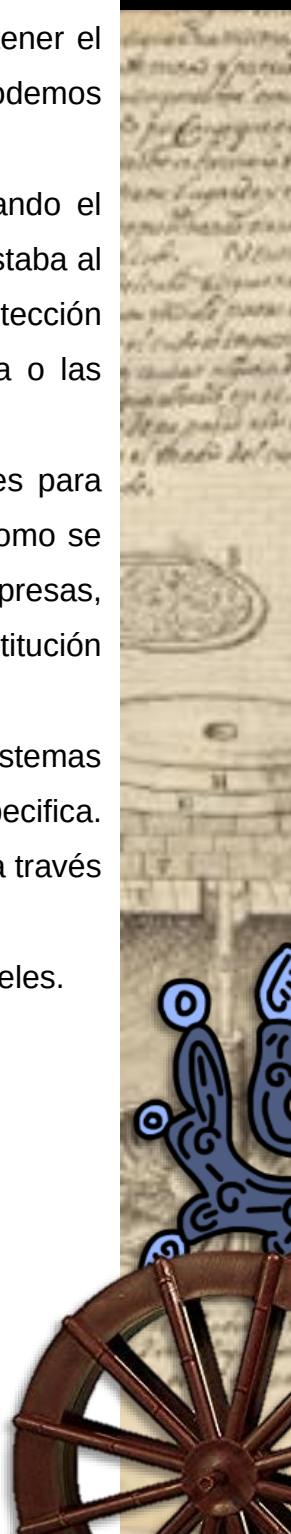
Los diferentes tipos de almacenamiento dependían del uso que se le daría al agua, al igual que a la infraestructura de captación, independientemente del tipo de arquitectura que lo requería (militar, religiosa o civil). El objetivo primordial para estas construcciones es que pudieran contener el agua en buen estado, por lo tanto, podemos dividirlas en dos grupos.

1. Almacenamiento transicional. Cuando el agua tenia movimiento constante y estaba al exterior o sin ningún elemento de protección como las ínsulas, las cajas de agua o las pilas **(Ver imagen 86)**.

Si el uso de este almacenamiento es para uso agrícola se construían balsas (como se muestra en la **imagen 87**) o presas, constituidos por diques para la constitución de una cisterna.

El uso de jagüeyes prehispánicos fue otra manera de reutilizar estos sistemas para irrigar los campos de cultivos, determinados por una topografía especifica.

2. Almacenamiento definitivo. Cuando el agua es captada y almacenada a través de una constante protección. A su vez se subdivide en:
    a. Almacenamiento definitivo movible. Ejemplos como tinajas o toneles.
    b. Almacenamiento definitivo fijo. Cisternas y aljibes **(imagen 88)**.



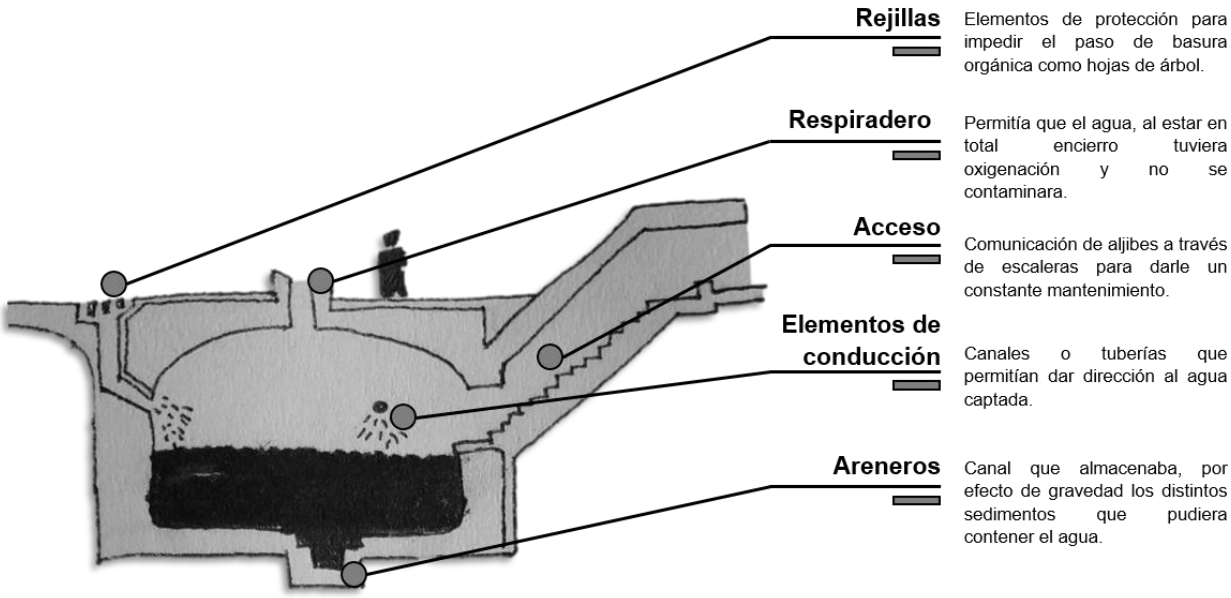


Imagen 88. Composición de un aljibe. Arquitectura para el agua durante el virreinato en México. Cuadernos de arquitectura virreinal. Pág. 24. Re dibujo por Eduardo López Carlos.

3.1.2.4. Control y distribución

Para este tipo de infraestructura se hallaban las que eran propiamente construcciones físicas y las legales a manera de control y distribución del agua. En cuanto a las construcciones de control eran los albarradones, garitas y compuertas, elementos que se ubicaron en los límites de la Nueva España y que también fueron utilizados durante la época prehispánica, no solo permitían el control del agua proveniente del lago de Texcoco o para separar el agua dulce de la salada, su segunda función era el control de personas o de flujo de comercio que salía y entraba a la ciudad.

Como ejemplo se encuentra el gran albarradon de San Lázaro, con sus compuertas como elementos de control de agua, de flujo de personas y comercio. Otro ejemplo de esta índole fue el "El castillo", compuerta de control de flujo de agua ubicada en la zona de Acolhuacan, específicamente en lo que es el actual municipio de Acolman, colindando con Teotihuacán, en esta zona se encontraba una presa que servía para contener el flujo de agua proveniente del rio San Juan, (más adelante se profundizara sobre este caso en particular ya que esta presa sirvió para dotar de agua a tres molinos ubicados en esa zona).

"El castillo es el elemento arquitectónico más destacado de la presa…La estructura es cuadrada de unos 3 a 4 metros por lado, y tiene una puerta al sur, y como

techumbre una cúpula…en el muro norte se observa la compuerta de la presa y lo que fue el mecanismo para controlar el volumen de agua que salía del embalse del rio". (Skopyk, Martínez, 2014, p. 50).

En la **imagen 89** se puede observar la ubicación de la compuerta y su estado actual.

Imagen 89. Estado actual de la compuerta "El castillo" ubicada en Acolman. Fotografía por Eduardo López Carlos. Fecha: 17 de agosto de 2019.

Otro tipo de control pero que también es considerado como legal son las datas, considerados como sitios a los que se les dota de agua y que posteriormente es repartida equitativamente o jerárquicamente. Estas dependían de sus dimensiones específicas para el área de hidráulica; buey, surco, naranja, real, limón, un dedo o una paja de agua. (Icaza, 1985, p. 29).

El tipo de infraestructura u obra que estaba destinada a la distribución eran las fuentes, recipientes almacenadores para que la gente pudiera consumir el agua. Se dividen en; integradas o adosadas a un acueducto o a un muro como elemento vertical, de nominándolas como pilas o cajas de agua y las que están integradas a elementos horizontales (pisos y pavimentos) que son conocidas como fuentes. (Icaza, 2007, p. 58).

Su composición consta de cuatro partes principales; el surtidor que sirve para controlar y regular el flujo de agua y su presión, los depósitos, conformados por muros perimetrales, la toma de agua se localiza sobre el muro perimetral para que se pueda extraer el agua. Por último, se encuentra el acceso constituido por escalones para diferenciar el elemento principal con el nivel de piso, además de proteger a la fuente.

3.1.2.5. Elevación

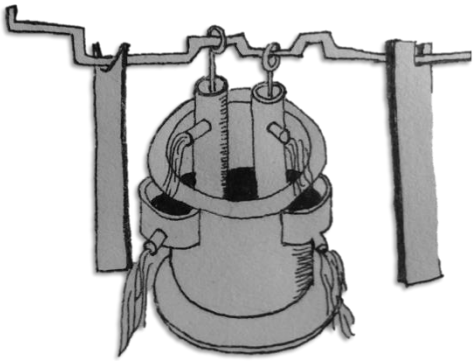


Imagen 90. Representación gráfica de una bomba hidráulica. Arquitectura para el agua durante el virreinato en México. Cuadernos de arquitectura virreinal. Pág. 29. Re dibujo por Eduardo López Carlos.

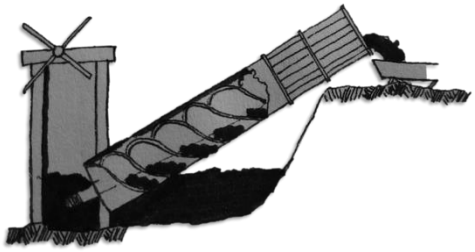


Imagen 91. Representación gráfica de un tornillo de Arquímedes. Arquitectura para el agua durante el virreinato en México. Cuadernos de arquitectura virreinal. Pág. 28. Re dibujo por Eduardo López Carlos.

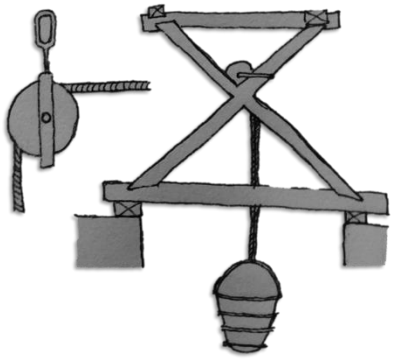


Imagen 92. Representación gráfica de una polea y un malacate. Arquitectura para el agua durante el virreinato en México. Cuadernos de arquitectura virreinal. Pág. 28. Re dibujo por Eduardo López Carlos.

La introducción de la rueda fue una innovación tecnológica en el Virreinato, específicamente en las diferentes maquinarias dedicadas para la elevación del agua, el objetivo era conducirla a determinada altura por medio de la fuerza de gravedad. Como ejemplos particulares estaban las bombas hidráulicas, los tornillos de Arquímedes, así como de malacates y poleas que servían tanto para extraer el agua como para elevarla.

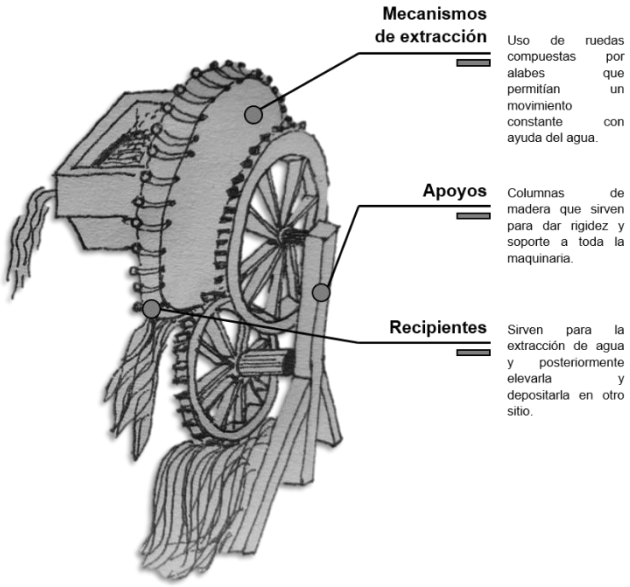


Imagen 93. Representación gráfica de una polea y un malacate. Arquitectura para el agua durante el virreinato en México. Cuadernos de arquitectura virreinal. Pág. 28. Re dibujo por Eduardo López Carlos.

Otro ejemplo eran las norias **(imagen 93)**, tenían el mismo objetivo solo que estas estaban constituidas por tres partes principales; la primera dedicada al espacio donde se realizaba dicho trabajo, la segunda estaba compuesta por el tiro, el brocal y a los apoyos para sostener todo el mecanismo, mientras que la última parte correspondía a los diferentes recipientes que servían para la distribución del agua.

3.1.2.6. Producción Mecánica

Como se analizó en el capítulo anterior y que guarda una estrecha relación con este tema, durante la época prehispánica el uso de infraestructura hidráulica estuvo orientada a la construcción de obras de riego y para el abasto de la población.

Una vez asentada la Nueva España, los españoles introdujeron entre muchas cosas (animales, vegetales, instrumentos, entre otros) la implementación de ingenios hidráulicos, un gran aporte para el territorio, ya que facilitó el trabajo para las diversas tareas industriales y agrícolas que también fueron de gran relevancia para la Nueva España. Al igual que la infraestructura de elevación, el uso de la rueda fue importante ya que era la fuente que proveía energía mecánica administrada por el recurso del agua (visto en el primer capítulo de esta investigación).

> *"El principal factor fue la introducción de nuevas especies para la agricultura como el trigo y la caña de azúcar, estos cultivos requerían de nuevas técnicas y herramientas de cultivo, así como de una nueva utilización para el suelo y el agua. La introducción de nueva tecnología europea revolucionó la agricultura. Por medio de la tecnología hidráulica se pudieron convertir tierras áridas en tierras de riego y el uso de animales pertenecientes a Europa (ganado mayor y menor) y la fuerza motriz animal e hidráulica se utilizó para impulsar los molinos y prensas, así como para desaguar las minas."* (Gisela Von Wobeser, 1983, p. 12).

Los ejemplos de ingenios que más se han analizado o investigado en la Nueva España son los, trapiches, batanes, molinos de pólvora y molinos de trigo o molinos de rodezno ya que hay evidencias a través de las solicitudes de permisos para el establecimiento de estos. El valle de México, Puebla y Tlaxcala fueron los lugares en donde existió la presencia de molinos de rodezno

Uno de los primeros molinos que se instalaron a inicios de este periodo fue el que estaba ubicado en Tacubaya, solicitando una merced al cabildo *"asamblea publica de*

vecinos, que se encargaban de la administración económica y política". (Chanfón, 1997, p. 108) de la ciudad Rodrigo de Paz, primo de Hernán Cortes.

El molino de Santo Domingo y que también tenía un batan, estuvieron controlados por varias personas hasta llegar a los Dominicos.

El molino del Valdés, que utilizaba las aguas provenientes de las barrancas de Santa Fe en 1574. Al noreste de la ciudad, también se establecieron otros molinos; los molinos Blanco, Prieto, Rio hondo y Sotelo, dotados de fuerza hidráulica por parte del rio

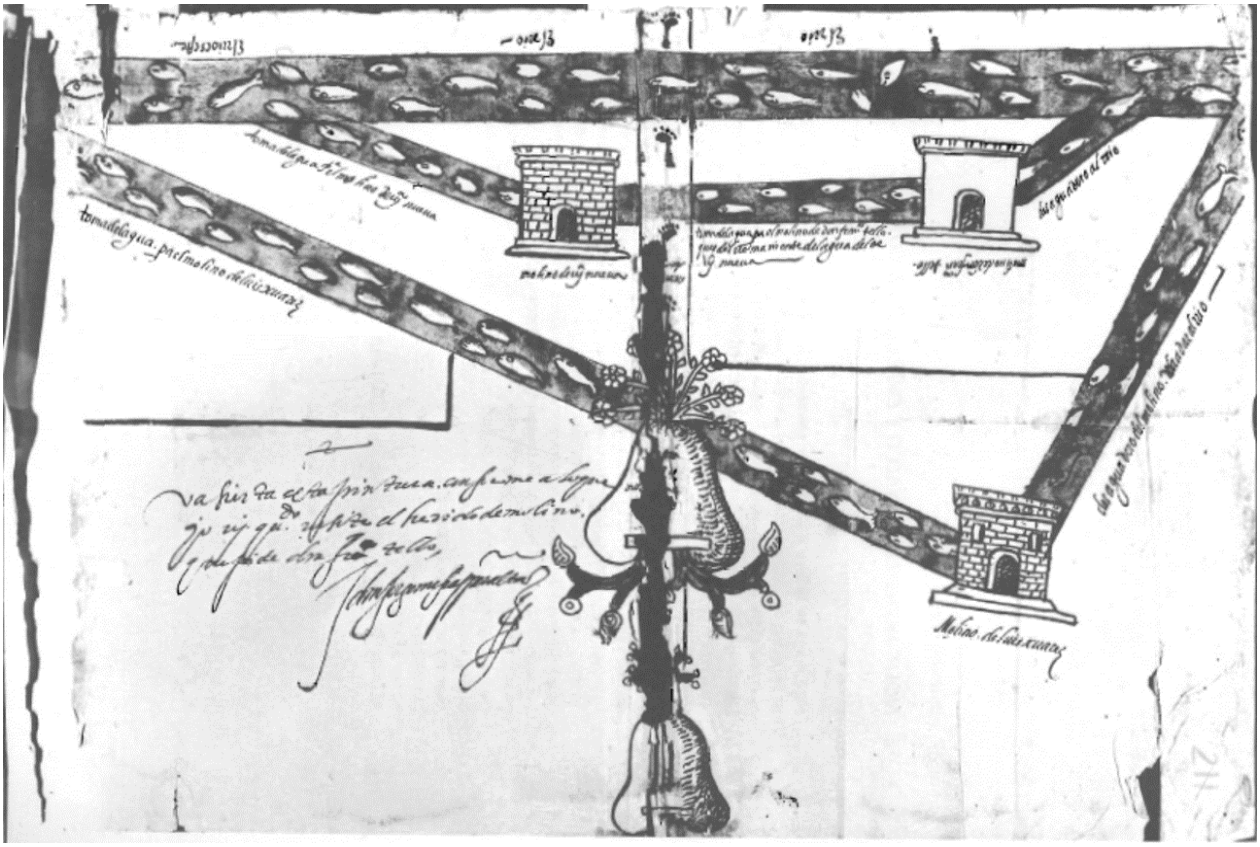


Imagen 94. Ubicación de tres molinos hidráulicos en Tacubaya 1587. La formación de la hacienda en la época colonial. El uso de la tierra y el agua. Gisela Von Wobeser. Pág. 163.

Hondo ubicado en Tacuba; mientras que el rio Tlalnepantla movía al de Santa Mónica. Durante el siglo XVI fueron muy importantes por su efectiva productividad. (Gómez, 2008, p. 80)

En la **imagen 94** se aprecian tres edificios ubicados en Tacubaya con sus respectivos arcos (caz). En la parte superior de la imagen se puede apreciar dos derivaciones que se le hicieron al rio, la primera surtía a los molinos de Villanueva y a los

de Francisco Tello, la segunda abastecía al de Luis Xuarez, el agua, al pasar por cada uno de ellos regresaba a su curso natural.

A manera de conclusión se presenta el siguiente gráfico en donde se muestra la clasificación de infraestructura hidráulica que existía durante el Virreinato.

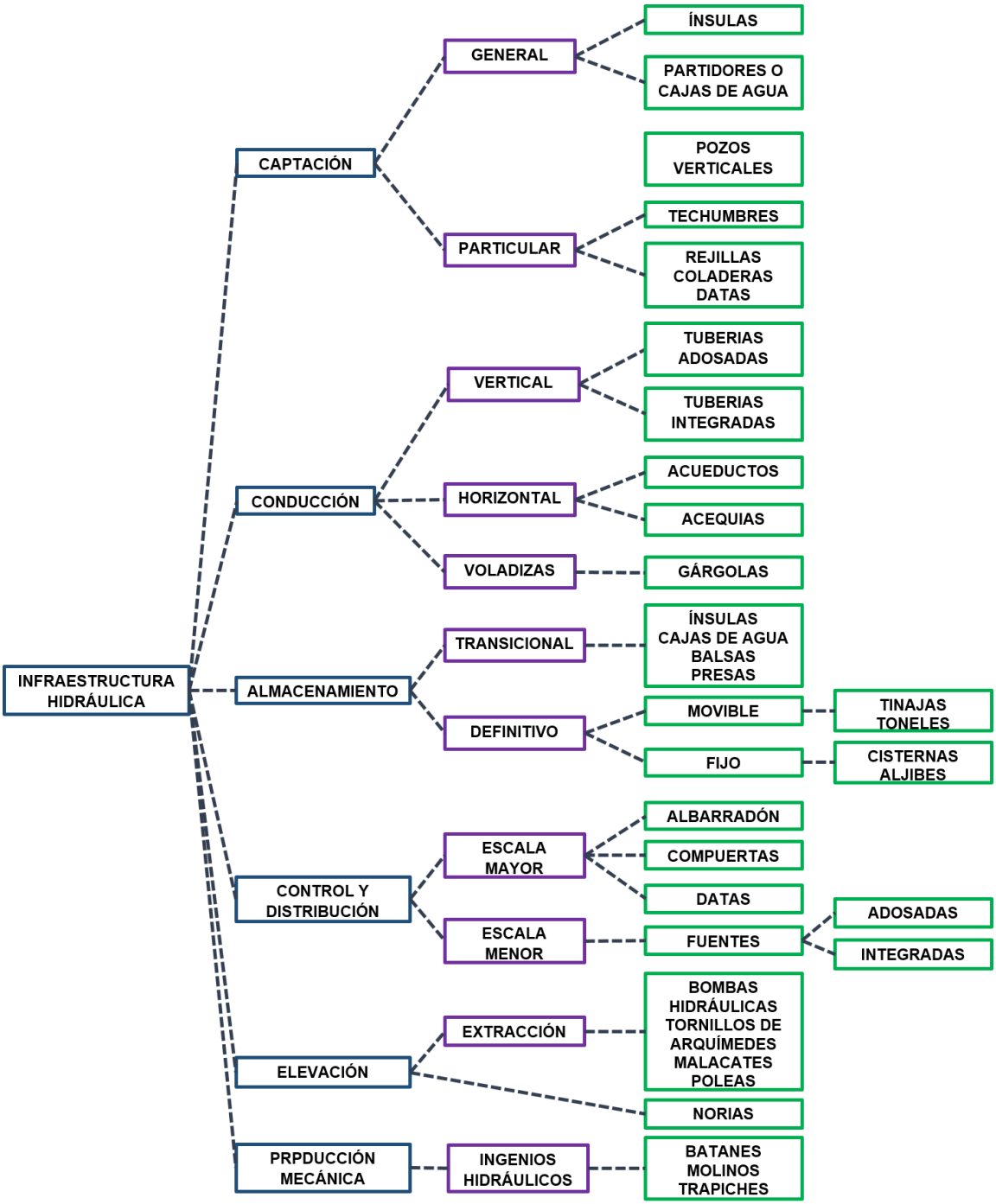


Gráfico 8. Clasificación de la infraestructura hidráulica durante el periodo del Virreinato.
Realizó Eduardo López Carlos

3.2. Innovación en los oficios para la ingeniería hidráulica

Para la construcción de infraestructuras que permitieran el abastecimiento, captación, control, almacenamiento, distribución y elevación del agua durante el Virreinato se introdujeron conocimientos, formas de trabajo, instrumentos o herramientas que se manejaban en Europa, sin embargo, estas características tuvieron una nueva constante, la introducción de conocimientos por parte de la mano de obra; indígenas que ahora pertenecían al último escalón de la pirámide social en el Virreinato.

La mezcla de estos conocimientos conllevo a una nueva innovación para cada una de estas características, sufriendo modificaciones y adaptándose a los nuevos criterios para la satisfacción de nuevas necesidades.

3.2.1. Los gremios como innovación en la Nueva España

Resulta interesante conocer que, con la llegada de los españoles a Mesoamérica, se tuvieron que hacer cambios con respecto a la organización política y social para ejercer un nuevo control para la población, sin embargo, se retomaron ciertas características prehispánicas para ser aprovechadas y dar paso a una mejora o en este caso una innovación, ya que no fue un cambio radical, simplemente una mezcla de normas o características.

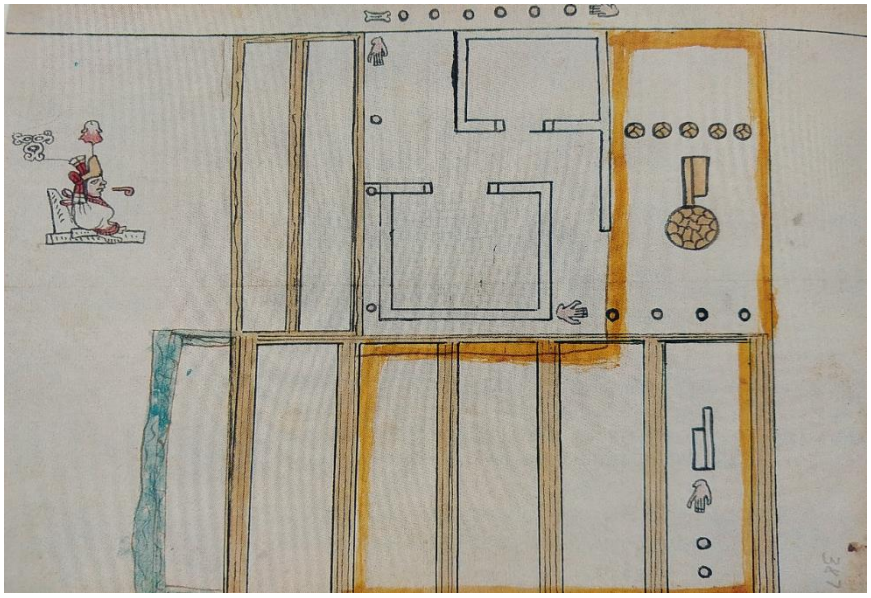


Imagen 95. Ejemplo de un "Calpulli" Barrio San Pablo, México, D.F. (1564). Autor anónimo, plano pictográfico, color. Sin escala, 31x40 cm. Tierras; vol. 55, exp. 5, f. 16 AGN.

El sistema social que se manejaba en gran parte de Mesoamérica se le conocía como *Calpulli* **(imagen 96)**, pequeñas aldeas o barrios delimitados en un territorio y que tenían un sistema político-territorial en donde influían aspectos económicos, administrativos, militares y ceremoniales.

Dentro de los calpullis (conocidos en el virreinato como calpules) existían grados de organización social y que fueron retomados en el virreinato para seguir ejerciendo un control y asignarle actividades laborales a cada persona dependiendo de su jerarquía social. Carrasco (1976, p. 190)

Imagen 96. Jerarquización social. Fuente: https://matadornetwork.com/es/el-tlatoani-que-sento-las-bases-de-la-grandeza-de-tenochtitlan/

Tlatoani, (persona que habla o tiene la voz principal). Era la autoridad suprema dentro de un calpule, gobernaba de por vida y lo sucedían sus familiares.

Teuctli, era el jefe principal de una casa señorial (propiedad territorial que se conformaba por tierras y trabajadores que rendían tributos y pagos al teuctli, este, a su vez, tenía que rendir cuentas al tlatuani).

Pilli, (hijo) era el tercer grado superior conformado por los hijos de un Teuctli o un Tlatoani.

Macehualtin, (macegual, como termino novohispano) eran las personas gobernadas, tenían la obligación de pagar tributos a los Tlatoani, para ello se les dotaba de tierras para trabajarlas, estaban organizados en cuadrillas de veinte hombres con su respectivo jefe. (Chanfón, 1997, p. 97)

Esta clase social fue muy importante durante el Virreinato, ya que su sistema de organización de trabajo permitió que los españoles lo siguieran utilizando, Chanfón (1997) comenta:

"El español utilizo la forma usada en la vieja España, la adaptó a los métodos indígenas, obteniendo formas novedosas para apropiarse de la fuerza de trabajo y la manera de repartirla" (p. 240).

En la época prehispánica existían maestros especialistas en cada una de las áreas de trabajo:

- *Tetzotzoncatlatzontequini.* especialistas en el dibujo
- *Tlatlilanani,* persona que se dedica a medir
- *Tlatamachiuani,* constructores
- *Calquetzani,* albañiles
- *Tenextlatiqui,* canteros
- *Tetzotzonqui,* carpinteros

Fue así que, en el Virreinato, las cuadrillas de maceguales eran las encargadas para los trabajos que requerían de gran esfuerzo y de gran cantidad de trabajadores, agrupándolas en sus respectivas áreas de trabajo (carpintería, cantería, entre otros). **Imagen 97.**

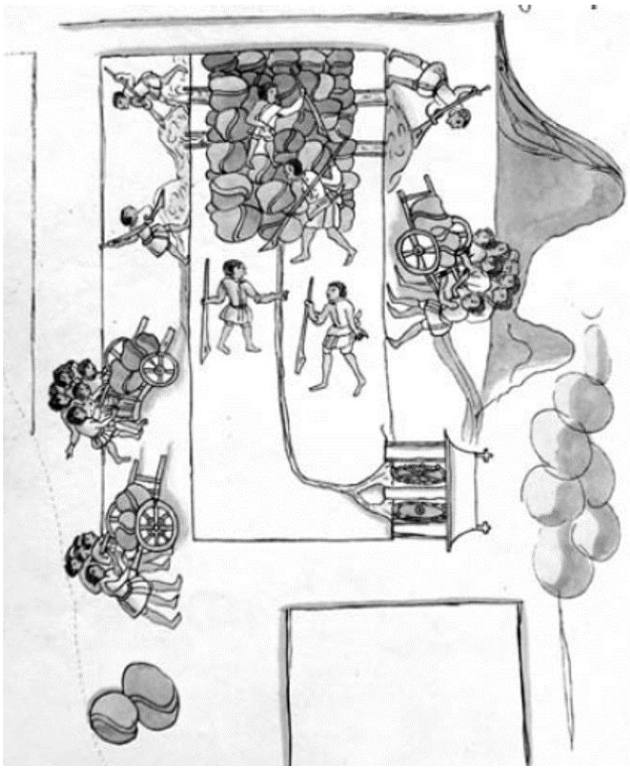


Imagen 97. Los cimientos de la Catedral de México hacia 1564. Códice Osuna. P. 260. Edición del Instituto Indigenistas Interamericano, México, 1947. Fuente: https://www.jstor.org/stable/j.ctv6mtcgr.12?seq=11#metadata_info_tab_contents

También se crearon los gremios como un modo de trabajo a través de corporaciones constituidas por grupos de trabajadores que tenían como objetivo la enseñanza, el desempeño y sobre todo el orden de trabajo para cada oficio que existía. (Ortiz, 2002, p. 63)

Cada gremio contaba con categorías de trabajo; los maestros, oficiales y aprendices. Como jefes de esas organizaciones se encontraban; los mayorales, los alcaldes veedores, clavarios y prohombres, cada uno ejerciendo un objetivo.

Los maestros eran los encargados de los talleres, lugares en donde se llevaba a cabo el trabajo. Dentro de estos lugares se encontraban los aprendices, que eran los

ayudantes del maestro y que realizaban el trabajo arduo, debían de ser personas aptas para cada oficio.

La relación que existía entre un maestro y un aprendiz era a través de un contrato en donde se estipulaba la enseñanza teórica y práctica, hospedaje, comida, vestido y asistencia médica, por su parte el aprendiz estaba obligado a prestar sus servicios al maestro y guardarle absoluta fidelidad. (Ibídem, p. 63)

Aparte de los gremios, también se crearon escuelas dedicadas a la enseñanza de artes y oficios para todas aquellas personas que no tenían ningún conocimiento sobre estos trabajos. Pedro de Gante, uno de los primeros franciscanos que arribaron a la Nueva España, por órdenes de Hernán Cortes, se instaló en Texcoco donde creo el primer prototipo de institución dedicada a la enseñanza de artes y oficios **(imagen 98)**. fundada en 1523, dedicada principalmente a la carpintería, se enseñaba a leer y escribir, cantar y tañer instrumentos musicales, así como de la doctrina cristiana. (López, 2015, p. 96)

Imagen 98. Portada de la escuela de artes y oficios en el municipio de Texcoco. Fotografía por Eduardo López Carlos. Fecha: 11 de Julio de 2020.

En la ciudad de México se encontraba el Convento de San Francisco donde también era un lugar de enseñanza sobre las técnicas constructivas españolas.

> *"Porque los religiosos, demás de enseñar a los Indios a Leer, Escribir y Cantar, y algunas otras cosas de la iglesia…pusieron también diligencia y cuidado de que aprendieran los oficios mecánicos y las demás artes, que la industria humana tiene inventadas, es bien presuponer el ingenio y habilidad, que los mismos Indios tenían de su parte, para percibir lo que se les enseñase…Abia entre ellos grandes escultores de Cantería, que labraban como querían*

en Piedra, con guijarros o pedernales, porque carecían de hierro…Los Carpinteros y entalladores, labraban la Madera con instrumentos de cobre". (Torquemada, 1975, p. 209)

Es así que la conjunción de todas estas técnicas y procesos de trabajo se llevaron a cabo en el Virreinato, en algunos casos se siguieron conservando algunas particularidades de la época prehispánica como la manera de trabajo para los obreros, como se vio anteriormente, la creación escuelas de enseñanza o la instalación de talleres especializados en oficios, el objetivo era instaurar una nueva ciudad sobre los vestigios de otra que había quedado en ruinas, de ahí la necesidad de crear conocimiento teórico y técnico sobre nuevas técnicas de trabajo para los nativos y resolver las nuevas necesidades durante esta temporalidad.

Para esta investigación y a manera de ejemplo, se quiere resaltar al gremio de los carpinteros de lo prieto, dedicados a la construcción de maquinarias hidráulicas, aparatos de labranza, entre otros tantos. *"el nombre prieto parece provenir del color de las maderas que se solían utilizar para sus trabajos".* (Pastrana, 2016, p. 183)

La construcción de ingenios hidráulicos, específicamente los molinos hidráulicos fueron piezas fundamentales para el desarrollo económico en la época. Mientras que en la época prehispánica el uso de fuerza humana fue lo primordial para la producción de cosecha, en este periodo, un molino, no requería de fuerza humana y por ende producía con mayor velocidad.

Imagen 99. Trabajadores indígenas construyendo una capilla. Fuente: Sahagún 1979, libro X, libro 10, cap.8 fol. 17r

Unas de las características primordiales a la hora de construir un ingenio hidráulico en la Nueva España fue la selección de maderas, encontrar especies endémicas que se adaptaran a las características que tenían las maderas procedentes de España. El uso de mezquite, era utilizado para la hechura de ruedas hidráulicas y la maquinaria, así como del Oyamel, utilizado en la carpintería de lo Blanco. (Ibídem p. 183)

Con esta información podemos constatar que los implementos de nuevos materiales llevaron a una innovación tecnológica para la creación de molinos que fueron instalados en la Nueva España y que tenían que ser adecuados a nuevas circunstancias para su correcta ejecución. El molino presentaba sus mismas características como las de Europa o específicamente en España, sin embargo, el uso de distintos materiales presentó una nueva innovación para los molinos en un nuevo territorio y época.

3.3. Innovación en los oficios e instrumentos de trabajo del agua

Un aspecto importante para el diseño de infraestructura hidráulica y en especial para el diseño de ingenios hidráulicos fue contar con especialistas, arquitectos que se dedicaban a la búsqueda, conducción, cambios de nivel y observación del agua, así como de las soluciones arquitectónicas relacionadas con estas. Entre los cuales se encontraba.

Imagen 100. Geómatra. Los veintiún libros de los ingenios y las maquinas. Pág. 123. Redibujo por Eduardo López Carlos.

Aguador. Personas agremiadas que se dedicaban a darle mantenimiento a las fuentes y en ocasiones acarrear agua.

Agrimensor. El nombre deriva del termino agrimensura *"arte de medir las tierras, conocer su superficie y trazar en pequeño sus dimensiones"* (Icaza, 2005, p. 66)

Hidromensor. Persona dedicada a la medición del agua.

para ejercer este oficio era necesario tener conocimientos sobre el uso de la regla y el compa. Tenía que comprobar su experiencia a través de una carta de examen.

Fontanero. Era la persona especializada y encargada en las construcciones hidráulicas, tenía que estar supervisando los trabajos.

Zaorí. Oficial que tenía el objetivo la localización de agua subterránea. Este oficial podría ser desde un filósofo o arquitecto hasta el fontanero. Se puede clasificar a este tipo de oficio en dos grupos por instrumentos a utilizar; los que utilizan la vista o por señales exteriores y los que se apoyan de la abdomancia.

Geómatra. Persona que se dedicaba a medir la tierra por medio de patrones. (Icaza, 2007, p. 54)

Para los indígenas, el agrimensor o geómatra era conocido por *Tlaltamachihuani* o *Tlalpouhqui*, personas que se dedicaban a medir la tierra o el agua.

En la **imagen 103** se puede apreciar el modo de trabajo que se tenía para la construcción de una calzada, ejecutada por un agrimensor y como mano de obra las cuadrillas de maceguales ejerciendo diferentes actividades como el trazo la medición y la nivelación, entre otras.

En la **imagen 104** se observa la mano de obra indígena, probablemente cuadrillas de maceguales ejecutando obras de extracción y labrado de piedra, al mando estaría un oficial de los gremios de la cantería y el uso de herramientas más sofisticadas permite determinar la época del Virreinato.

El uso de herramientas para esta época también fue un factor importante, principalmente de instrumentos para realizar actividades de medición y trazo por parte de los agrimensores o arquitectos.

El objetivo de estos instrumentos es repetir un patrón de medición o módulo sobre una superficie de trabajo.

Resulta interesante conocer que, durante toda la historia, las actividades de medición con instrumentos han sido de gran relevancia, no por nada Platón consideró al compás y a la regla como instrumentos celestiales. Los romanos lo consideraban como la perfección absoluta, mientras que los masónicos asignaron significados diversos a los instrumentos.

Imagen 101. Agrimensor. Los veintiún libros de los ingenios y las maquinas. Pág. 123. Redibujo por Eduardo López Carlos.

Imagen 102. Buscador de agua. Los veintiún libros de los ingenios y las maquinas. Pág. 127. Redibujo por Eduardo López Carlos.

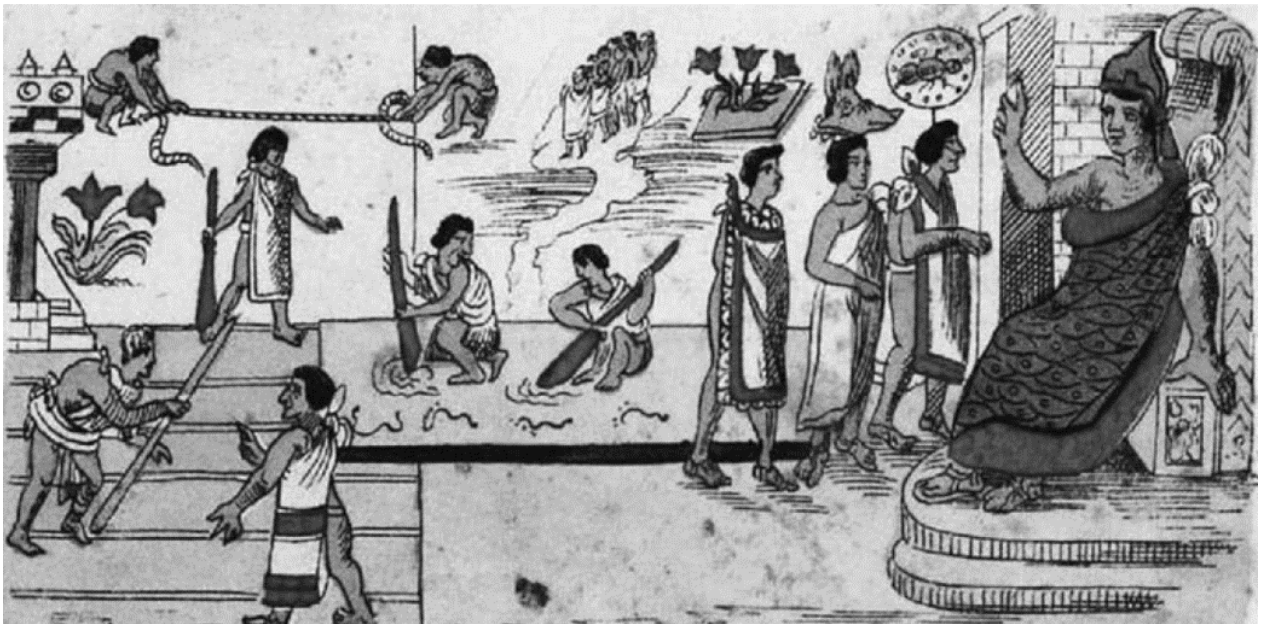


Imagen 103. Xochimilcas y tepanecas construyen calzada por mandato del tlatoani mexica Itzcoatl, Códice Duran. Fuente: https://mediateca.inah.gob.mx/islandora_74/islandora/object/fotografia%3A281252

Imagen 104. Imagen de indígenas participando en las tareas de extracción y labrado de piedra. Códice Florentino de Bernardo de Sahagún. Fuente: http://cultura.hidalgo.gob.mx/libro-descargable-arquitectura-en-el-codice-florentino-y-los-primeros-memoriales/

Los pueblos mesoamericanos tenían sus propios instrumentos de medición, se puede hacer una clasificación dependiendo de las características del objeto, si era flexible o rígido. De los primeros estaba el *mecatl* del náhuatl compuesta por dos palabras; Metl que significa maguey y Catl como estar, "lo que está en el maguey" haciendo alusión al proceso de fabricación de una cuerda elaborada por fibras procedentes del maguey. Mejor conocido como "mecate"

Para la segunda clasificación se encuentran los palos y reglas de medir como; el *temetztlahuauanaloli* considerado como una regla junto con una plomada, el *tlatlamelauhcaittini,* como una balanza y el *tlaoctacayotuloni*, instrumento con el que se medía la altura y profundidad. (Terán, 2008, p. 176)

Los españoles introdujeron instrumentos a la Nueva España como la vara, instrumento de madera (avellano joven, pirul, sabino o ahuehuete, árbol procedente de Mesoamérica) de seis milímetros de diámetro y cuarenta y cinco centímetros de longitud. (Icaza, 2007, p. 54)

Nivel, o también plomada, se encargaba de dar equilibrio a través de dos objetos del mismo peso ya sea a manera de balanza o a manera de plomada (colgando).

Compas, instrumento compuesto de dos piezas iguales que en la parte superior están unidas por medio de un eje que hace posible que una de las piernas pueda girar mientras que la otra sea el punto de apoyo para poder trazar un circulo, medir o tomar distancias. (Icaza, 2005, p. 76)

Cartabón, *"denominada en latin como regla de carpintero, escuadra formada por dos líneas rectas, una horizontal (nivel, amuso o losa de mármol) y otra vertical (perpendículo o abujon, varilla), que forman un angulo recto".* (Icaza, 2007, p. 55)

Corobate, su objetivo era, al igual que la plomada, un instrumento para medir el equilibrio de un objeto "se trata de una mesa larga de madera y de patas cortas que permitían acomodarla en declives; en el travesaño que unía las patas se dibujaba las graduaciones en que se mediría la diferencia de altura del suelo, las cuales eran señaladas por las plomadas que tenía a cada lado del dicho travesaño y en la superficie de la mesa había una ranura donde se ponía agua". (Terán, 2008, p. 173)

Imagen 105. Imagen de indígenas haciendo uso de instrumentos europeos (uso de plomadas y escuadras). Códice Florentino de Fray Bernardino de Sahagún. Libro X, cap. 8, folio 18 r y 16v. Fuente: http://132.248.9.195/ptd2008/septiembre/0632799/0632799_A9.pdf

El uso de nuevas herramientas de trabajo implantadas por los españoles no fue la única innovación establecida en el Virreinato, para poder hacer uso de ellas también se establecieron nuevas medidas y aunque en Mesoamérica ya se tenían establecidos ciertos patrones antropométricos, fue necesario crear un cierto patrón de medidas que beneficiara y también se pudiera entender entre ambas culturas.

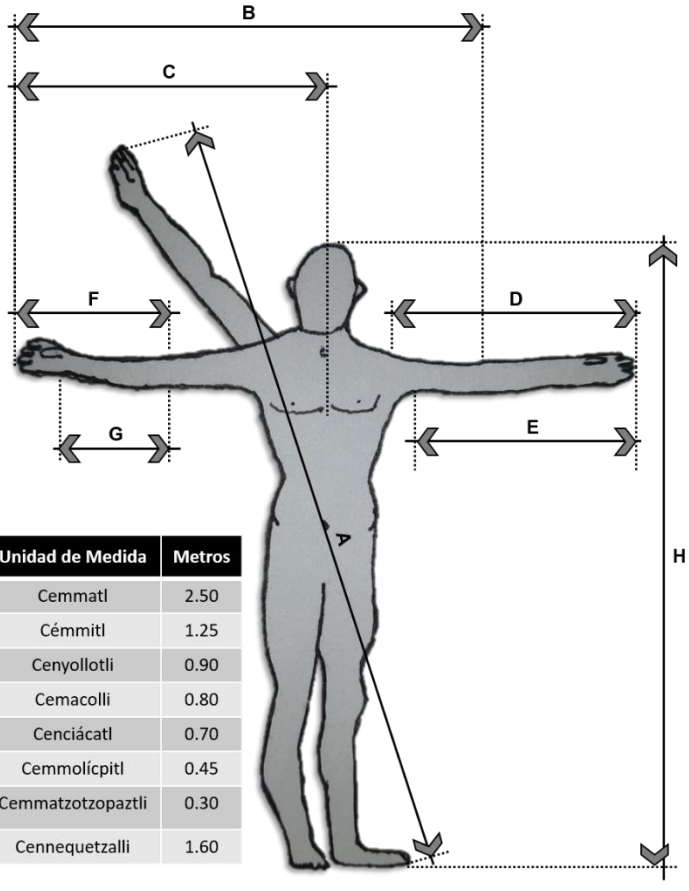
3.4. Innovación en los sistemas de medidas

El establecimiento de un patrón de medidas dentro de un territorio delimitado nos puede dar a entender que existe una clara organización, sustentada en instituciones que se dediquen a establecer una correcta operación y que también es un tributo de poder.

Hay que recordar que después de la conquista, uno de los principales cambios que hubo en Mesoamérica, fue el despojo de recursos naturales hacia los indígenas por parte de los españoles y poseer un control total, situación por la que fue indispensable establecer un sistema de medidas que se pudiera entender entre estas dos culturas para la repartición de la tierra y el agua.

(Solano, 2007) especifica:

> *"La primera y gran originalidad que adquieren las medidas agrarias hispanoamericanas es que no se verifican exclusivamente sobre los modelos europeos, como sería obvio pensar, ya que son éstos quienes originan los repartos de tierras, sino que reciben una notable influencia de las formas prehispánicas"* (p. 30)



Letra	Unidad de Medida	Metros
A	Cemmatl	2.50
B	Cémmitl	1.25
C	Cenyollotli	0.90
D	Cemacolli	0.80
E	Cenciácatl	0.70
F	Cemmolícpitl	0.45
G	Cemmatzotzopaztli	0.30
H	Cennequetzalli	1.60

Imagen 106. Medidas antropométricas prehispánicas. Unidades nahuas de medida. Pág. 219. Redibujo por Eduardo López Carlos.

Para ambas culturas existía un común denominador; el uso de medidas antropométricas (uso de patrones del cuerpo humano) por lo que fue una gran ventaja para los españoles, facilitando la comprensión y llegar a un acuerdo entre ambas culturas.

La unidad de medida que se utilizaba en la época prehispánica era el *cemmatl,* era la principal unidad por las que se regían todas las demás, correspondía a la distancia que

existía de la punta del pie izquierdo a la punta de la mano derecha con el brazo extendido. (Castillo, 1972, p. 213)

De esta medida se derivaron otras como el *Cemmitl*, unidad de medida que existe de uno de los codos hasta la punta de la mano contraria, *cenyollotli*, medida de la punta de una mano hasta la mitad del pecho; medidas relacionadas con las extensiones de los brazos y manos, *cemacolli, cenciacatl, cemmolicpitl, cemmatzotzopaztli* o la propia altura de una altura *cennequetzalli.* como se muestra en la **imagen 106.**

La innovación que se presentó en la Nueva España fue el cambio de unidad de medida, la vara castellana, respaldada por el marco de Burgos y que, de ella se desprenderían las demás. Es importante saber que el sistema de cálculo de los españoles estaba influenciado por la cultura musulmana, por lo tanto, la numeración que se tenía para esos momentos consistía en la base de diez. (Chanfón, 1997, p. 250)

Por lo tanto, (Terán, 2008)

> *"La vara se subdividió en dos medidas; tres tercias o pies; cuatro cuartos o palmos; seis sesmas; ocho ochavas; treinta y seis pulgadas; cuarenta y ocho dedos; cuatrocientas treinta y dos líneas y cinco mil ochenta y cuatro puntos. Palmos, pies y dedos, fueron subdivisiones tomadas del cuerpo humano"* (p. 89)

Para las distancias con mayor longitud se encuentra el cordel, equivalente a 50 varas o a 42 metros, a su vez una legua legal media 100 cordeles o 5 000 varas equivalentes a (4 200 m), media legua correspondía a 2 500 varas mientras que para un cuarto de legua era igual a 1 250 varas (ver tabla en el apéndice). (Ibídem, p. 89)

3.4.1. Medidas Agrarias

Para delimitar y establecer áreas de trabajo agrarias, cosecha o crianza de animales porcinos y bovinos, el uso de la vara o cordeles fue importante para establecer un control legislativo y protección sobre las tierras. Sin olvidar que, como las tierras pasaron a ser parte de la corona, si se requería tener una hacienda o fundo legal se tenía que solicitar un permiso en los cabildos.

Por lo tanto, existían determinadas dimensiones y áreas para cada una de estas actividades;

1. Del sitio de ganado mayor. Correspondía la figura de un cuadrado, cuyos cuatro lados estaban orientados a los cuatro rumbos cardinales. Se tenía en cada lado 5 000 varas, equivalente a una legua legal española **(Ver imagen 107)**
2. Criadero de ganado mayor. De menor tamaño y con 2 500 varas para cada uno de sus lados **(Ver imagen 107)**
3. Del sitio de ganado menor. Correspondiente a las actividades para la crianza de ganado bovino y determinado por un cuadrado, en donde cada lado tiene 3 333 y una tercia de varas. **(Ver imagen 108)**
4. Criadero de ganado menor. Representado por la cuarta parte de un ganado menor. Equivalente a 1 666 y dos tercias de varas por cada lado, **(Ver imagen 108)**. (Galván, 1851, p. 125-128)

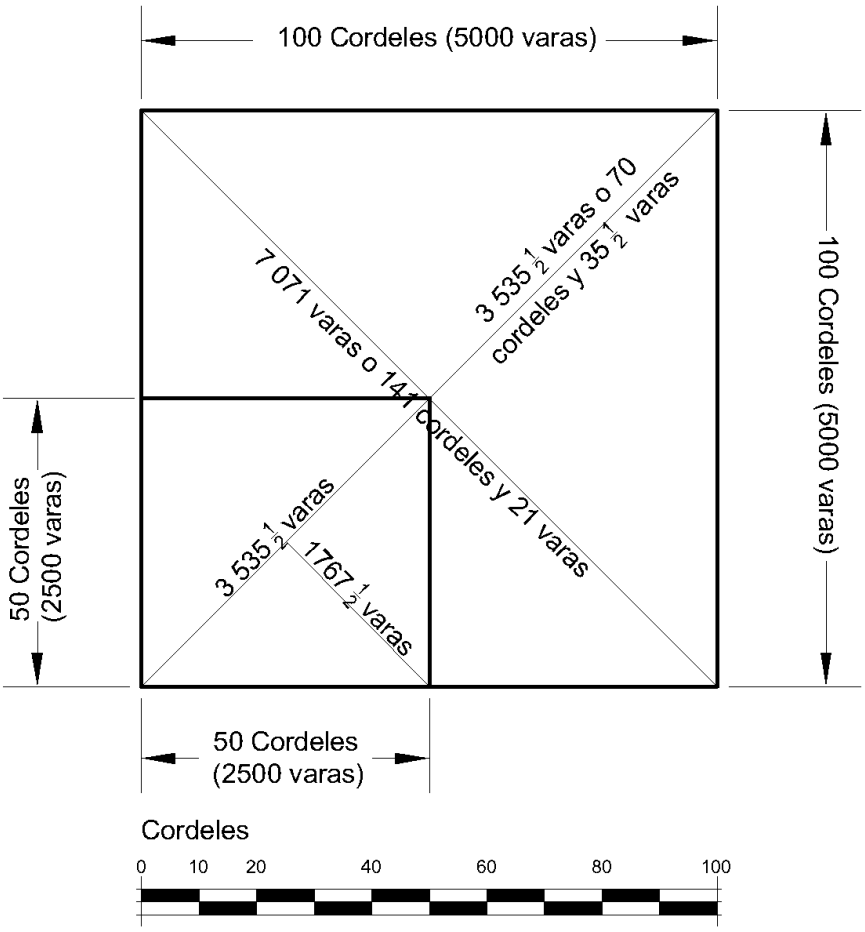


Imagen 107. Representación de las medidas de un sitio y criadero de ganado mayor. Un cordel es igual a 50 varas. Fuente: Ordenanzas de tierras y aguas, Galván, 1851. Pág. 126. Redibujo por Eduardo López Carlos.

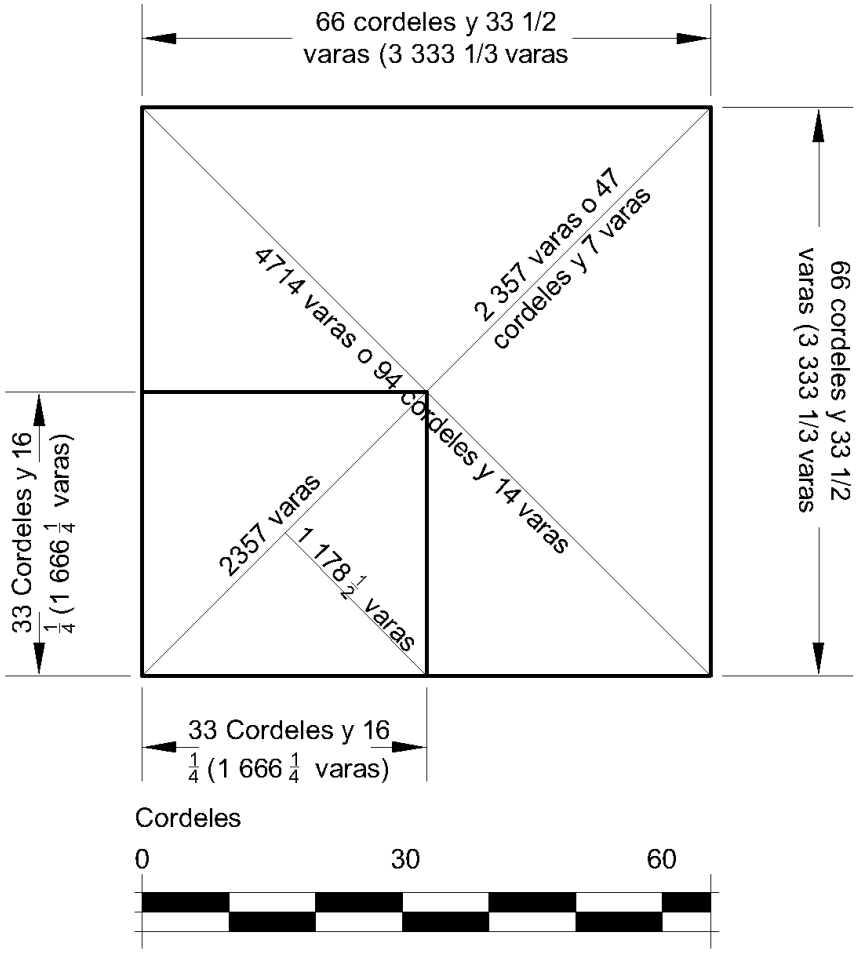


Imagen 108. Representación de las medidas de un sitio y criadero de ganado menor. Un cordel es igual a 50 varas. Fuente: Ordenanzas de tierras y aguas, Galván, 1851. Pág. 128. Redibujo por Eduardo López Carlos.

Las tierras destinadas para la cosecha como el trigo y el maíz utilizaban como unidad de medida;

1. La caballería de tierra, representada por un rectángulo o paralelogramo con dos lados desiguales; uno con 552 varas por 1 104 varas, como se indica en la **imagen 109**.
2. De media caballería de tierra. Como su nombre lo indica era la mitad de cada lado correspondiente a una caballería de tierra **(imagen 109)**.
3. Suerte de tierra. Representaba a una cuarta parte de una caballería de tierra, indicada en la **imagen 109**. (Ibídem, p. 125-128)

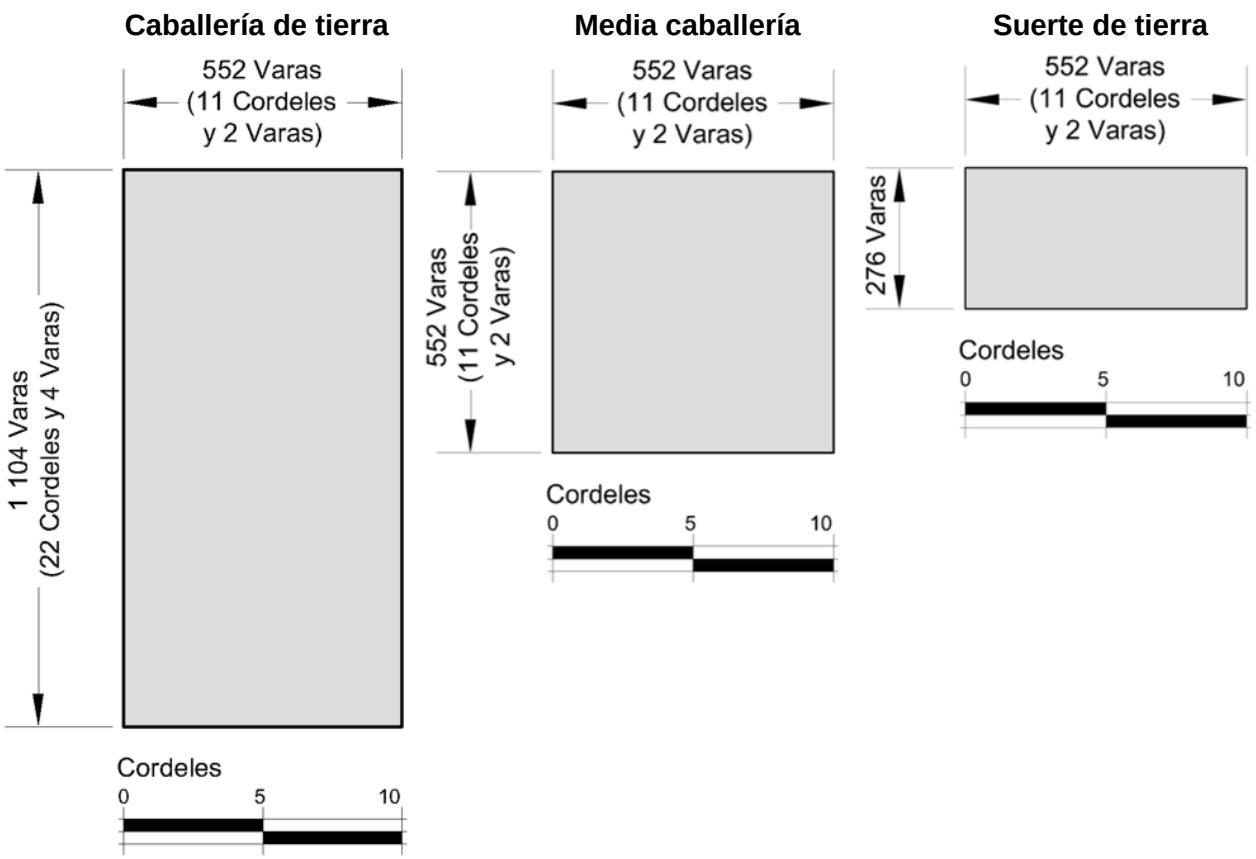


Imagen 109. Representación de una caballería de tierra, media caballería y una suerte de tierra. Fuente: Ordenanzas de tierras y aguas, Galván, 1851. Pág. 129. Redibujo por Eduardo López Carlos.

A su vez, una caballería o porción de tierra era subdividía en fanegas o pequeños espacios de tierra, de acuerdo al tipo de cosecha que se iba a realizar (trigo o maíz).

1. Para fanegas de siembra de trigo **(imagen 110)**. Se tenía que dividir una caballería en 69 partes, con dimensiones de 184 varas de largo por 48 varas de ancho. Contemplando una superficie de 8832 varas cuadradas.
2. Para fanegas de siembra de maíz **(Ver imagen 110)**. La caballería estaba dividida en 12 fanegas, de 276 varas de largo por 184 varas de ancho, con una superficie total de 50 784 varas cuadradas. (Ibídem, p. 129-130)

No todas las porciones de tierras tenían que ser regulares, también las habían de forma irregular, dependiendo de las circunstancias y contextos del área a ejecutarse.

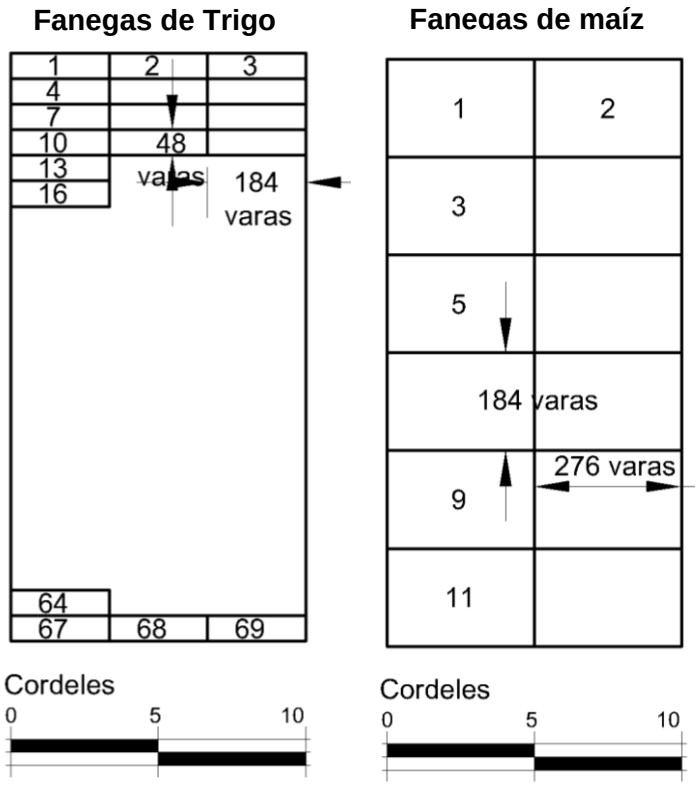


Imagen 110. Representación de fanegas de trigo y maíz dentro de una caballería de tierra. Fuente: Ordenanzas de tierras y aguas, Galván, 1851. Pág. 129. Redibujo por Eduardo López Carlos.

3.4.2. Datas o medidas de agua

El control y la distribución del agua también era importante de controlar, al igual que la tierra, este recurso también le pertenecía a la corona, por lo tanto, existía un desenfrenado abuso de autoridad y aprovechamiento por parte de la nobleza, autoridades o hacendados.

Las mercedes de agua, organizaciones establecidas por la corona, tenían el objetivo de ceder jurídicamente las cantidades de agua proporcionales a la actividad a realizar. En cuanto al tema de abasto de agua en los molinos, según (Terán, 2008)

> *"Las mercedes de agua evitarían que dueños de los molinos establecidos cerca de donde hubiera ríos y de los asentamientos urbanos, debido a que las ciudades eran las principales consumidoras de harina, acapararan el líquido llevando agua para su molino, sin embargo, tal medida no evitó las constantes quejas por parte de los afectados"* (p. 89)

Tal problema conllevó también a que se instalaran fuentes repartidoras de agua por parte de los propietarios para suministrar este recurso a comunidades aledañas o a dueños de haciendas, ranchos, caballerías, entre otros.

Otro método que se utilizó para evitar que el agua fuera privilegiada para unos cuantos, fue la creación de tandas, turnos durante el día en las que las personas podían aprovechar el abastecimiento de agua; diurna, la que se suministraba durante el transcurso del día, la nocturna y la perenne, que tiene constante movimiento. (Galván, 1851, p. 211)

La analogía que se tomó como unidad de medida para las datas de agua fue el buey, animal de grandes proporciones.

Por lo tanto, un buey representaba una abertura o data de agua de figura cuadrada con una medida de una vara por lado (una vara cuadrada de área). Una vara cuadrada era igual a 48 surcos, equivalentes al cruce de dos canales abiertos y que dejaban un rastro en la tierra. Era equivalente también a 144 naranjas, a 1 152 reales o 20 736 pajas (ver tabla de datas en el apéndice). (Terán, 2008, p. 96)

El surco, era una data rectangular de 8 por 6 dedos, con un área de 48 dedos cuadrados. Era utilizada para repartimientos.

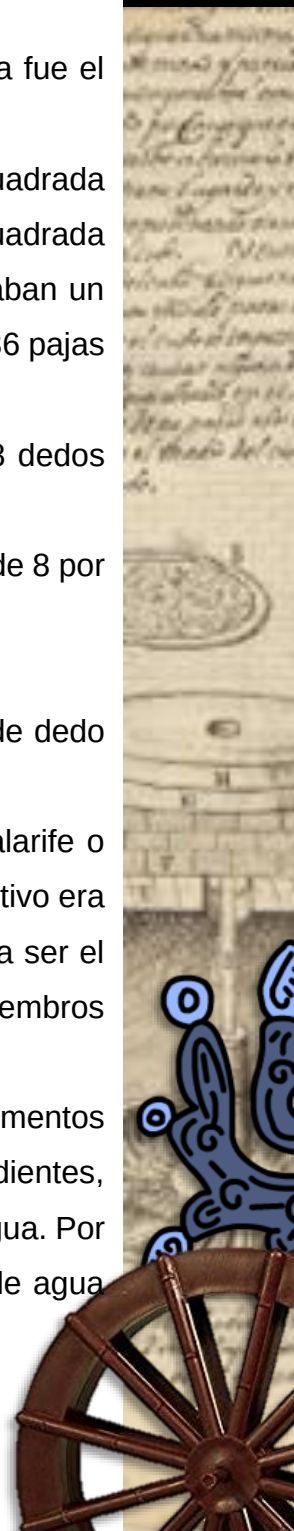
Naranja, al igual que el surco, estaba compuesto de una data rectangular de 8 por 2 dedos, con una superficie de 16 dedos cuadrados.

El real, de 2 por 1 ½ dedos y con una superficie de 3 dedos cuadrados.

La paja, constituida por 1/3 de dedo por ¼ y con una superficie de 1/12 de dedo cuadrado, siendo la data más pequeña. (Ibídem, p. 96)

El uso de este recurso también implicaba diversos oficios; como el del alarife o persona encargada de suministrar agua a la comunidad, el obrero mayor, su objetivo era estar encargado y dar el visto bueno a las obras hidráulicas, en ocasiones podía ser el mismo alarife, quien estuviera encargado para esa actividad. Era uno de los miembros del cabildo y por lo tanto era el que también otorgaba las mercedes de agua.

El cañero mayor se tenía que hacer cargo de las cajas de agua, instrumentos constituidos de mampostería que distribuían el agua con las datas correspondientes, mediante el uso de compuertas que eran las que controlaban el flujo y paso del agua. Por último, se encontraban los aguadores, personas que se dedicaban al acarreo de agua



procedente de una fuente o pila y llevársela a un cliente. En cuanto al aspecto técnico, existían gremios especializados en estos temas, constituidos por trazadores, maestros o veedores de aguas o cañerías. (Chanfón, 1997, p. 419)

Para los molineros fue un gran problema el establecimiento de datas, ya que la cantidad de agua que se requería no era la suficiente para poder accionar sus maquinarias, para el lavado de trigo y sobre todo para irrigar sus áreas de cosechas.

En ocasiones este tipo de problema hacia que los propietarios tuvieran que construir más de un molino (uno seguido de otro, aprovechando la pendiente del terreno y que el flujo de agua pasara por una sola acequia la cual administrara el agua por los cárcavos de un primer molino para después comunicarla al siguiente y posteriormente a los demás. Cuando el agua salía del socaz del ultimo molino, era canalizada de nueva cuenta para reutilizarla en los huertos o campos de trigo o darle cualquier otro uso) satisfaciendo sus necesidades.

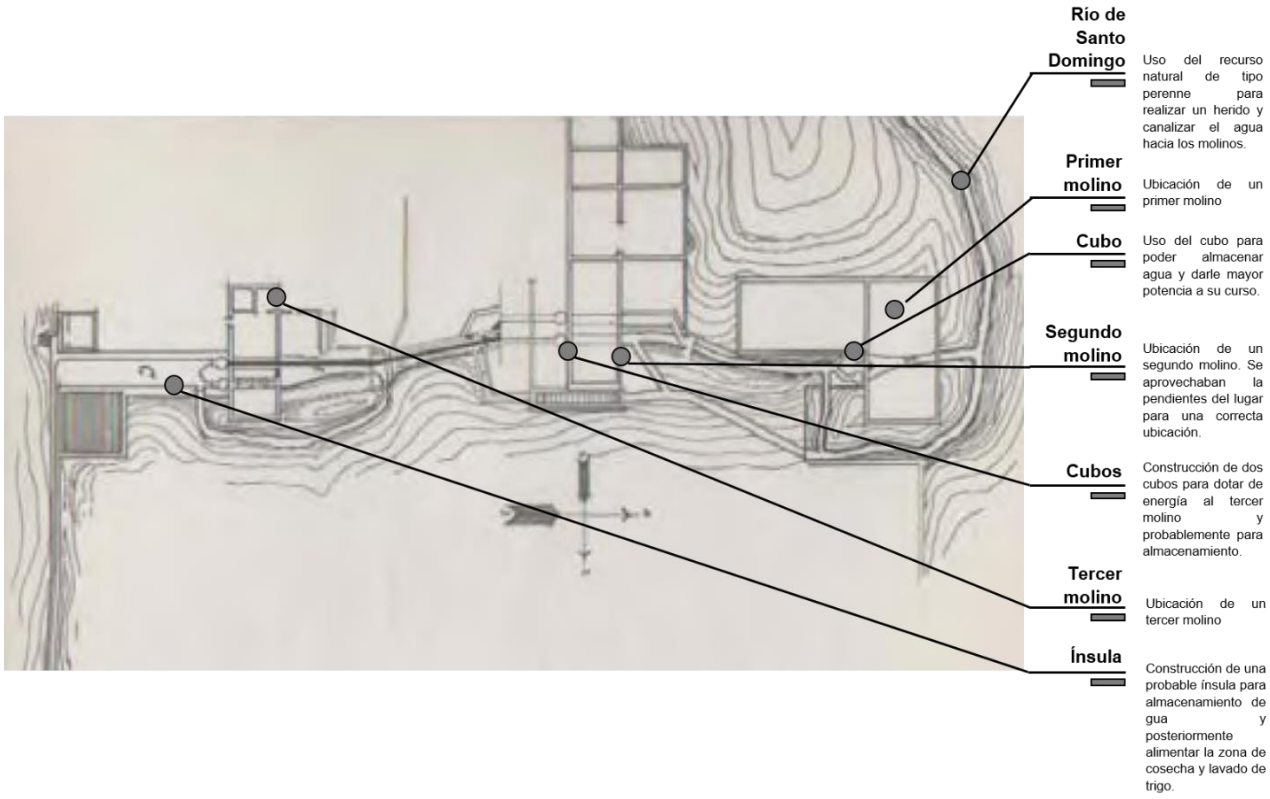


Imagen 111. Plano de los molinos en Santo Domingo, Tacubaya. Fuente: El castillo de la fama, Terán Pág. 99, extraído del Archivo Histórico del Gobierno del DF.

Un ejemplo de este implemento fue en los molinos de Santo Domingo **(Imagen 111)**, construcción realizada por Hernán Cortes que supo aprovechar el agua proveniente de un rio perenne e instaló molinos de trigo. *"en las barrancas de ese lugar y que forman el rio que se llamó después de Santo domingo"* (Desentis y Ortega, 1997, p. 1-2)

Otro ejemplo de este tipo de innovación fue en la Hacienda de Zavaleta ubicada en la zona de Chalco y Amecameca, en el pueblo de Tlamanalco.

> *"Una hacienda de labor en la provincia de Chalco términos del pueblo de Tlalmanalco nombrada Nuestra señora de la Concepción, con todas las caballerías de tierra que le pertenecen y dos molinos de Panmoler y por la del norte con el rio que baja de dicha Sierra al dicho pueblo de Tlamanalco y tierras de don Juan de Galia y San Juan Athacoloya: y por la del poniente con las tierras de Phelipe de Escorsa y de dicho Pueblo para el de Amecameca y para el de Santo Thomas"* (Perea, 2015, p. 45)

Como se puede apreciar en la **imagen 112** esta hacienda estaba compuesta por dos molinos (el de arriba y el de abajo) ubicada a las orillas del rio Tlamanalco y que

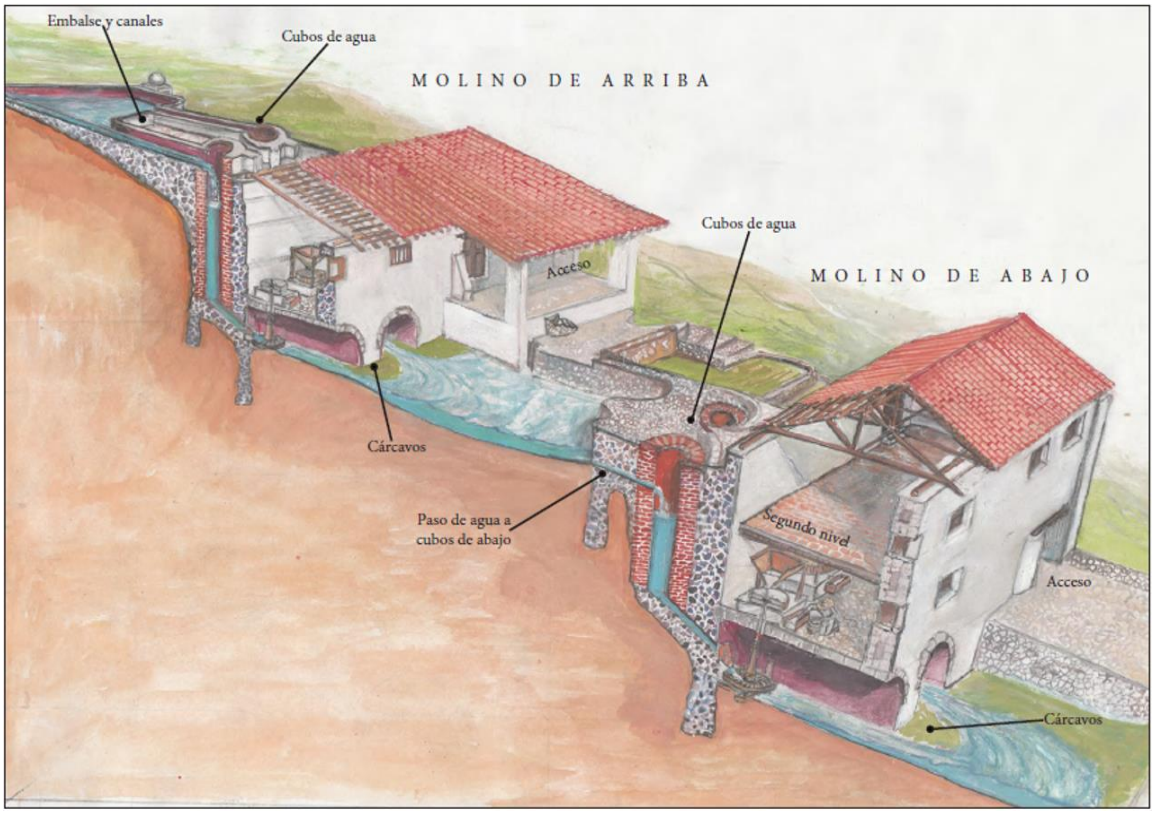


Imagen 112. Perspectiva de la ubicación de dos molinos (el de arriba y el de abajo. Se aprovechan los desniveles del lugar para colocar los molinos y construir cubos que servían para darle mayor fuerza al agua y poder mover los rodeznos. Fuente: Las haciendas y sus molinos en Chalco-Amecameca, 1679-1784. Molino hidráulico de la Hacienda Zabaleta. Perea Pág. 74

servía como fuente de energía junto con la construcción de balsas y cubos para mover los rodeznos de cada uno de los molinos.

Con este otro ejemplo podemos constatar la importancia de la creación de datas para poder tener un control sobre el uso del agua y sobre todo que no fuera exclusivamente para los hacendados.

Las medidas agrarias requeridas para establecer un solar para un molino eran de 50 varas (1 cordel) por cada lado, teniendo una superficie total de 2500 y para establecer una data de agua para molino se requerían 8 curcos continuos.

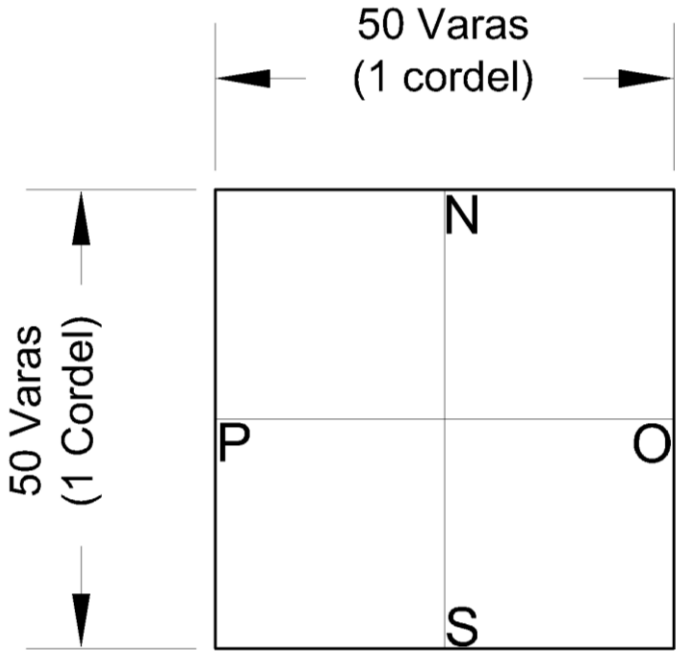


Imagen 113. Dimensiones para el solar de un molino (50 varas por lado). Fuente: Ordenanzas de tierras y aguas, Galván, 1851. Pág. 129. Redibujo por Eduardo López Carlos.

3.5. Las haciendas como innovación de producción agrícola

Como se ha venido comentando durante toda esta investigación, la innovación es el proceso de cambios en un objeto o circunstancia por medio de la aplicación del conocimiento. Esta acción surge a través de satisfacer las necesidades del hombre.

El uso de chinampas durante la época prehispánica fue un método eficaz de cultivo que se utilizó en el valle de México y que, a inicios de la conquista se siguió preservando, sin embargo, la necesidad por parte de los españoles al querer consumir sus productos

locales hizo que se establecieran nuevas porciones de tierra para comenzar con la cosecha de sus productos, como el trigo, la cebada, la caña de azúcar, así como de la producción de carne a través de la ganadería, criaderos de animales de ganado vacuno o caballar o las de ganador menor, ovejas y cabras.

A consecuencia de estas necesidades, con una rápida extensión territorial y con la falta de chinampas que no se producían a las afueras del valle fue que se crearon nuevos sistemas de producción agrícola. Las primeras cesiones de tierras fueron a través de la concesión de mercedes (sitios y criaderos de ganador mayor o menor, caballerías y fanegas, vistas con anterioridad) y posteriormente se crearon las haciendas, como conjunto de bienes que poseía un individuo.

Ahora estos sistemas de producción no solo estaban vinculados con una producción en específico, sino que tuvieron posiciones de todos los recursos naturales y también de las personas que habitaban en ese territorio ya delimitado, por lo que incluso si existían indígenas con tierras en la región, eran obligados a tener que sobrevivir con poca cantidad de agua o con solo el aprovechamiento de aguas temporales; recibiendo la gran cantidad de agua a los hacendados, como herramienta indispensable para la producción en estas regiones. Esas personas eran la mano de obra en las haciendas.

Heerbert Nickel (1978) establece tres características primordiales de una hacienda:

A). El dominio sobre los recursos naturales de una zona (tierra y agua)

B). El dominio sobre la fuerza de trabajo

C). El dominio sobre los mercados regionales y locales (p. 432)

De esta forma, las haciendas se fueron consolidando como la principal institución referente a la distribución de tierras en la Nueva España. Dejando a los indígenas únicamente con lo necesario para subsistir, mientras que las elites españolas eran constituidas como los nuevos hacendados, es así que para mediados del siglo XVI dos terceras partes de las tierras agrícolas en el Valle de México les pertenecían a los hacendados españoles. (Gibson, 1964 p. 35)

Para el siglo XVII, las haciendas abarcaban importantes territorios en la zona del Bajío, el Valle de México, valle de Oaxaca, la Mixteca alta y el sur del Istmo. La actividad minera había disminuido en el siglo XVII y una vez que el comercio entre las Américas

tomó importancia, en el siglo XVIII, las haciendas ya eran la fuente de ingresos económicos agrícolas más grande de la Nueva España. Su modo de organización era el que distaba la forma de organización de las actividades agrícolas durante esa época y tenían el poder de establecer el patrón de vida de la población en zonas rurales, de suma importancia en una sociedad meramente conformada por comunidades rurales. (Flores, 1964 p. 8)

A continuación, se presenta el **gráfico 9** para señalar el modelo de trabajo y la estratificación socio – económica de una hacienda.

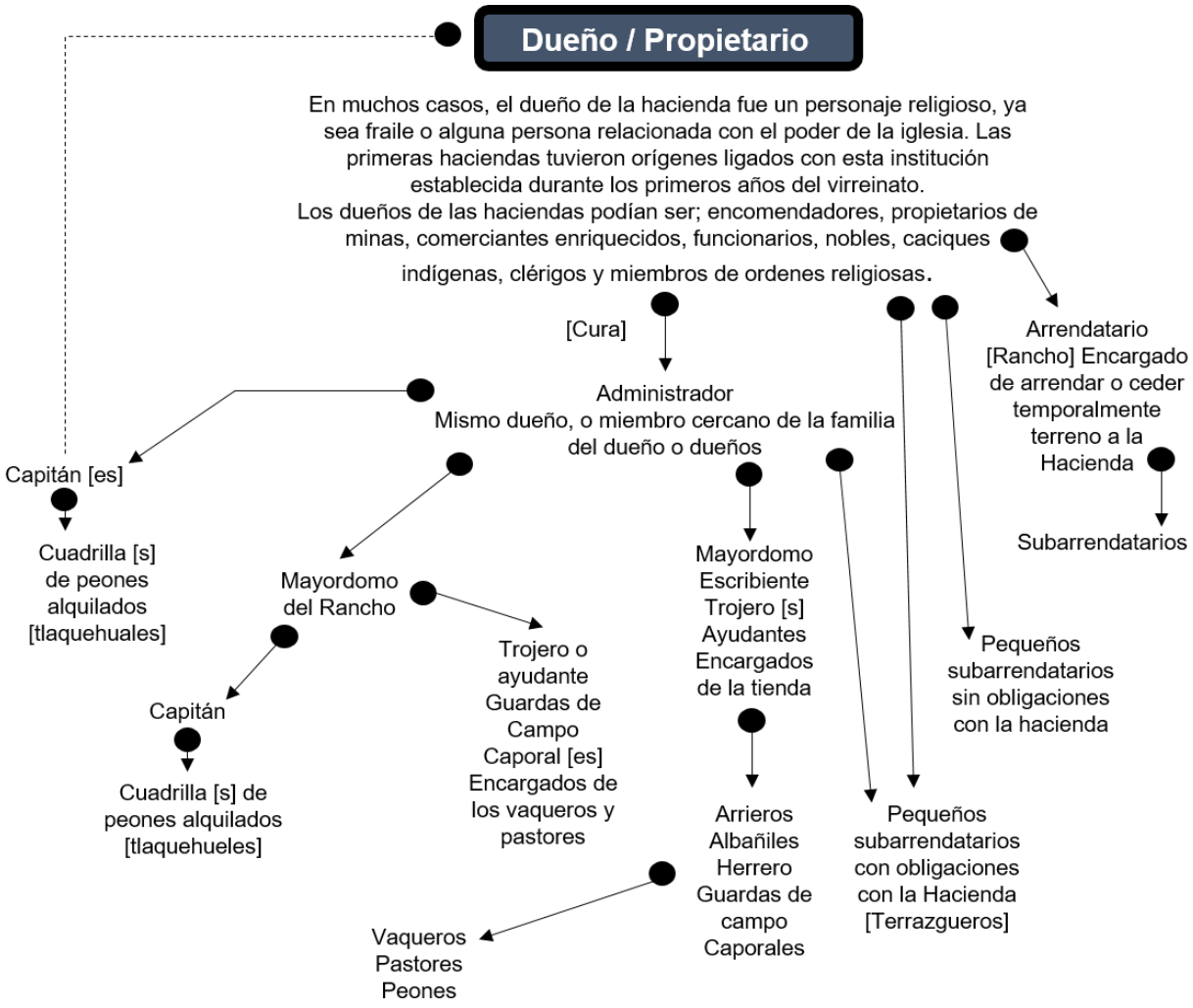


Gráfico 9. Modelo de trabajo y la estratificación socio – económica de una hacienda durante el virreinato.
Fuente: Arquitectura Colonial: Haciendas en México Sistemas de Producción y Clasificación [1530-1850 d.C.]. Re diseño por Eduardo López Carlos.

3.5.1. Clasificaciones de una hacienda

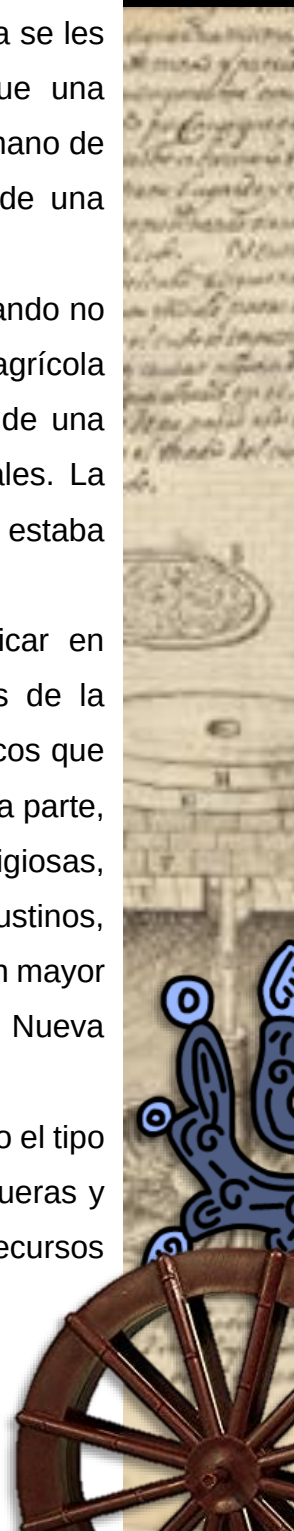
Una característica que existe en una hacienda es la extensión territorial, por lo que se puede hacer una clasificación de acuerdo al espacio de trabajo. Los factores que estaban presentes en cada tipo de hacienda era el tipo de trabajo que se realizaba, la calidad del suelo y, por último, la disponibilidad de tierras que había en una región.

Las unidades productivas que contaban con grandes extensiones de tierra se les conocía como latifundios, tenían establecidas las mismas características que una hacienda (aprovechamiento de los recursos naturales y uso de personas como mano de obra). Se le puede considerar a los latifundios como la máxima realización de una hacienda. (Wobeser, 1983 p. 54)

Cuando la extensión de tierra en una unidad de trabajo era reducida o cuando no cumplía con ciertas características primarias, se le conocía como rancho, unidad agrícola establecida en tierras propias o arrendadas, su producción era menor que la de una hacienda y por lo tanto carecía de poder de posesión en los recursos naturales. La palabra rancho también era utilizada para designar a un pequeño poblado que estaba establecido en los límites de una hacienda. (Ibídem p. 55)

Dependiendo el tipo de propietario de una hacienda se podía clasificar en hacendados laicos; altos funcionarios públicos que tenían posesión a inicios de la conquista, percibían altas cantidades de sueldo y contaban con privilegios políticos que les facilitaban la adquisición de tierras e indios para poder ser trabajados. Por otra parte, estaban los hacendados eclesiásticos, constituidos por conventos, órdenes religiosas, colegios o congregaciones. Entre los más importantes se encontraban los agustinos, dominicos y jesuitas con posesiones de tierras, siendo estos últimos los que tenían mayor posesión de tierras hasta convertirse en los más poderosos hacendados de la Nueva España. (Ibídem p. 65)

Otra clasificación que se puede hacer sobre las haciendas es determinando el tipo de producción que se ejecutaba; había haciendas ganaderas, azucareras, pulqueras y las cerealeras, que son las que se analizaran en esta investigación. El uso de recursos naturales, mano de obra y tecnología dependía de cada tipo de hacienda.



La ubicación de las haciendas cerealeras predominaba en las tierras altas y medianas del valle, además de la producción de trigo, se cosechaba maíz y en menores cantidades cebada, esto se debía a que *"existía una calidad de las tierras y por el clima tan favorable que había a una altitud comprendida entre los 1 500 y 2 000 metros sobre el nivel del mar, circunstancian que convertían a este territorio en una de las zonas más apropiadas para el cultivo de cereales…"* (López y Río, 1996 p. 36)

3.5.2. La arquitectura presente en las haciendas cerealeras

El objetivo de la arquitectura es satisfacer las necesidades espaciales para una persona u objeto, para el caso de las haciendas cerealeras, el molino hidráulico era el eje principal de una hacienda, los espacios subyacentes a este tenían que satisfacer las actividades que se llevaban a cabo en el proceso de la molienda.

La primera actividad que se realizaba a cielo abierto era la limpieza del grano, por lo regular contaba con elementos ajenos como pequeñas piedras o pajas que tenían que ser retirados para que existiera una buena molturación y la harina no saliera contaminada o produjera alteraciones en su sabor **(Imagen 114)**.

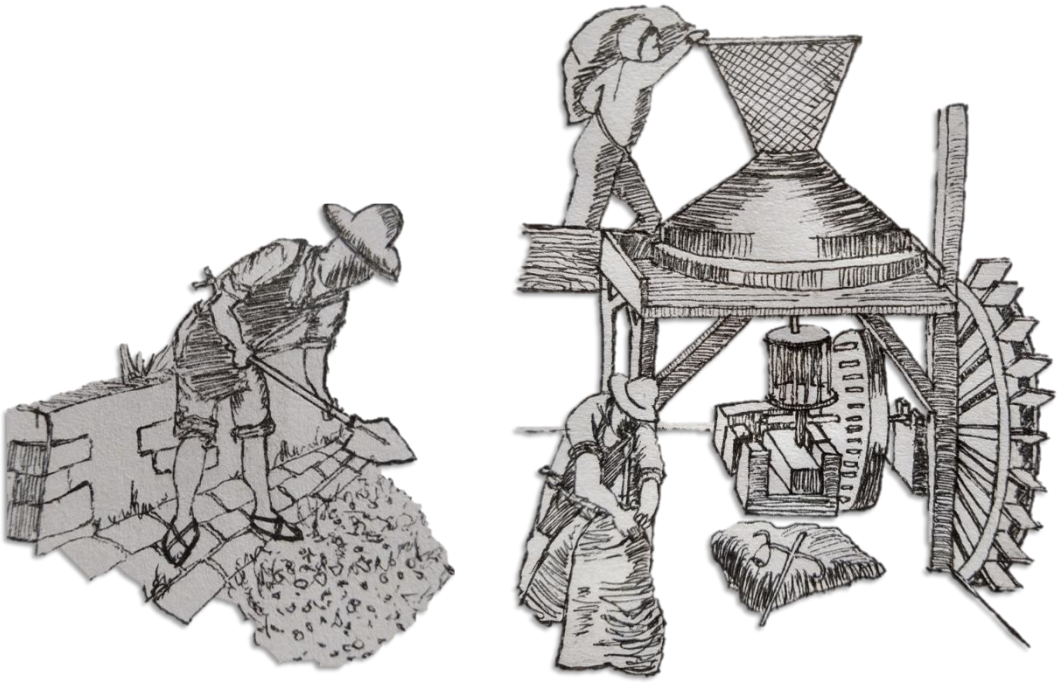


Imagen 114. Proceso de molienda. La imagen de la izquierda representa la limpieza del grano, mientras que en la imagen del lado derecho corresponde al vaciado del grano seco en la tolva, posterior a la molturación, la harina es almacenada en costales.
Fuente: A. Sáenz de Santa María (1985). Re dibujo por Eduardo López Carlos.

Posterior a la limpieza, el grano se tenía que lavar; este proceso consistía en colocar el grano dentro de canastas que tenían pequeñas aberturas para después ser introducidas en depósitos o canales de agua y comenzar, por medio de movimientos el lavado y desprendimiento de sedimentos que no procedían de la semilla. Los cuartos de lavado en las haciendas satisfacían las necesidades de trabajo para estas actividades y por lo regular se tenían que encontrar cerca del molino.

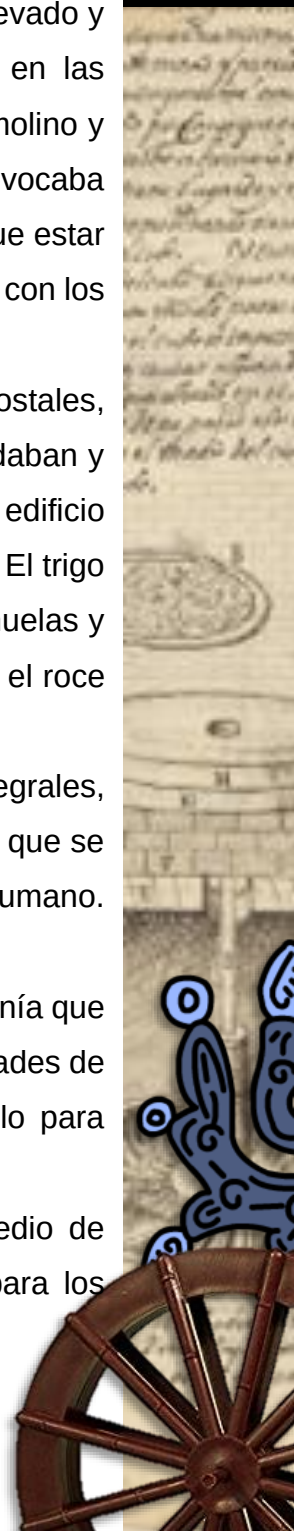
Una vez lavada la semilla de trigo se llevaba al asoleadero, sitio donde se procedía al secado y oreado. Si el trigo no pasaba por este proceso, al momento de ser llevado y triturado al molino, el trigo se transformaba en una pasta que se quedaba en las oquedades de las estrías de las muelas, por lo que se tenía que desmontar el molino y dar limpieza a cada una de ellas, proceso que no era fácil de hacer y que provocaba atrasos en la producción. Las características de este lugar es que el piso tenía que estar con una buena superficie lisa para vaciar el trigo y que este estuviera en contacto con los rayos del sol y con una buena ventilación. (Pastrana, 2012, p. 79)

Una vez secado el trigo, se procedía a ser recogido y almacenado en costales, llevados a los graneros o mejor conocidos como trojes, sitios donde se resguardaban y almacenaban los costales para su posterior molienda. Por último, se encuentra el edificio donde estaba ubicada la maquinaria y donde se daba el proceso de molturación. El trigo era vaciado en la tolva y el molinero comenzaba con su labor de ajuste de las muelas y el rodezno para tener una determinada velocidad. El objetivo era no permitir que el roce de las piedras generara calor y la harina se pudiera quemar.

Existían diferentes tipos de harinas producidas en los molinos; las integrales, donde se incluía las cascaras del trigo en el proceso de la molienda, las gruesas que se utilizaban para alimentar a los animales y las finas que eran para consumo humano. (Ibídem, p. 80)

Cuando la harina salía del proceso de molienda y caía en el harinero, se tenía que dejar reposar para que se enfriara, posteriormente era cernida y pesada por unidades de medidas específicas como las fagenas, el almud, le medio almud y el cuartillo para después ser almacenaba en sacos.

Una vez almacenados los costales de harina, eran trasladados por medio de carretas tiradas por animales ubicados en los macheros (sitios de almacén para los



medios de transporte) hacia el exterior de la hacienda o ubicarlos en la tienda de raya, lugar en donde se expedían diversos productos y que eran vendidos a los mismos trabajadores. (Gómez, 2008, p. 107)

Por último, se encuentran los espacios requeridos por el molinero y los ayudantes ya que tenían sus propios dormitorios, estos estaban estipulados en los contratos de arriendo. También estaba el despacho donde se almacenaba toda la documentación que era generada por la administración del molino.

Las haciendas eran sitios de producción industrial, pero también eran sitios en los que la mano de obra vivía en esos lugares, por lo tanto, aparte de tener el espacio requerido del molino, también se anexaron lugares para el proceso de la molienda. Caso contrario a los espacios arquitectónicos de los molinos en Europa, en donde:

> *"No todos los molinos tenían espacios de este tipo. En molinos de uso comunitario, los clientes realizaban el trabajo de preparación del grano en sus casas y llevaban el grano listo para molerse. En cambio, los molinos con organización preindustrial tenían toda una cadena de trabajo en su interior"* (Pastrana, 2012, p. 76)

Alonso (1993) señala que existen seis modelos principales de un edifico de molino.

1. Los molinos de tipo primario, eran los más sencillos con una planta cuadrangular con base en muros de mampostería y con una cubierta a dos aguas. Contaba con un par de muelas.
2. Los molinos de planta baja, pero con dos pares de muelas.
3. Corresponden a los molinos de dos plantas, pero sin vivienda, utilizada como bodega para las herramientas a utilizar en el proceso de la molienda.
4. El cuarto tipo corresponde a los molinos de planta baja con vivienda anexa.
5. El quinto, corresponde a los molinos que, en planta baja se encuentra se encuentra el molino y la vivienda, mientras que en la planta está la cernedora.

   (p. 23-25)

A continuación, se presentan dos **gráficos (10 y 11)** que muestran los partidos arquitectónicos, uno del edifico de un molino español o europeo y el otro de un casco de una hacienda. El propósito es observar la innovación que estuvo presenta en la arquitectura para el diseño de las haciendas en la Nueva España. El modo de producción industrial influyó bastante en el diseño de las haciendas.

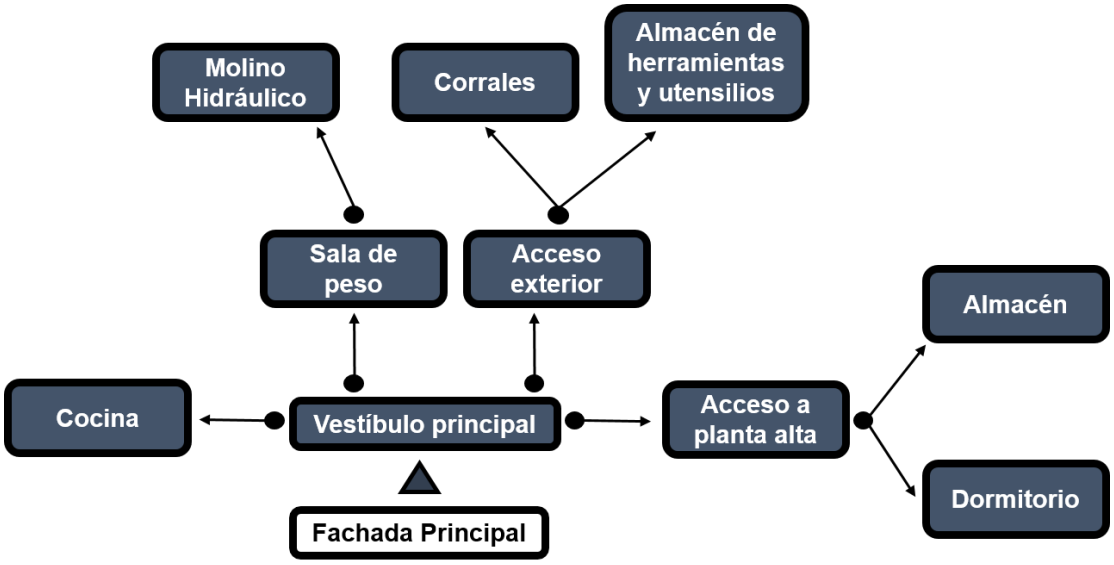


Gráfico 10. Partido Arquitectónico de un molino hidráulico harinero español. Constaba de dos niveles, en el primero estaba la zona de trabajo mientras que, en el segundo nivel se hallaba la zona intima, ubicando el dormitorio y el almacén de la producción de harina. Fuente: Esquema realizado a partir de la descripción del espacio arquitectónico de un molino español. Camarero, 2011, p. 111.

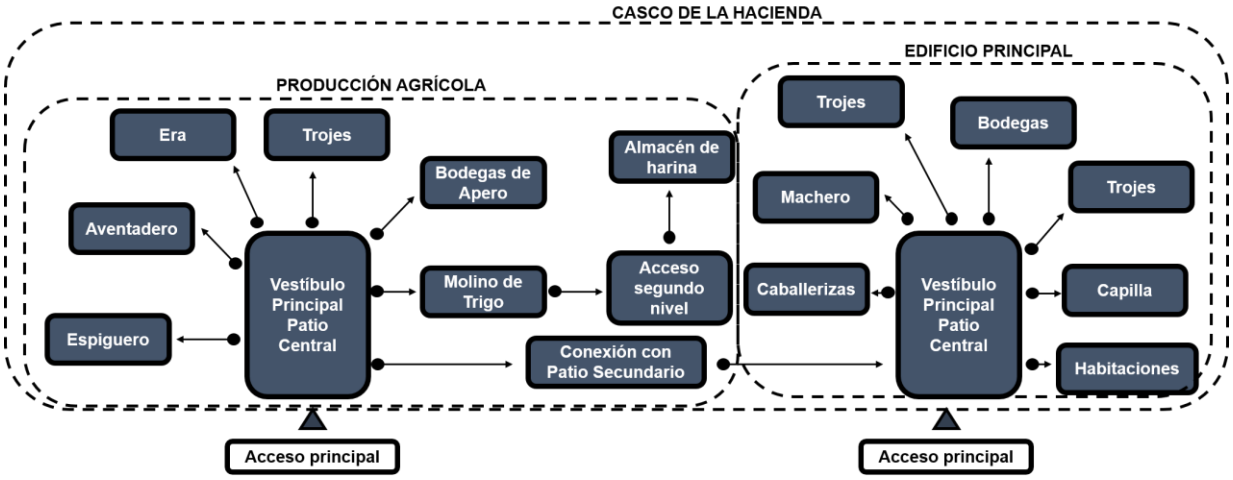


Gráfico 11. Partido Arquitectónico de una hacienda con un molino hidráulico. Los espacios arquitectónicos dependen de las necesidades que se tenían y de los grandes usuarios que se encontraban en estas unidades de producción agrícola. Realizó: Eduardo López Carlos**.**

También se muestran algunos ejemplos de haciendas cerealeras y su distribución arquitectónica.

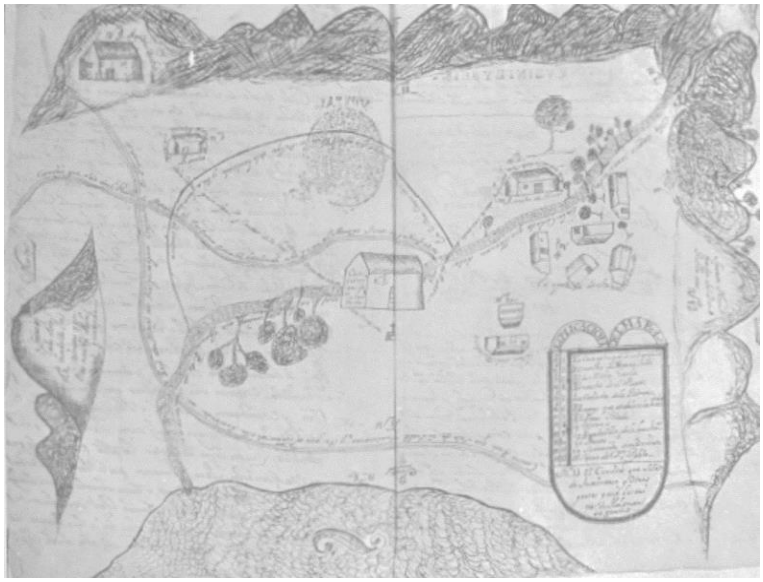


Imagen 115. Hacienda de Tarimoro, Maravatío (Michoacán). Las actividades cerealeras de realizaban en edificios separados. Al centro se ubica la casa principal donde se llevaban a cabo labores administrativas y que probablemente servía de habitación al dueño de la hacienda. El mayordomo vivía en una casa independiente. Junto a la casa del mayordomo había un troje para almacenar el grano. Las casas ubicadas en la esquina superior derecha, corresponden a las de los trabajadores que residían en la hacienda, recibían el nombre de cuadrilla. Fuente: La formación de la hacienda en la época colonial. El uso de la tierra y el agua. p. 198. AGN, Tierras v. 428, exp. 2, cuad.3 3.f. 39 v. y 40; núm. de catálogo 696.

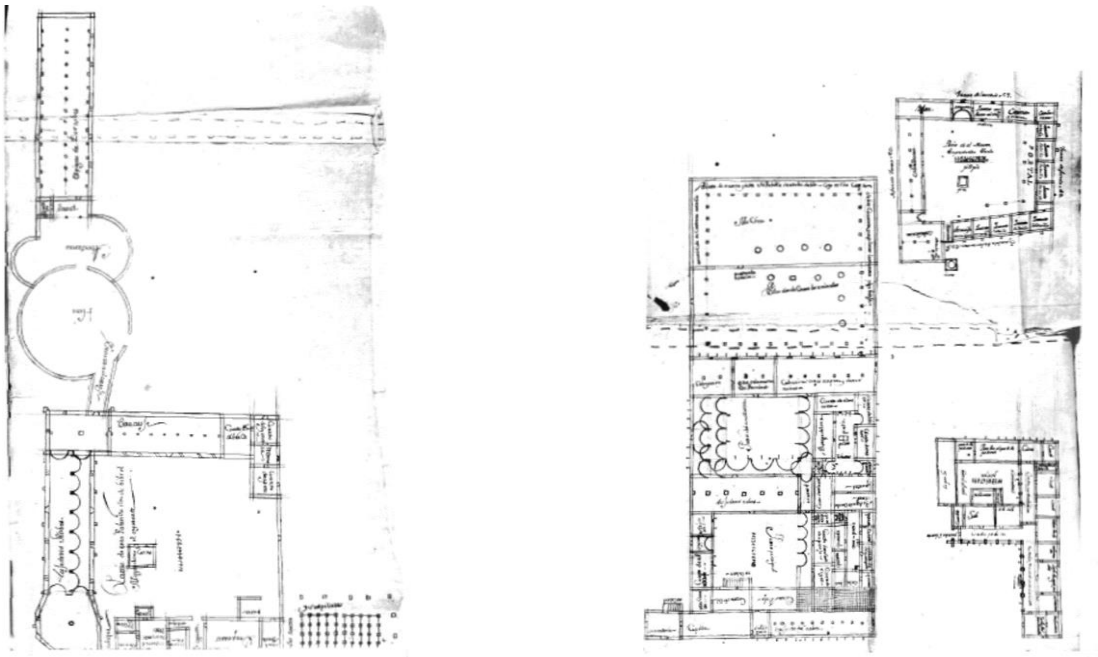


Imagen 116. Hacienda de San Pedro Ibarra, Villa de Valles (Tamaulipas). Primero pertenecía a la orden de los Jesuitas, pero posteriormente fue administrada por una junta de Temporalidades.
En los planos pueden distinguirse cuatro conjuntos de construcciones. El plano del lado izquierdo corresponde a la producción agrícola: espiguero, aventadero, era, trojes y bodegas, incluye las habitaciones del mayordomo y del ayudante. Se cultivaba el trigo y el maíz. El plano del lado derecho representa el edificio principal, incluía construcciones relacionadas con la cría de ganado, el machero y las caballerizas. Había habitaciones, bodegas y dos trojes. En el ángulo inferior izquierdo estaba la capilla con su sacristía y el cementerio. Estos edificios están agrupados alrededor de dos patios, el patio principal y el patio de matanza, donde se sacrificaba a los animales.
Fuente: El uso de la tierra y el agua. p. 207. AGN, Tierras v. 3363, exp. 1, fs. 192-193; núm. de catálogo 2404 y 2405.

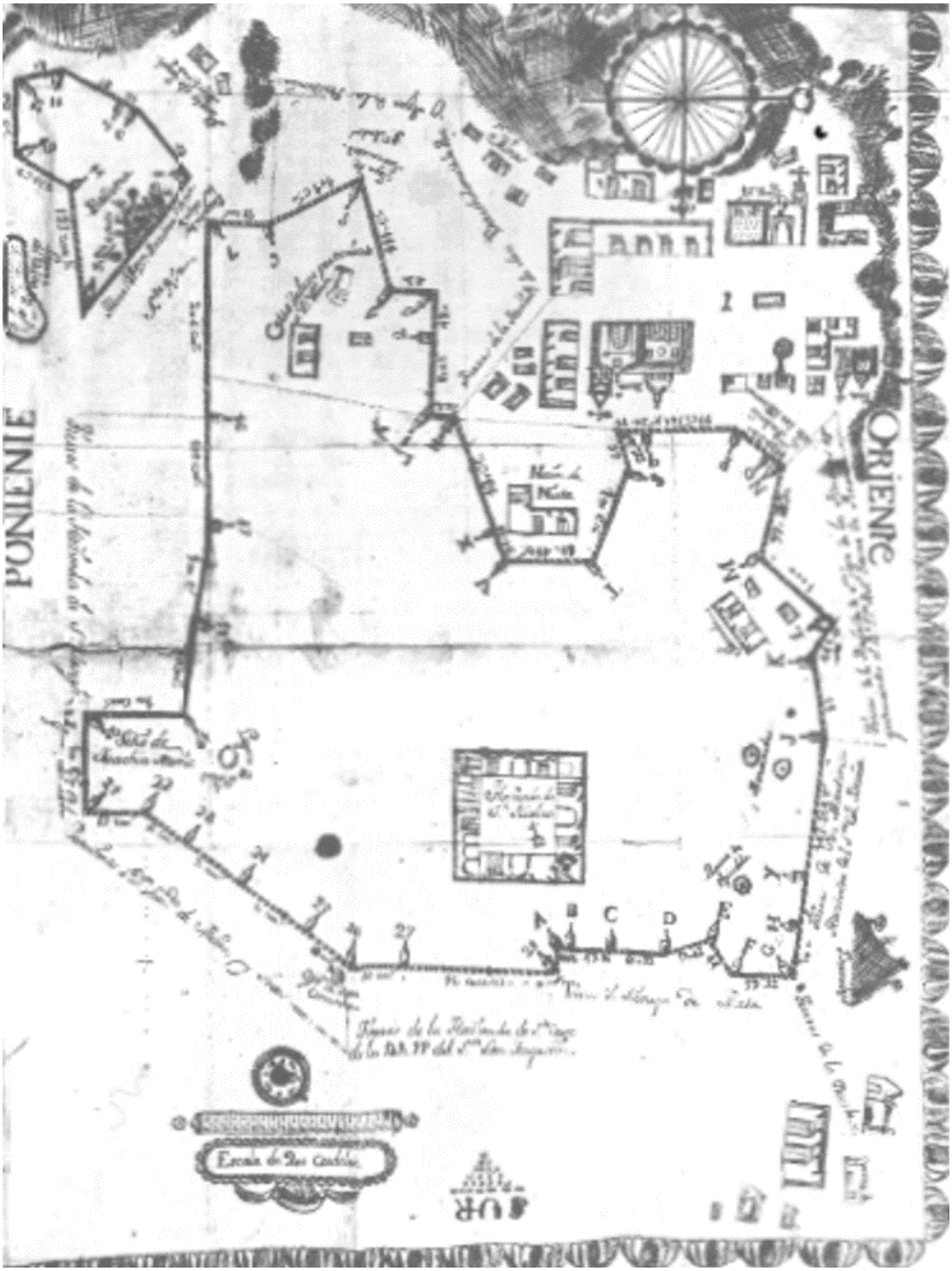


Imagen 117. Hacienda de San Nicolás de las Guixas, Sierra de Pinos (Zacatecas). El casco corresponde a una arquitectura que fue común en el siglo XVIII. Su planta es cuadrangular, con un patio al centro al que desembocan las habitaciones a través de arcos y de puertas con chapetones. La construcción es de un solo nivel. Las diferentes secciones de los edificios estaban destinadas a la vivienda, administración y producción, también la iglesia estaba integrada al centro del conjunto. La cruz atrial se levantaba en el patio central. Fuente: La formación de la hacienda en la época colonial. El uso de la tierra y el agua. p. 203. AGN, Tierras v. 1307, exp. 1, cuad. 4.f. 5, 40; núm. de catálogo 992.

3.5.3. El aprovechamiento del agua en las haciendas y la innovación tecnológica de los molinos

Como se vio anteriormente, para que un molino pudiera funcionar, necesitaban de infraestructura que permitiera la captación, la distribución, el control y el almacenamiento del agua para utilizarla como fuente de energía y poder mover los rodeznos de los molinos. Por lo tanto, el agua, además de ser utilizada en los molinos, también era aprovechada para las cosechas y para consumo humano. La ubicación de estos lugares industriales tenía que estar cerca de alguna fuente de abastecimiento y por lo tanto tener el derecho sobre el uso del agua mediante mercedes reales.

De acuerdo al capítulo pasado, los sistemas hidráulicos prehispánicos dotados de agua pluvial, efímera o perenne estaban establecidos en las faldas o somontanos del valle de México, compuestos de infraestructura que permitiera alimentar las zonas de cultivo o para consumo humano.

Por lo tanto, a inicios del Virreinato estos sistemas hidráulicos fueron aprovechados por los españoles para implantar los molinos hidráulicos y establecer haciendas de particulares o eclesiásticos. Wobeser (1983) establece:

> *"Desde la época prehispánica fue necesario la construcción de obras hidráulicas, debido a la prolongada época de sequía, para mantener a la población de las grandes ciudades. Los trabajos de Ángel Palerm y de Eric Wolf, entre otros, han demostrado la existencia de sistemas de riego, basados en la construcción de presas, acueductos y canales. Aparentemente los españoles utilizaron estas obras, como sucedió en el oriente del actual estado de Morelos"* (p. 54)

El intercambio de técnicas y de maneras de trabajo por parte de estas dos culturas conllevo a una innovación tecnológica, los diferentes tipos de infraestructura hidráulica prehispánica eran muy parecidos a los que se manejaban en Europa, las necesidades por la producción de alimentos básicos eran las mismas en ambas culturas, por lo que dio pie a que la instalación de molinos hidráulicos fuera de manera sencilla y se aprovecharan los sistemas hidráulicos prehispánicos.

Rojas (1988) argumenta:

> *"En los inicios de la época novohispana, la mayoría de los sistemas prehispánicos fue utilizada por los españoles sin mayores modificaciones, pero pronto*

transformaron técnicamente estos sistemas con la incorporación de las nuevas maquinarias, tanto como por la necesidad de irrigar porciones territoriales continuas y de mayores dimensiones, al irse consolidando la propiedad territorial en sus manos, en detrimento de la de los pueblos (y en el contexto de la baja demografía indígena). Pero las continuidades fueron también muy importantes y significativas hasta el punto en que muchas de ellas han pervivido hasta el presente". (p. 20)

A manera de complemento, se presentarán casos de haciendas que estuvieron establecidas en zonas donde había sistemas hidráulicos prehispánicos.

Haciendas de Cuautitlán

Como antecede histórico, en la zona de Cuautitlán, situada al norte de la ciudad de México, se encontraba un sistema hidráulico prehispánico construido en 1435 por los Colhua y descrito en los *Anales de Cuautitlán*, por medio de una presa temporal, alimentada por el rio Cuautitlán, que servía para dotar de agua a una población y ser utilizada para usos domésticos.

El rio Cuautitlán nacía de la sierra de las Cruces y era de tipo permanente, por lo tanto, en épocas de lluvias, el cauce natural aumentaba considerablemente, su recorrido finalizaba en la laguna de Texcoco y pasaba por el estrecho formado entre Ecatepec y Chiconauhtla. (Rojas, 2009, p. 98)

"La historia del desvío prehispánico comienza con la llegada de los colhua a la región de Cuautitlán, donde los chichimecas que allí residían los colocaron en un punto cercano al propio rio Cuautitlán, con la esperanza de que las furiosas avenidas del rio los arrastrara o aquellos optaran por irse a otra parte…decidieron cambiar el curso fluvial; estancaron su corriente y comenzaron a excavar para crear una presa y canalizar el cauce hasta la laguna de Citlaltepec…invirtieron siete años en limpiar y restaurar el cauce original del rio como canal de riego…" (Ibídem, p. 98-99)

Este sistema contemplaba cuatro principales acequias principales que emanaban de un punto en específico (San Juan Atlamincan), estos canales servían para el riego de huertas y para consumo humano. Se tenía también la construcción de una represa efímera que se construía cada año, en tiempos de secas.

Posteriormente este sistema fue utilizado para dotar de agua a tres molinos hidráulicos; San Diego, Dolores y Tepotzotlán, los dos primeros eran alimentados del rio Cuautitlán mientras que el ultimo estaba dotado de agua del rio Tepotzotlán.

> *"En 1591, se expidió un documento dirigido al Alcalde Mayor de Cuautitlán, a la Justicia de Tepotzotlán y al pueblo, para tratar lo relativo a los heridos de molinos, en los términos de dicho pueblo. Más tarde, una auditoría realizada en el año de 1593 por el Virrey y el cabildo de la ciudad, da fe de la existencia de molinos de Cuautitlán y Tepotzotlán"* (Gómez, 2008, p. 88)

Los molinos de Tepotzotlán pertenecieron a los jesuitas, adquirido por el Conde de Regla en 1777 y que posteriormente pertenecieron a la hacienda de Xuchimangas, durante el siglo XVIII. (Ibídem, p. 88)

A continuación, se muestra en la **imagen 118** un mapa colonial en donde se aprecia el gran sistema hidráulico que se utilizó para alimentar a los diversos pueblos y administrar el agua para diversas actividades (industriales y de consumo común).

Imagen 118. Sistema hidráulico del río Cuautitlán. Se puede visualizar la gran cantidad de acequias que existían en el lugar partiendo de un sistema de almacenamiento, en este caso una presa y posteriormente el repartimiento de aguas para las distintas comunidades. Fuente: Cultura hidráulica y simbolismo mesoamericano del agua en el México prehispánico. pág. 97. AGN, Tierras, v. 2028, e5, f118, Cat, 1330.

Haciendas de Acolman, Tepexpan, Tepetlaoxtoc y Tezoyuca

En el capítulo anterior se habló del rio Teotihuacán, perteneciente a la región Acolhuacan y su importancia en la época prehispánica ya que fue utilizado para la irrigación constante de zonas de cultivo, para la alimentación de chinampas y también para consumo humano **(ver imagen 66)** también se localizaba el sistema de riego temporal en Tepetlaoztoc constituido por pequeñas presas efímeras las cuales ayudaban a irrigar los campos de cosecha en temporadas de lluvia a través de la construcción de canales temporales. **(ver imagen 67)**

Posteriormente, en esta zona se instalaron haciendas cerealeras y por lo tanto molinos que eran alimentados por el agua del rio Teotihuacán o mejor conocido como San Juan, durante el virreinato se creó la presa de Acolman (1630) que sirvió como una infraestructura de control y distribución para todas estas haciendas.

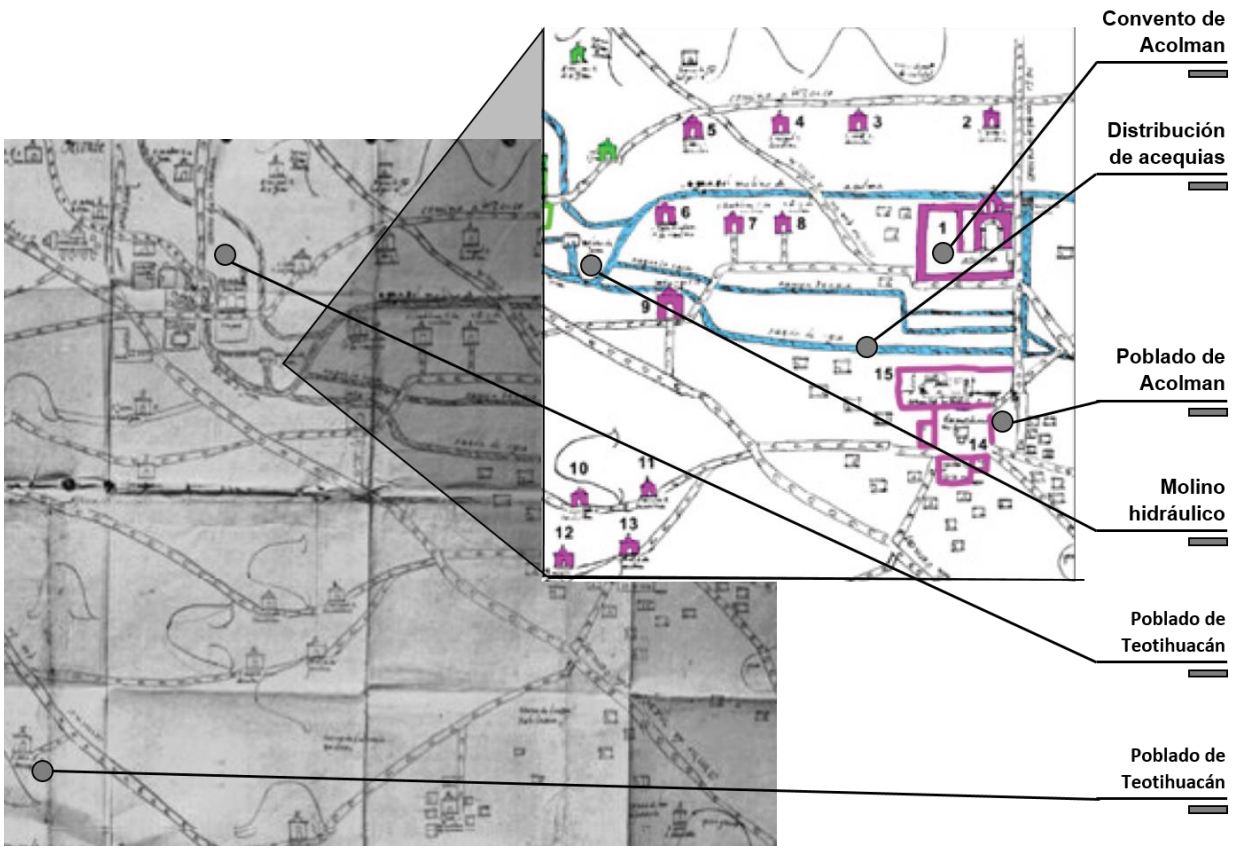


Imagen 119. Parte del mapa también llamado de la Relación geográfica de Teotihuacán 1580. Se visualizan los poblados de Acolman (color morado), Teotihuacán (color verde) y de Tepexpan. Se aprecian los trayectos de las acequias y la alimentación de dos molinos (se alcanza a ver los dos cárcavos) ubicados entre el poblado de Teotihuacán y Acolman.
Fuente: https://mediateca.inah.gob.mx/islandora_74/islandora/object/fotografia%3A285065?language=en

En el mapa de la *Relación Geográfica* de Teotihuacán 1580, muestra el escenario hidráulico del sitio de la presa antes de su construcción, sin embargo, en ese mapa ya se muestra la ubicación de dos molinos hidráulicos, ya que se puede hacer notar dos cárcavos y de la trayectoria de las acequias para su alimentación de agua **(Ver imagen 119)** según (Skopyk, 2014)

> *"la última mención que se tiene del molino es el contrato de arrendamiento de 1620, el cual se rentó en 40 pesos. Después de 1620, el molino no tiene rastro histórico hasta el año de 1760, momento en que apareció registrado en el mismo lugar en el mapa de la Relación Geográfica de 1580, al lado del convento de Acolman y de una zanja, con la etiqueta "molino antiguo").* (p. 56)

Aparte de ese molino, se tiene el registro donde se expide, a través de una merced la colocación de otro molino otorgada a Pedro de Requeña el 29 de agosto de 1580. (AGN, Tierras, vol. 2713, exp. 11, f. 120f.)

Con esta información se puede deducir que, a inicios de la conquista, gracias a la existencia de infraestructura hidráulica prehispánica se pudieron alimentar de agua a los dos primeros molinos establecidos en esta región. Una innovación que se dio para satisfacer las necesidades requeridas en ese momento.

Para 1630 se construye una presa, infraestructura novohispana mejor conocida como la del "Rey" que tenía por objetivo contener las aguas del valle de Teotihuacán y de las corrientes provocadas por las pendientes bajas causadas por el cerro Tlahuilco y Tezoyuca.

En la **imagen 120** se observa la ubicación de los distintos poblados que eran surtidos de agua por medio de la presa y la construcción de una compuerta o partidor de agua que servían para el constante riego de cultivos y para el funcionamiento de los molinos ubicados en los poblados de Cuanalan, Tepexpan y Nexquipayac.

Es interesante observar cómo es que las pendientes creadas por los distintos cerros correspondientes al valle de Teotihuacán sirvieron para la captación, almacenamiento y la distribución de agua tanto en la época prehispánica y durante el Virreinato, esto también nos indica una constante innovación tecnológica para satisfacer ciertas necesidades; primero como una necesidad de irrigación para zonas de cultivo y posteriormente para la alimentación de agua requerida por las haciendas y la producción de energía para accionar los molinos hidráulicos.

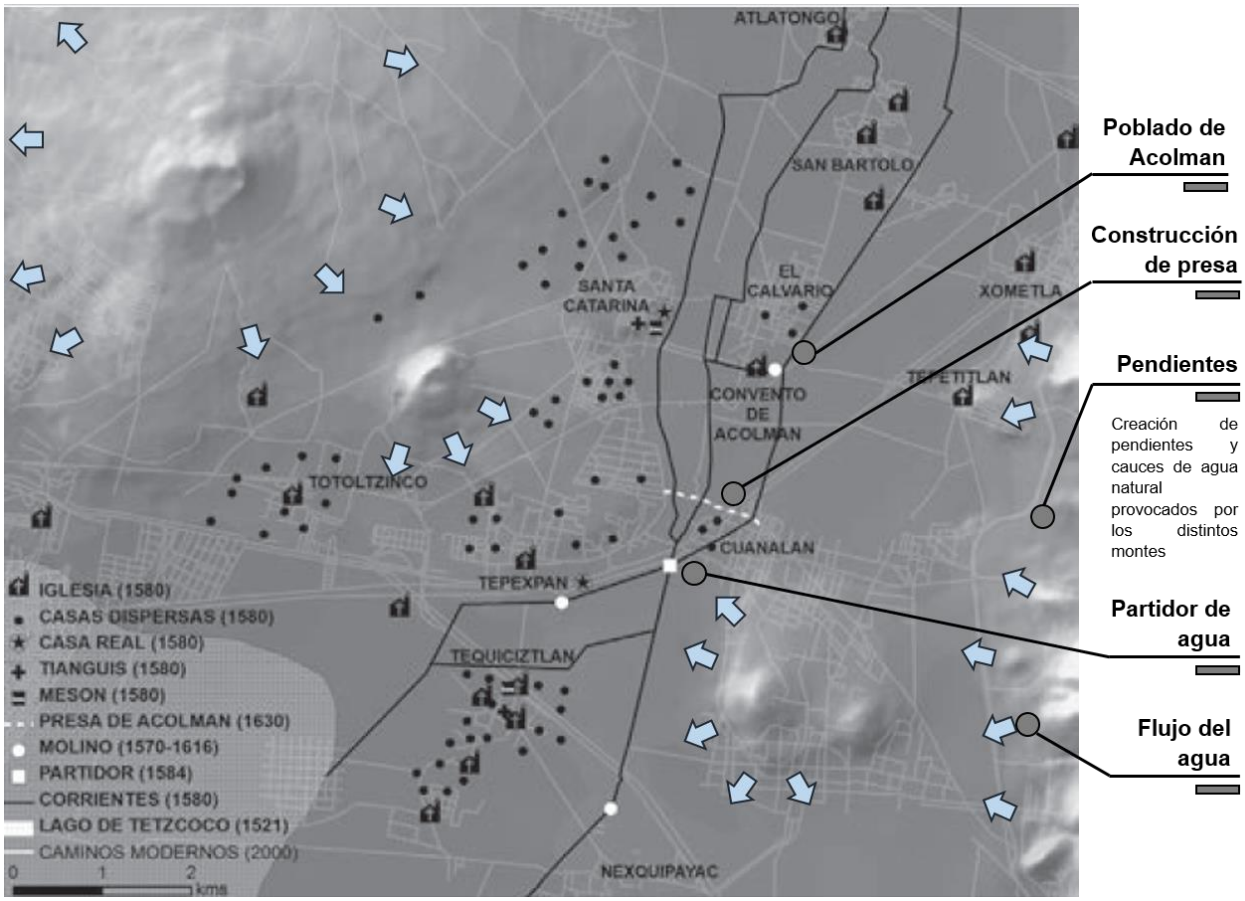


Imagen 120. Mapa en donde se muestra la ubicación de la presa y el partido, surtiendo agua a los poblados de Cuanalan, Tepexpan, Tequisistlán, Totolcingo y Santa Catarina. Diagrama de Bradley Skopyk. La presa de Acolman: Integridad física, vida social e inestabilidad ambiental en el valle de Teotihuacán. Pág. 55.

"…los pobladores de Acolman regaban gran parte del valle (sembrado de trigo, maíz, maguey y muchos árboles de frutas) y se asentaban al pide de una loma llana, es decir, en Santa Catarina. Más al sur, desde el pueblo de Cuanalan hasta Tepexpan y Nexquipayac, el espacio estaba bien poblado, con dos molinos para trigo y un partidor para desviar el rio al poniente para regar tierras entre los pueblos de Tepexpan y Tequisistlán y al sur para moler trigo en el molino de Nexquipayac, y también para regar muchas tierras". (Skopyk, 2014, p. 55)

También se crearon haciendas que fueron pertenecientes al Real colegio de San Gregorio dedicada a la educación de indios por parte de Don Juan de Chavarría Varela en 1683. Se trazó un mapa **(imagen 121)** levantado por el agrimensor Don Manuel Pérez de Solís en el año 1812.

Se muestran cuatro haciendas principales; la primera nombrada como San José Acolman, que tiene anexo el Rancho de Maravillas, se compone de labores de trigo y también de áreas para siembras temporales, se utilizan mojoneras y jagüeyes para la

captación de aguas pluviales, la segunda correspondiente a San Marcos California con sus ranchos anexos Buenavista y la Loya, utilizada para la siembra de temporal, la tercera nombrada San Juan Tepexpan con sus anexos Venta de Totlcingo y Molino de San Cristobal Nexquipayac, compuesta de igual manera por varios labores de trigo y maíz; tierras de secado para siembras de temporal y magueyes, junto con el molino de trigo marcado con el **número 80** y la última perteneciente a San Simón Yxtapa, donde se ubicaban algunas tierras con labores ya que estaban cerca de la laguna de Texcoco y por lo tanto exista demasiada presencia de minerales y sales. Todas ellas estaban ubicadas en las jurisdicciones de San Cristobal Ecatepec y Tezcuco.

Esta fue una constante transformación en infraestructura hidráulica, cambios que requerían satisfacer necesidades agrícolas y posteriormente industriales, tomando en cuenta los recursos naturales como eje de toda esta infraestructura. Estos cambios requirieron de conocimientos ingenieriles, primeramente, por parte de los indígenas con la elaboración de sistemas hidráulicos efímeros o perennes y posteriormente por los españoles, sin embargo, la infraestructura hidráulica prehispánica fue de gran importancia ya que durante el virreinato solo sufrieron cambios y adecuaciones para adecuarse a nuevos métodos de trabajo.

Las ubicaciones de todas estas haciendas pertenecían a la región Acolhuacan (antigua área que estaba asentada en los municipios de Texcoco, Acolman y Chimalhuacán), durante el siglo XVI, pero que eran áreas étnicas antes de la conquista bajo la tutela de Netzahualcóyotl. (Mora, 2007)

En el siguiente capítulo se analizara como caso de estudio a la ex hacienda Molino de Flores ubicada en el municipio de Texcoco y que también muestra datos históricos que nos permiten conocer el uso de infraestructuras o sistemas hidráulicos prehispánicos como complementos para la instalación de ingenios hidráulicos (de un Batan y posteriormente de un molino hidráulico)

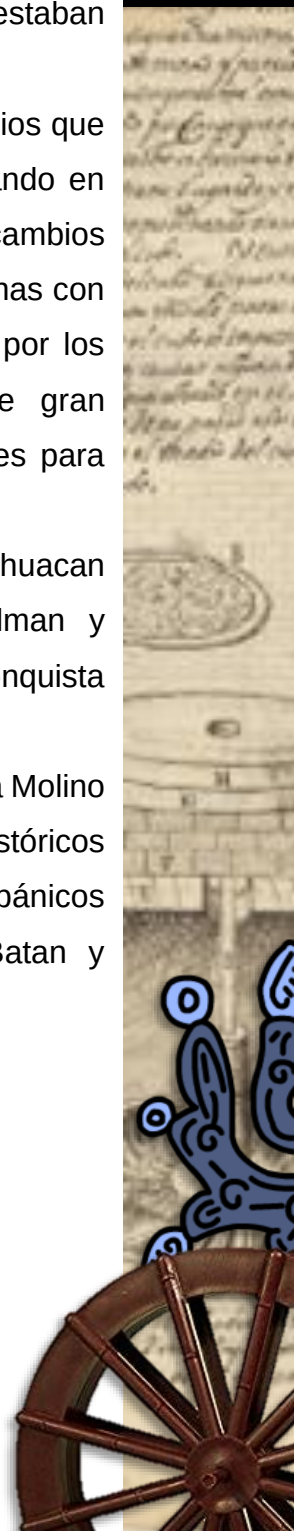


Imagen 121. Mapa qe. comprende las Haciendas pertenecientes al Rl. Colegio de esta ciudad de Mexico fundacion piadosa qe. pra la buena educacion de Yndios pobres, dejo D. Juan de Chavarria Varella en 1683 años Mandado formar por el Administrador interino de ellas Dn. Antoinio de Mier y Villagomez . . . 1812. Fuente: https://www.raremaps.com/gallery/detail/49430ba/mapa-qe-comprende-las-haciendas-pertenecientes-al-rl-coleg-perez-y-solis B. J. G. Escalante. Año de 1899.

Ex hacienda Molino de Flores, Texcoco, Estado de México. Vista panorámica de la capilla de San Joaquín, ubicada en el casco de la hacienda. Fuente: https://onlymexico.tumblr.com/post/171662039851/ex-hacienda-molino-de-flores-texcoco-estado-de

Capítulo IV

Caso de estudio, ex hacienda Molino de Flores

Capítulo 4. Caso de estudio, ex hacienda Molino de Flores

4.1. Caso de estudio, ex hacienda Molino de Flores

El caso de estudio está enfocado en la ex hacienda Molino de Flores, ubicada al oriente del municipio de Texcoco y colindando con los pueblos de San Miguel Tlaixpan, La purificación, Xocotlan, Santa María Nativitas y San Nicolás Tlaminca (ejidos, que pertenecieron en algún momento a toda la hacienda como áreas de producción agrícola y que hoy en día solo queda el casco principal).

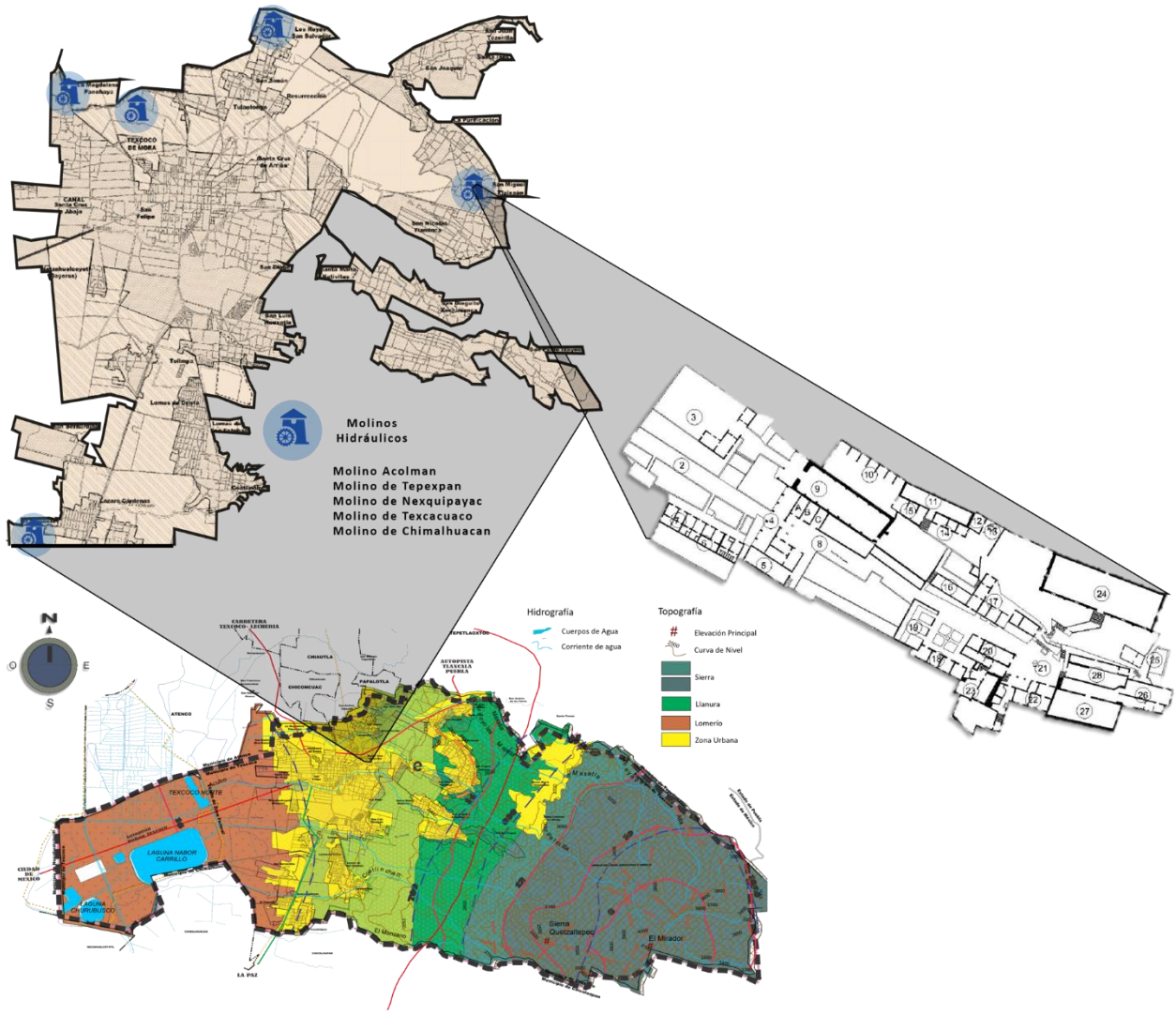


Imagen 122. Localización de la ex hacienda Molino de Flores, 4 km al oriente del municipio de Texcoco, Estado de México.
Realizó: Eduardo López Carlos.

Como dato interesante esta hacienda está considerada:

> *"desde 1937 es propiedad de la nación por decreto del presidente Lázaro Cárdenas y, a partir de entonces, es denominado Parque Nacional Molino de Flores Nezahualcóyotl, con una extensión aporximada de 55 hectareas, incluido el casco de la hacienda…"* (Espinosa, 2012, p. 95)

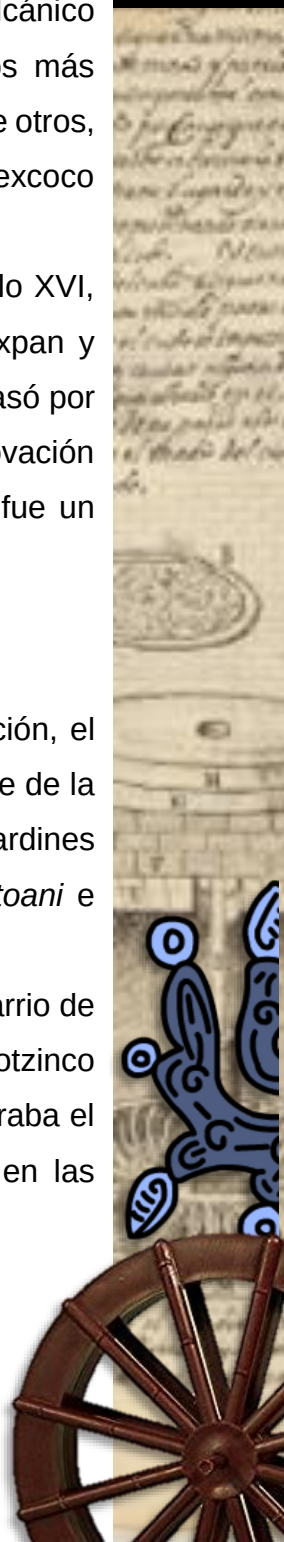
La ubicación de esta unidad productiva industrial reside en la obtención de los recursos naturales, en la **imagen 122** se aprecia el municipio de Texcoco y los diversos relieves constituidos por la ubicación del monte Tláloc, perteneciente al eje Neovolcánico de México y donde se concentraban los nacimientos de varios ríos. Entre los más importantes se hallaban el rio Papalotla, Texcoco, Chapingo, San Bernardino, entre otros, su curso era de oriente a poniente, pasando por los territorios del municipio de Texcoco y finalizando en el ex lago.

Se puede visualizar la ubicación de otras haciendas pertenecientes al siglo XVI, como las que se vieron en el capítulo pasado; localizadas en Acolman, Tepexpan y Tezoyuca, por nombrar algunas. Esta hacienda fue de gran importancia ya que pasó por diferentes etapas industriales y por lo tanto existió una considerable innovación tecnológica con el uso de diversos ingenios hidráulicos, sin embargo, también fue un lugar sumamente relevante en épocas anteriores a la conquista.

4.2. Antecedentes históricos

En la época prehispánica y como se comentó a inicios de esta investigación, el municipio de Texcoco era la cabecera imperial de la región Acolhuacan, integrante de la Triple Alianza, con una zona rica en agricultura y de áreas constituidas por jardines abastecidos por un sistema de infraestructura construida por parte del *hueytlatoani* e ingeniero de esa época, Nezahualcóyotl. (Rojas, 2009, p. 71)

El lugar anterior al establecimiento de la hacienda se le conocía como el barrio de Tuzcacuaco (periodo posclásico) colindando al oriente con el cerro Tezcotzinco (localizado en el somontano o faldas del monte Tláloc) lugar en donde se encontraba el jardín y una parte del sistema hidráulico prehispánico, ubicados actualmente en las localidades de San Miguel Tlaixpan y San Nicolás Tlaminca.



En el Virreinato, Texcoco fue un área de gran importancia por la riqueza de recursos naturales (agua, tierras fértiles, clima, entre otros). Por tal motivo, según Espinosa (2012)

> *"Con base al documento escrito en 1567, nos damos cuenta de que Joan Vázquez se le otorgo una Merced Real, propiciando el establecimiento de un obraje de paños, que contenía una maquinaria denominada batan"* (p. 96)

Esta máquina "golpeadora", y como se explicó en el primer capítulo, pertenece a la clasificación de los ingenios hidráulicos, su objetivo era la realización de paños y para que pudiera funcionar se requería de fuerza hidráulica que hiciera girar la rueda vertical y hacer mover, mediante liebas, los mazos golpeadores.

Por lo tanto, el primer trabajo industrial en el municipio de Texcoco, fue concebido en los obrajes ubicados junto a las riveras del rio Coxcacuaco, perteneciente al barrio de Tuzcacuaco. Este trabajo consistía en varias etapas; se tenía que dar limpieza a la lana e ir clasificándola para crear textiles de alta calidad, una vez seleccionada se pasaba por baños con base en orina vieja y amoniaco, posteriormente se sumergía en agua fría para desechar todo el exceso de grasa. La lana pasaba por procesos de teñido para darle color, posteriormente se pasaba a hilarla, peinarla y finalizaba con el tejido (se utilizaban telares europeos). (Ibídem, p. 95)

El último paso consistía en lavar la lana convertida en textil para después pasarlo por el batán y que las hiladas quedaran con una mejor unión. *"los batanes de paños tuvieron como objetivo golpear, desengrasar y compactar los paños de lana para mejorar su calidad y aspecto; este era el proceso final…"* (Von, 1999, p. 230)

Por lo regular, estas manufacturas estaban localizadas en lugares donde se pudiera comercializar las telas, como los mercados. Cerca del municipio de Texcoco se encuentra el municipio de Chiconcuac y que, en la época prehispánica se elaboraban petates, posterior a la conquista se establecieron nuevas técnicas para la elaboración y comercialización de telas. Es muy probable que los paños provenientes del obraje de Tuzcacuaco fueran comercializados en ese lugar.

Para 1585 Pedro de Dueñas era el nuevo propietario de este, y otro obraje similar en el poblado de Chiautla ubicado al norte del municipio de Texcoco y colindante al municipio de Chiconcuac, por lo que refuerza la teoría de comercializar en toda esa zona.

En 1583 se realiza una acusación a Dueñas por maltrato de indios en sus obrajes, destacando el obraje de Chiautla. (AGN, Ramo Indios, vol. 2, exp. 554).

De tal modo que, dos años después, no solo se tenía la producción textil, también se daba comienzo al proceso de la trasformación del trigo en harina. Berthe (1960) comenta:

> *"Pedro de Dueñas aparecía ya entre los compradores de pastel, tinte natural que da un hermoso color azul y sirve también para teñir de negro y otros colores. Él fue de los primeros asentistas que realizaron experimentos en los alrededores de Jalapa"* (p. 380)

Como se mencionó con anterioridad, para establecer un molino era necesario hacer una petición al cabildo y cuando esta era aceptada, se tenían que seguir ciertas normas legales que eran necesarias de cumplir:

> *"Hacer ante un cabildo una solicitud de sitio de agua; pregón para verificar si no había inconveniente o perjuicio para vecinos o para la ciudad; otorgamiento de licencia o título de autorización de construcción; con el permiso para edificar, tiene oportunidad de comenzar dentro de los dos meses siguientes y terminarlo en el transcurso de un año; después de pasado un determinado tiempo, el molino no se podía arrendar o vender."* (Icaza, 1991, p. 28)

Por lo tanto, Pedro de Dueñas realizó una petición de herido para molino, bajo la jurisdicción de Texcoco. Pedro Moya de contreras (virrey y arzobispo de México) fue quien le otorgó tal permiso a Pedro de Dueñas, para el establecimiento de dicho molino y aprovechar el excedente de agua utilizada en el batán. (AGN, Mercedes, vol. 13, f.147).

Para ese momento, Pedro de Dueñas no solo era propietario de ingenios hidráulicos, también estaba inmerso en el comercio de textiles y era poseedor de tierras de cultivo que fueron obtenidas por repartimiento. *"…la adquisición de diferentes propiedades de tierra lo convirtió en uno de los terratenientes más importantes de Texcoco. Contaba además con otra hacienda llamada San Telmo, ubicada actualmente en los ejidos de Tepetlaoxtoc, mencionada en un documento escrito por el hijo de Dueñas en 1632, aclarando que su padre le heredo esa propiedad".* (Espinosa, 2012, p. 101)

Para 1592 la finca, ubicada en el barrio de Tuzcacuaco, fue ampliada **(Ver imagen 123)** hacia las orillas occidentales del cerro Tecuilachi que posteriormente se convirtió en el poblado de San Miguel Tlaixpan, hacia el este, en el actual San Nicolás Tlaminca y por

último el desplazamiento hacia el poniente conformado por Xocotlan. (Olivares, 2012, p. 12)

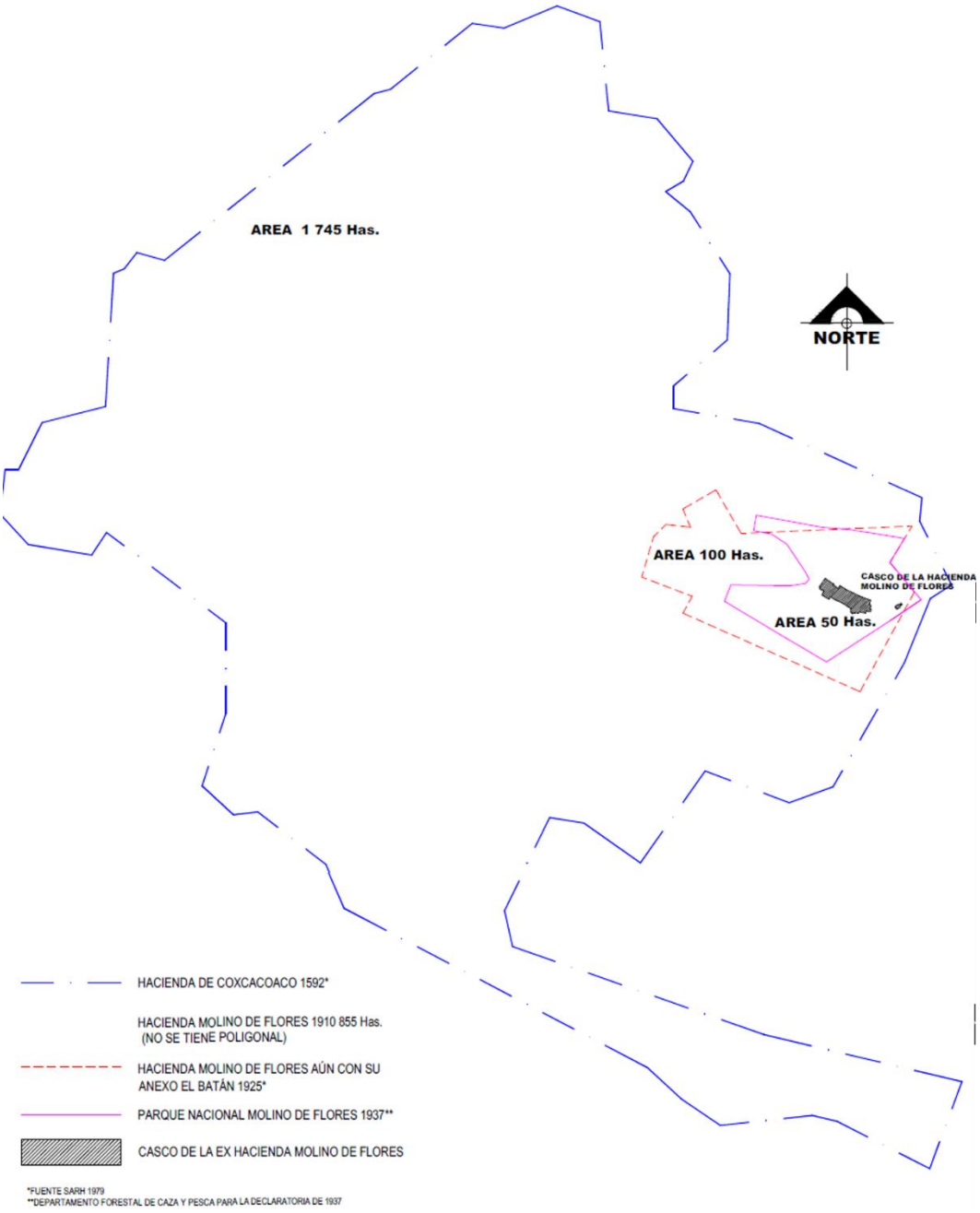


Imagen 123. Crecimiento territorial de la hacienda por temporalidad (1592, 1910 y 1937).
Fuente: Fernández y Vázquez (2014). *Diagnóstico integral de conservación del parque nacional Molino de Flores, Texcoco, Estado de México.* Tesis nivel Maestría. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Pág. 102.

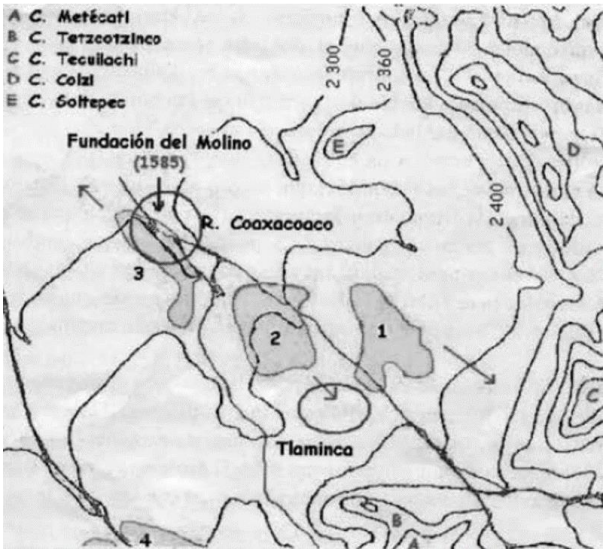


Imagen 124. Desplazamiento de los pobladores del barrio de Tuzcacuaco a raíz de la expansión territorial de la hacienda.
Fuente: San Nicolás Tlaminca en los siglos XVI y XVII. Movimientos reacomodos de los pueblos de la sierra: el nacimiento de San Miguel Tlaixpan y la Purificación. Texcoco Cultural, vol. 1, núm. 7, México, septiembre-octubre de 2004.

Para 1667 Dueñas pierde el molino y queda en manos de Antonio Urrutia de Vergara. Posteriormente Vergara señala como poseedor a su yerno don Antonio Flores de Valdés, quien había casado con su hija doña Ana Urrutia de Vergara en 1642. Para esas fechas, la hacienda constituía 1 963 hectáreas; colindando al noroeste con los poblados de San Miguel Tlaixpan, San Nicolás Tezcutzingo, San Diego y Nativitas; al suroeste, la hacienda de Chapingo y al noroeste, la hacienda de la Blanca. (Fernández y Vázquez, 2014, p. 89)

La apropiación de esta hacienda se siguió dando a través del linaje de los Flores, posteriormente a los Marqueses de Salvatierra (entre 1809 y 1864) realizando constantes construcciones y adecuaciones al lugar, para mediados del siglo XIX, la hacienda no solo producía harina, también hubo producción pulquera. Sin embargo, fue hasta 1910 que, a causa de la revolución mexicana, la hacienda quedo en desuso.

"En 1937, el General Lázaro Cárdenas del Rio emite un decreto expropiatorio, distribuyendo la mayor parte de la propiedad a las comunidades vecinas y destinando únicamente 55 hectáreas, que incluyeron el casco de la Ex hacienda para crear el Parque Nacional Molino de Flores Nezahualcóyotl". (ibídem, p. 99)

A continuación, se expone una tabla a manera de resumen, para especificar los diferentes acontecimientos que existieron en la hacienda.

Como se observa, la hacienda sufrió diversos cambios industriales, por ende, cambios de maquinarias que solventaban las necesidades específicas en cada uno de los procesos de trabajo.

El eje primordial fue el uso del agua, recurso natural como herramienta indispensable para el accionamiento del batán, del molino de trigo y como fuente de abastecimiento para las áreas de cosecha.

Fechas Aproximadas	Uso	Propietario (s)
Entre 1431 y 1472	Jardines prehispánicos	Nezahualcóyotl
1567 1599	Uso del Batán	Joan Vázquez Pedro de Dueñas
1585 a 1910	Hacienda, producción harinera	Pedro de Dueñas Antonio Urrutia de Vergara Antonio Flores de Valdés
Mediados siglo XIX a 1910	Hacienda Pulquera	Marqueses de Salvatierra
1910 a 1937	Abandono	
1937 en adelante	Parque Nacional Molino de Flores	Propiedad de la nación

Por lo tanto, se puede justificar que, durante el Virreinato, la primera característica para establecer una hacienda o unidad de trabajo era buscar un lugar que tuviera una fuente de abastecimiento, junto con un permanente y constante flujo de agua para producir energía mecánica.

En ocasiones, estos lugares estaban acompañados de sistemas de riego prehispánicos que fueron de gran ayuda para la colocación de maquinarias hidráulicas (como se explicó en el capítulo pasado) y transformando el entorno original, conformándolo por espacios que pudieran satisfacer las necesidades industriales.

Para el caso de la ex hacienda Molino de Flores, el espacio que aún se conserva y que es de gran análisis, es el casco (lugar asignado para la producción, administración, habitación, entre otros).

A continuación, se muestra un plano **(imagen 125)** para conocer los distintos espacios que conforman al casco de la ex hacienda y la ubicación del molino de rodezno. Más adelante se abordará un estudio específico sobre ese edificio.

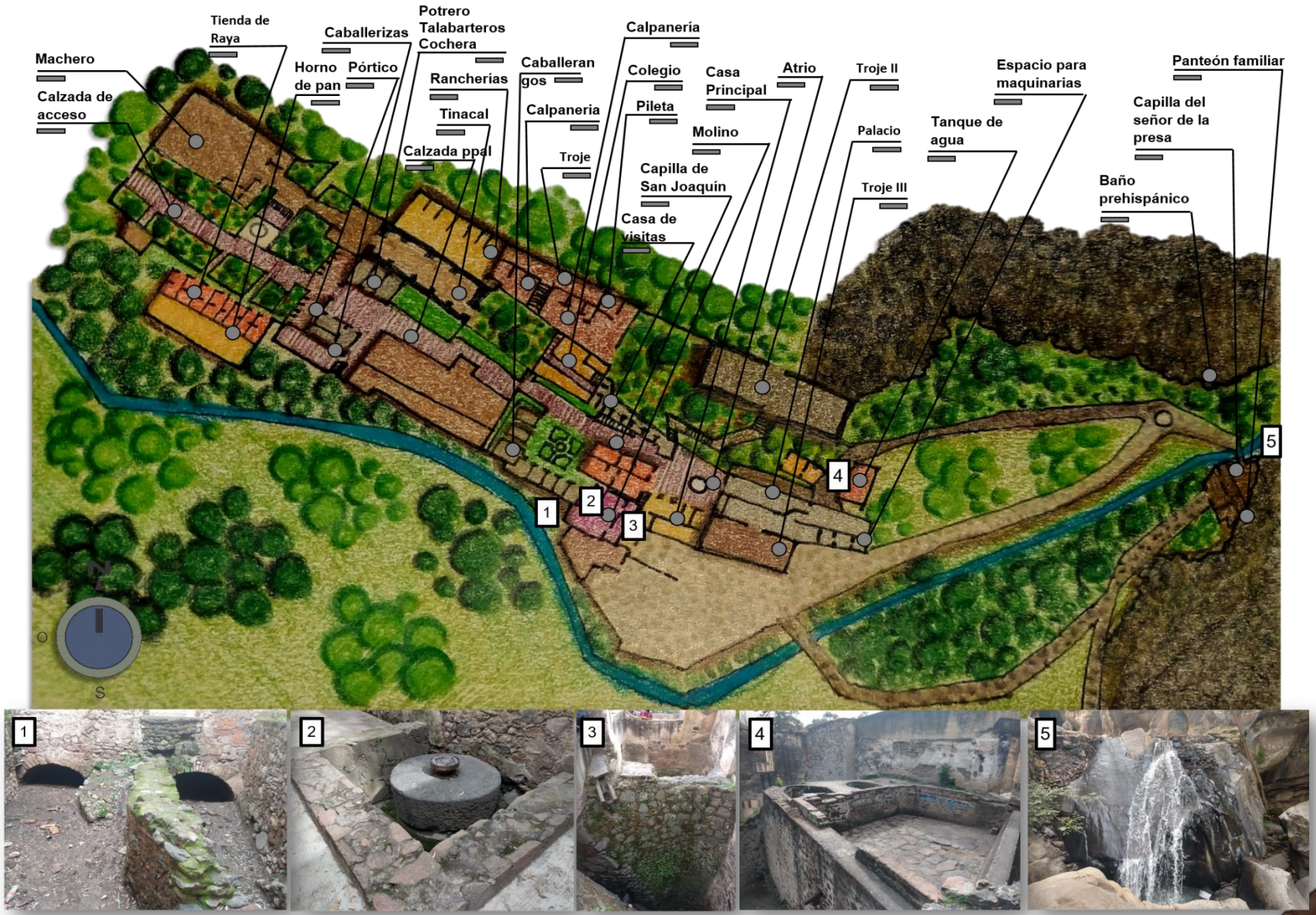


Imagen 125. Plano de la ex hacienda Molino de Flores. 1. Ubicación de dos cárcavos, 2. Molino, 3. Área destinada para los cubos, 4. Ubicación de una balsa y dos cubos, 5. Cascada. Parte de los edificios localizados al este, corresponden al siglo XVI y XVII, mientras que los del oeste perteneces al siglo XVIII Y XIX. Realizó: Eduardo López Carlos. Fecha de captura: 20 noviembre 2018.

4.3. Espacios arquitectónicos en la ex hacienda Molino de Flores

Como se comentó anteriormente, la hacienda tuvo diversas actividades industriales en diferentes épocas, por lo tanto, la construcción y la localización de los espacios arquitectónicos corresponden a épocas diferentes. Se puede tomar en cuenta que, en algunos casos, estos espacios sufrieron modificaciones o alteraciones dependiendo del nuevo uso que se les diera y de esta manera ser vistos en una nueva etapa constructiva.

A continuación, se hará una breve clasificación de estos espacios arquitectónicos de acuerdo a su contexto histórico que previamente se analizó.

Primera etapa: Correspondiente a los espacios del siglo XVI que tenían relación con el primer ingenio hidráulico; el batán, los locales destinados al teñido e hilado de la lana, así como de las áreas destinadas a los corrales. No se tiene información exacta de su ubicación ya que, tanto la maquinaria como las áreas de trabajo, estuvieron compuestas de madera y por lo tanto su evidencia es nula. Sin embargo, la ubicación del batán pudo haber estado a las cercanías de la presa, ya que, como se explicó anteriormente, para el proceso de elaboración de obrajes, la dotación de agua tenía que ser constante para dar movimiento a los mazos y para las demás actividades a realizar.

Segunda etapa: Fueron las áreas dedicadas a la producción de harina; el propio edifico donde se encontraba la maquinaria, y a los edificios que satisfacían las necesidades para las actividades de limpieza de la semilla, siendo las trojes I, II y III, aunque, por su ubicación tan lejana al edificio del molino y con una diferencia de pendientes, resulta difícil saber si exactamente esos edificios fueron edificados para esas actividades. Tal parecería que las áreas anexas al local del molino (caballerangos y monturas, anexos al local del molino) hayan sido los más adecuados para poder realizar las actividades de limpieza y resguardo de la harina.

Tercera etapa: constituía a los locales que se requirieron después de la ampliación del molino, abarcando el siglo XVIII e inicios del XIX, constituido por la casa de visitas, el machero, y muy probablemente las trojes. *"Para inicios del siglo XIX se edifica la capilla del señor de la presa por Don Miguel de Cervantes y Velasco, Marques de Salvatierra…El pórtico*

también es un elemento que se maneja como una construcción entre el siglo XVIII y XIX". (Fernández y Vázquez, 2014, p. 106)

Cuarta Etapa: correspondiente al siglo XIX, como última etapa de producción industrial. los locales cuentan con sistemas constructivos que incorporan el fierro, elemento característico de esa temporalidad. Destaca la casa principal, la capilla de San Joaquín, el tinacal, lugar específico para la producción del pulque, el puente que da acceso a la hacienda y el que se instaló en la capilla de la presa.

Para esta investigación solo se analizarán los espacios correspondientes al molino antiguo, áreas especificadas en la **imagen 125** (edificio del molino, los cubos, la balsa y los cárcavos).

4.4. Aprovechamiento de infraestructura hidráulica prehispánica en la ex hacienda Molino de Flores

En el capítulo pasado, se presentaron casos análogos de haciendas que se establecieron en zonas donde predominaban las fuentes naturales de agua y aprovecharon los sistemas hidráulicos prehispánicos para accionar los molinos. Para el caso de esta hacienda y como se explicó en sus antecedes históricos, se asentó en un jardín prehispánico abastecido de agua por el rio Coxcacuaco **(imagen 126)**.

Cerca de esta zona (4 kilómetros de la ex hacienda), también se encontraban los jardines de Nezahualcóyotl

> *"El jardín botánico de Nezahualcóyotl fue descrito por los españoles y los primeros mestizos en la época del virreinato (Alva-Ixtlilxochitl, 1891) …Los relatos coinciden en que era sitio favorito para el hueytlatoani, lugar de reposo, reflexión, inspiración y también experimentación para observar la adaptación de las plantas traídas de otras tierras"* (Pulido, s.f., p. 106)

Estaban localizados en el cerro de Tetzcotzinco a 2 280 msnm y que correspondía a una parte de todo un complejo sistema hidráulico prehispánico, tenía por objetivo recaudar agua proveniente de un manantial que se ubicaba a seis kilómetros por detrás del cerro de Metécatl, conducirla a través de acueductos que cruzaban de un cerro a otro y posteriormente distribuirla a ciertos lugares de importancia como el conjunto del palacio real del Acolhuacan, a sus baños, estanques, jardines y zonas de cultivo mediante la construcción de metepantles. (Rojas, 2009, p. 265)

Según Alva (1977)

"…como fueron el bosque tan famoso y celebrado de las historias, Tetzcotzinco, y el de Quauhyácac, Tzinacanóztoc, Cozcaquauhco, Cuetlachatitlan o Tlatéitec, y los de la laguna Acatetelco y Tepetzinco. Estos bosques y jardines estaban adornados de ricos alcázares suntuosamente labrados, con sus fuentes, atarjeas, acequias, estanques, baños y otros laberintos admirables, en los cuales tenia plantadas diversas flores y árboles de todas suertes, peregrinos y traídos de partes remotas; además de los referido, tenía señaladas cinco suertes de tierra, las más fuertes que había cerca de la ciudad, en donde por gusto y entretenimiento le hacían sementeras, hallándose al beneficio de ellas personalmente, como era Atenco que esta junto a la laguna en el pueblo de Papalotlan, y en los de Calpolapan, Mazapán y Yahualiuhcan". (p. 114)

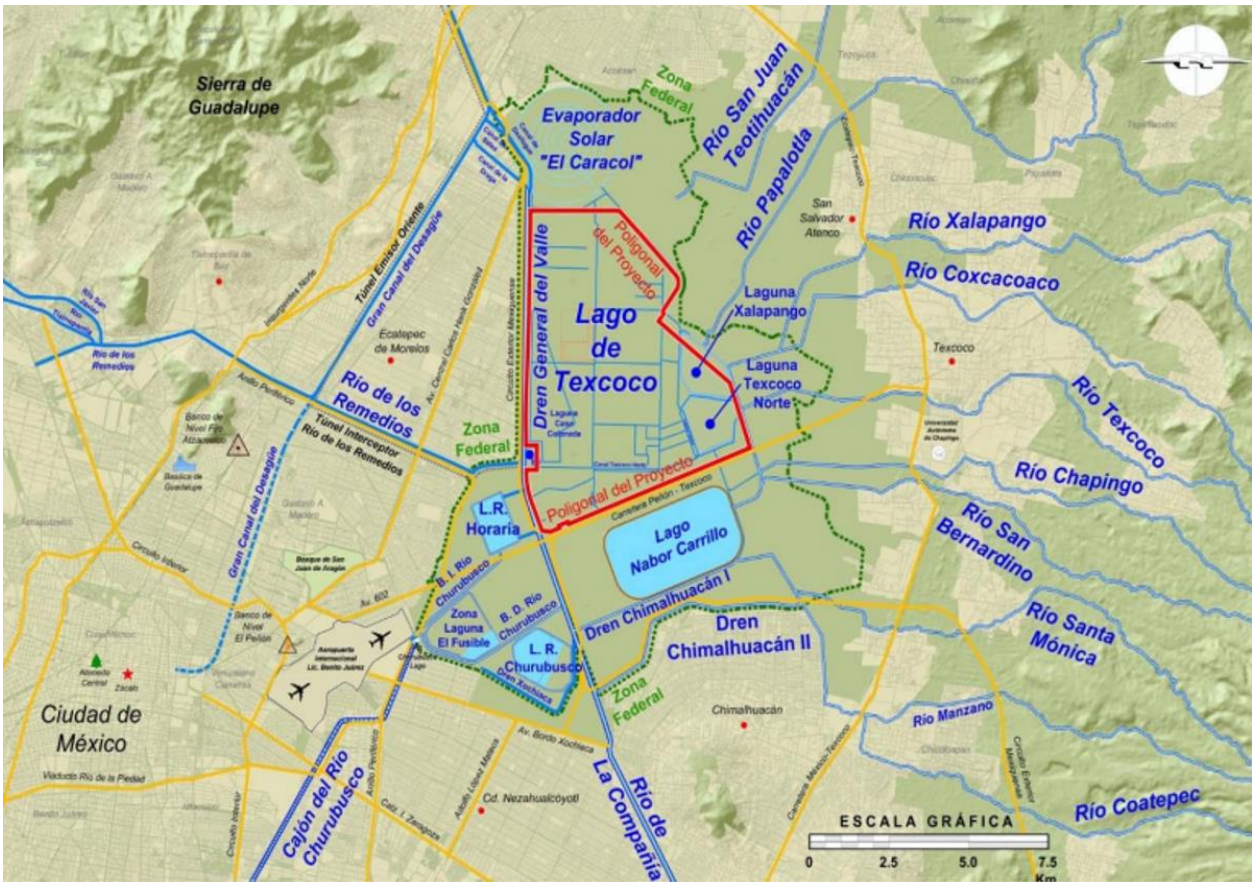


Imagen 126. Sistema hidrológico del Lago de Texcoco que regula las aguas pluviales de los nueve ríos del Oriente del Valle de México, del rio de la Compañía provenientes del Estado de México y del rio Churubusco provenientes del Distrito Federal. (2014) Proyecto hidráulico del lago de Texcoco. Fuente: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/101451/PRESENTACION_CONAGUA_NAICM_11sep14.pdf
Aunque este mapa es actual, nos demuestra que el rio Coxcacuaco sigue suministrando agua al lago de Texcoco, ubicado entre los ríos Xalapango y Texcoco.

Esta obra corresponde a la etapa final del Posclásico y fue de gran relevancia para dar soporte a la irrigación constante para la cabecera principal de la región Acolhuacan.

El principal motivo que detonó la construcción de este complejo sistema fue la intensa sequía ocurrida hacia 1450 y que fue prolongada por casi siete años. (Ibídem, p. 71)

A continuación, se hace una breve descripción del sistema hidráulico prehispánico en la parte oriental del antiguo Acolhuacan **(imagen 127)** compuesto por dos subconjuntos principales, norte y sur.

El primer conjunto, ubicado al norte estaba alimentado por fuentes perennes a través de manantiales, localizados en los poblados actuales de San Gregorio Amanalco,

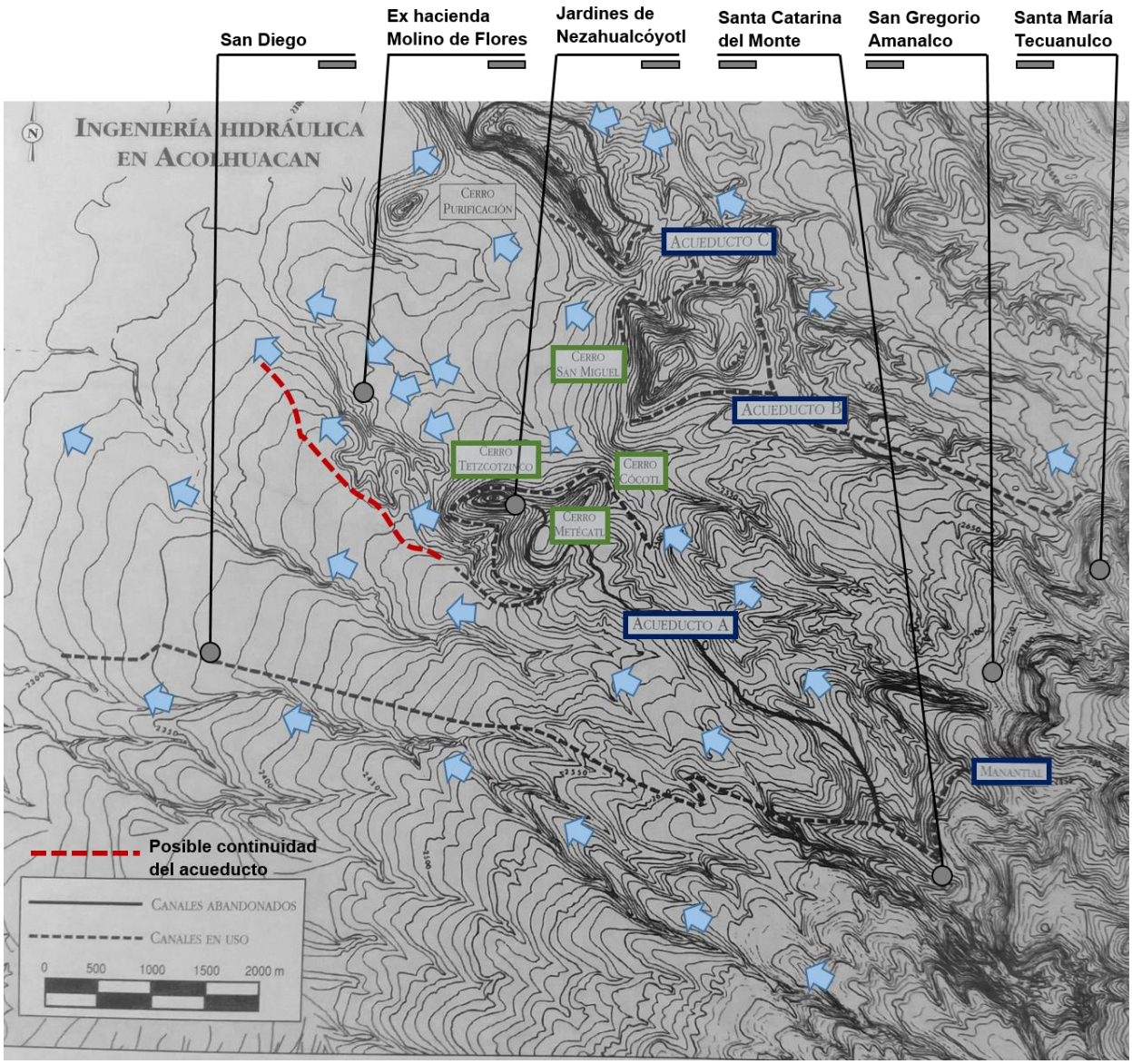


Imagen 127. Plano de la ubicación de los sistemas hidráulicos prehispánicos (acueductos en uso y abandonados) en la parte oriental de Acolhuacan. Se ubican los poblados que se asentaron cerca de los acueductos. Las flechas de color azul representan los escurrimientos naturales provocados por los desniveles del lugar. Plano realizado por Jeffrey R. Parsons (1971). *Prehistoric Settlement Patterns in the Texcoco Región, México.* Memoir No. 3, Museum of Anthropology, University of Michigan.

Santa María Tecuanulco y parte de Santa Catarina del Monte, constituido por una red de canales que llegaban hasta los poblados de La Purificación y San Miguel Tlaixpan.

Al inicio de este conjunto, específicamente al poniente de Santa María Tecuanulco, se hallaban canales con ciertas dimensiones (25 cm de profundidad por 50 cm de ancho) y posteriormente se conectaban a un acueducto principal **(letra B)** constituido a base de tierra y sedimentaciones rocosas con una longitud de aproximadamente 375 metros, una altura entre dos y cinco metros, y con un espesor de casi dos metros, su trayecto rodeaba al cerro de San Miguel hacia las zonas de riego y finalizaba con la conexión de otro acueducto **(letra C)** con distintas características (400 metros de largo, 13 metros de altura y un espesor de 3 metros) rodeando al cerro de la Purificación, en la parte este del cerro, aún se conservan y son utilizados los canales secundarios para actividades domésticas.

El segundo conjunto, ubicado al sur de Santa Catarina (2 650 msnm) estaba alimentado por un solo manantial entre los poblados de San Pablo Ixayoc y

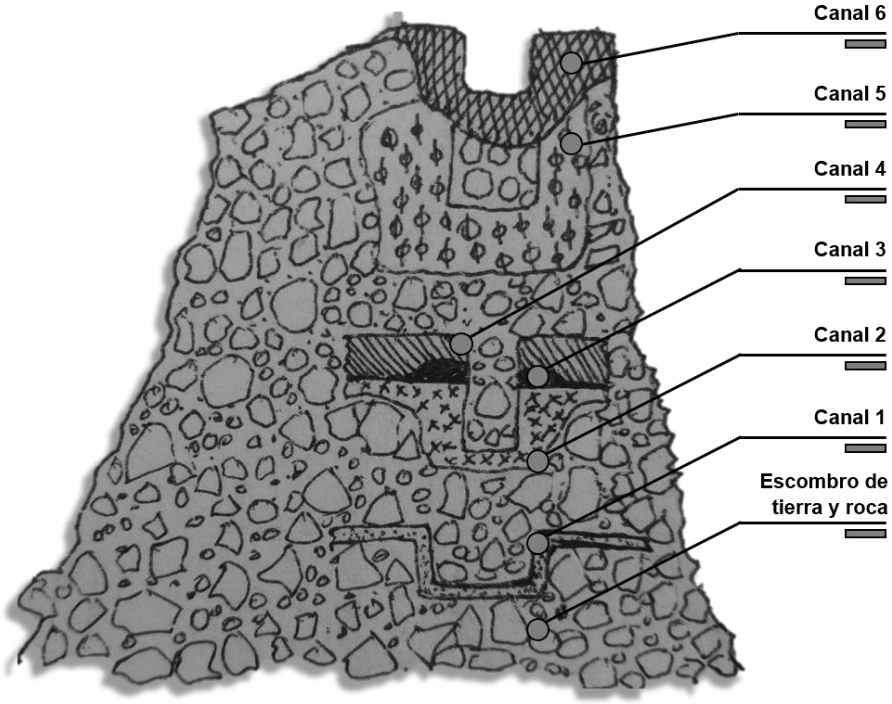


Imagen 128. Corte esquemático del acueducto A, conformado por seis canales superpuestos. Los canales 1,2 y 3 corresponden a la época prehispánica, mientras que los últimos tres (4,5 y 6) se creen puedan corresponder a la época del virreinato. Fuente: Jeffrey R. Parsons (1971). *Prehistoric Settlement Patterns in the Texcoco Región, México.* Memoir No. 3, Museum of Anthropology, University of Michigan. Re dibujo por Eduardo López Carlos.

Tequesquinahuac para después conducir el agua a través de un acueducto **(letra A)** constituido por compactación de tierras y sedimentos, con una longitud aproximada de 250 metros, altura de 10 metros y dos de espesor. Lo interesante de este acueducto es

que se puede apreciar que su composición está conformada por la superposición de seis canales; los primeros tres canales están constituidos por tezontle y morteros gruesos, mientras que los canales inferiores se pueden apreciar distintas características constructivas. **(Ver imagen 128)**

Esto puede denotar que los últimos canales se construyeron en la época del virreinato, mientras que los primeros representan la época prehispánica. Podría ser un primer acercamiento de que esos canales fueron re utilizados por los españoles, posterior a la conquista. En las laderas del cerro Metécatl se observa la continuación del acueducto, conectando con otro, localizado en el cerro Tetzcotzinco, que surtía de agua a la zona en donde se encontraban los jardines de Nezahualcóyotl.

En este lugar se ubican los "baños o albercas"; **(imágenes 129, 130 y 131)** hacia el noroeste del cerro está el baño de la reina, al suroeste el baño del rey y un tercero (alberca de las concubinas) al norte, estos nombres hacen alusión a las áreas que utilizaba el emperador para su goce o actividades recreativas, sin embargo, desde otro un punto de vista, se puede deducir que su objetivo principal de estos baños o albercas (mejor conocidos como rebosaderos, ínsulas o pozas) se concentraba en controlar la fuerza del agua provocada por el trayecto que se hacía en los acueductos y que también servían para la captación, el almacenamiento y la distribución del agua alrededor del cerro, como se puede apreciar en la **imagen 132.**

Rojas (2009) menciona que:

"…se desprendía un canal que derivaba hasta una fuente que contenía dos pozas, desde donde se controlaba el golpe del agua. Luego, el agua se distribuía por un acueducto cuya longitud era de 180 metros, cuatro de ancho y siete de altura. A través de este acueducto el agua llegaba al pie del cerro, a un estanque ubicado en la base de una plataforma templaría conocida como "El trono"; de ahí se distribuía hacia un canal perimetral que rodeaba al cerro y alimentaba diversas pozas circulares que funcionaban como piscinas recreativas. Este mismo circuito, por el lado sur, tenía una red de canales adyacentes que servían para dotar de agua a las terrazas del lado sur del cerro, conservadas hasta el día de hoy" (p. 265)

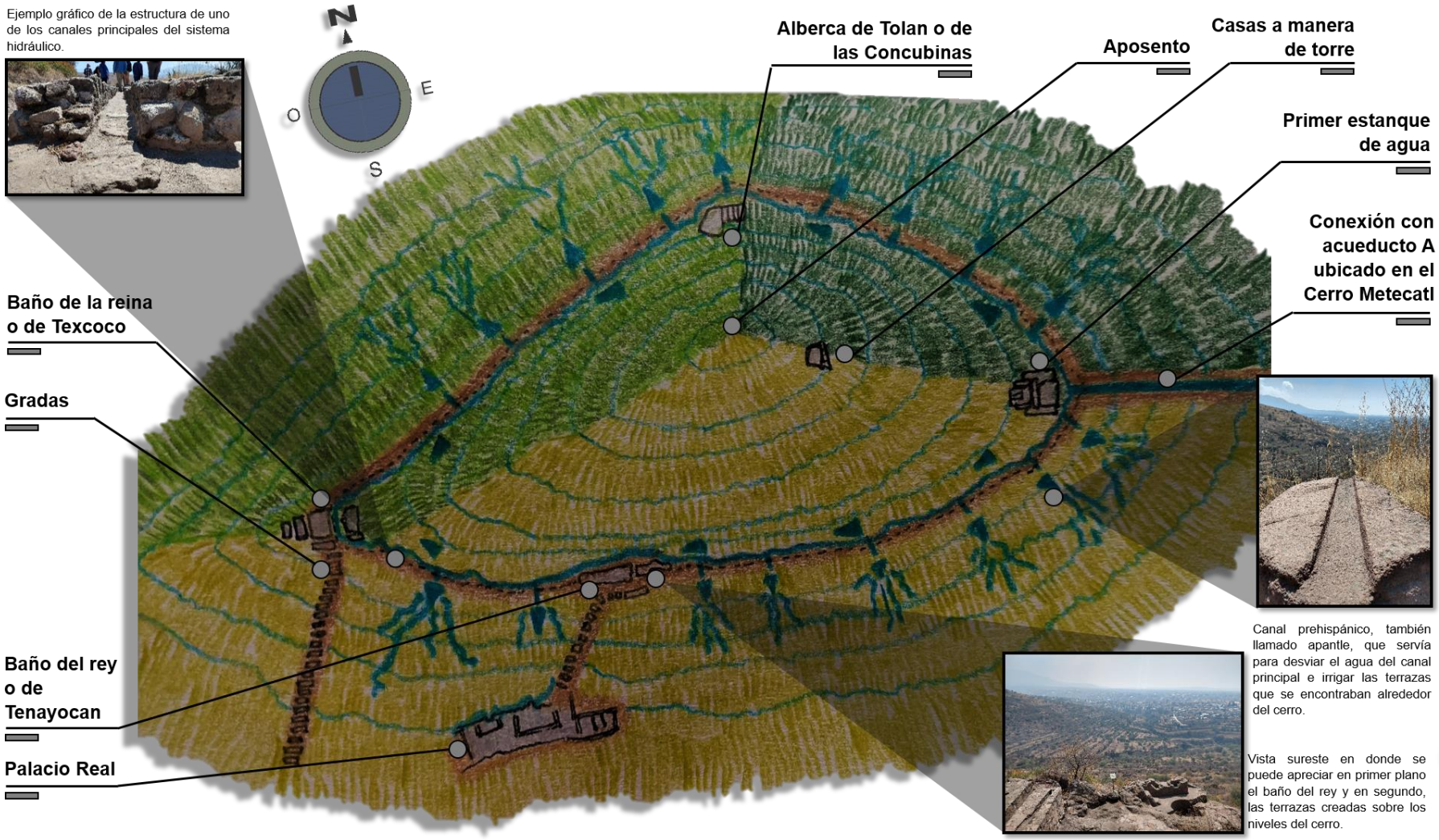


Imagen 129. Vista en planta de la composición del sistema hidráulico en el cerro Teztcotzinco. Del lado derecho se aprecia parte del acueducto que conectaba con el cerro Metécatl, su trayectoria rodeaba a todo el cerro y se conectaba con diversos canales y rebosaderos (conocidos como los baños) que servían de control y almacenamiento del agua para después ser distribuida hacia las terrazas o metepantles localizados en las laderas del cerro, este tipo de infraestructura correspondía a una irrigación de tipo temporal por medio de avenidas sin uso de canales, como se mostró en el capítulo dos. Se puede observar el curso que llevaba el agua a través de las flechas de color azul y las diferentes desviaciones que había en todo el cerro. Interpretación y levantamiento por Saúl Alcántara Onofre, Feliz Alonso Martínez Sánchez, Arturo Alavid Pérez (UAM-AZC). *El jardín de Nezahualcóyotl en el cerro del Teztcotzinco*. Re dibujo por: Eduardo López Carlos.

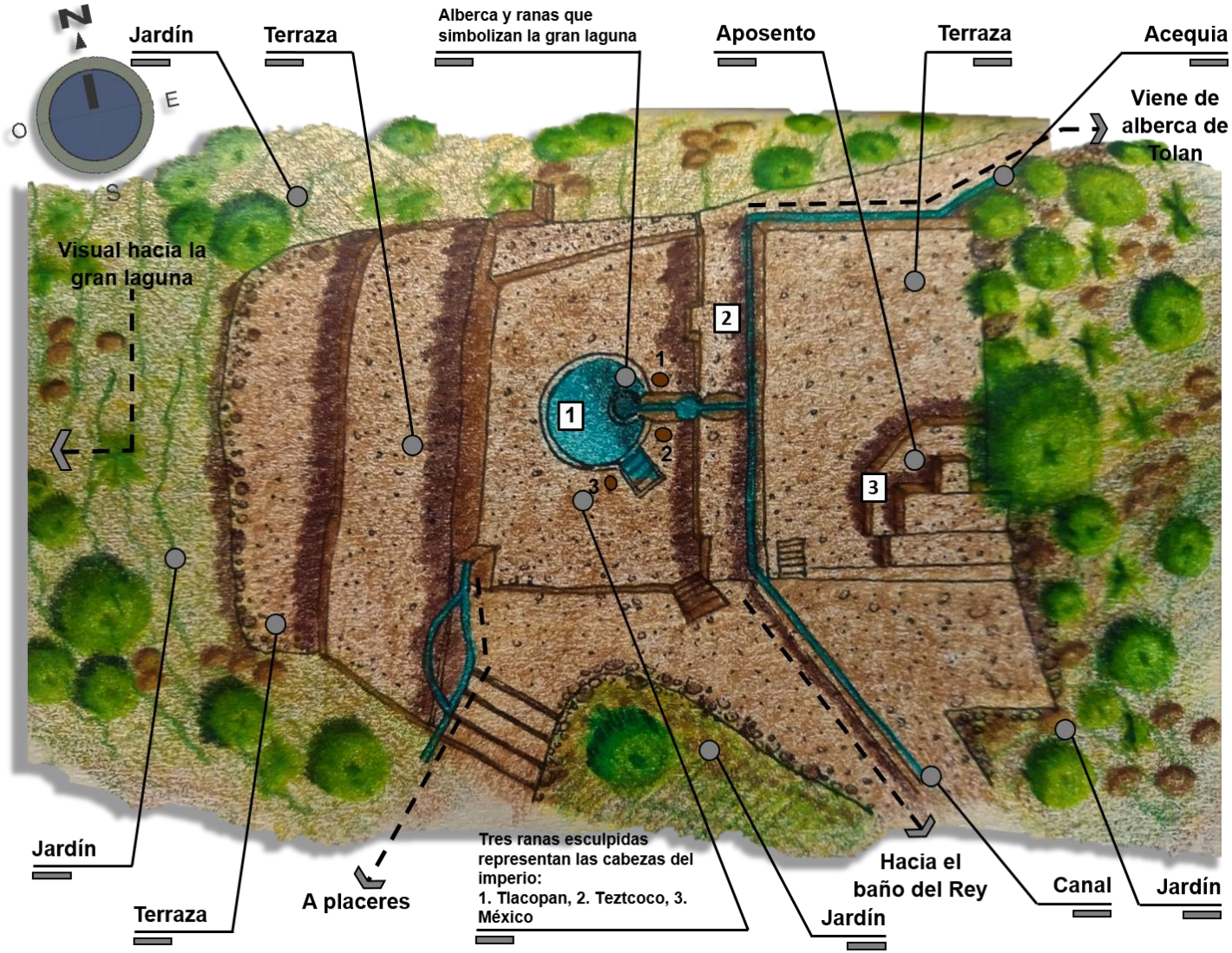


Imagen 130. Vista en planta del baño de la reina, ubicado al noroeste del cerro. Los canales llegaban al rebosadero principal (alberca) que posteriormente distribuía el agua hacia la zona de los placeres, ubicados en las terrazas del cerro para irrigar las zonas donde se cree, pudo estar la diversidad de flora en el lugar. En la imagen 1 se observa la composición del rebosadero, la imagen 2 representa a uno de los canales que distribuían el agua hasta llegar al baño de la reina. En la imagen 3 se encuentran los vestigios de lo que probablemente pudo ser un aposento. Interpretación y levantamiento por Saúl Alcántara Onofre, Feliz Alonso Martínez Sánchez, Arturo Alavid Pérez (UAM-AZC). *El jardín de Nezahualcóyotl en el cerro del Teztcotzinco*. Re dibujo por: Eduardo López Carlos.

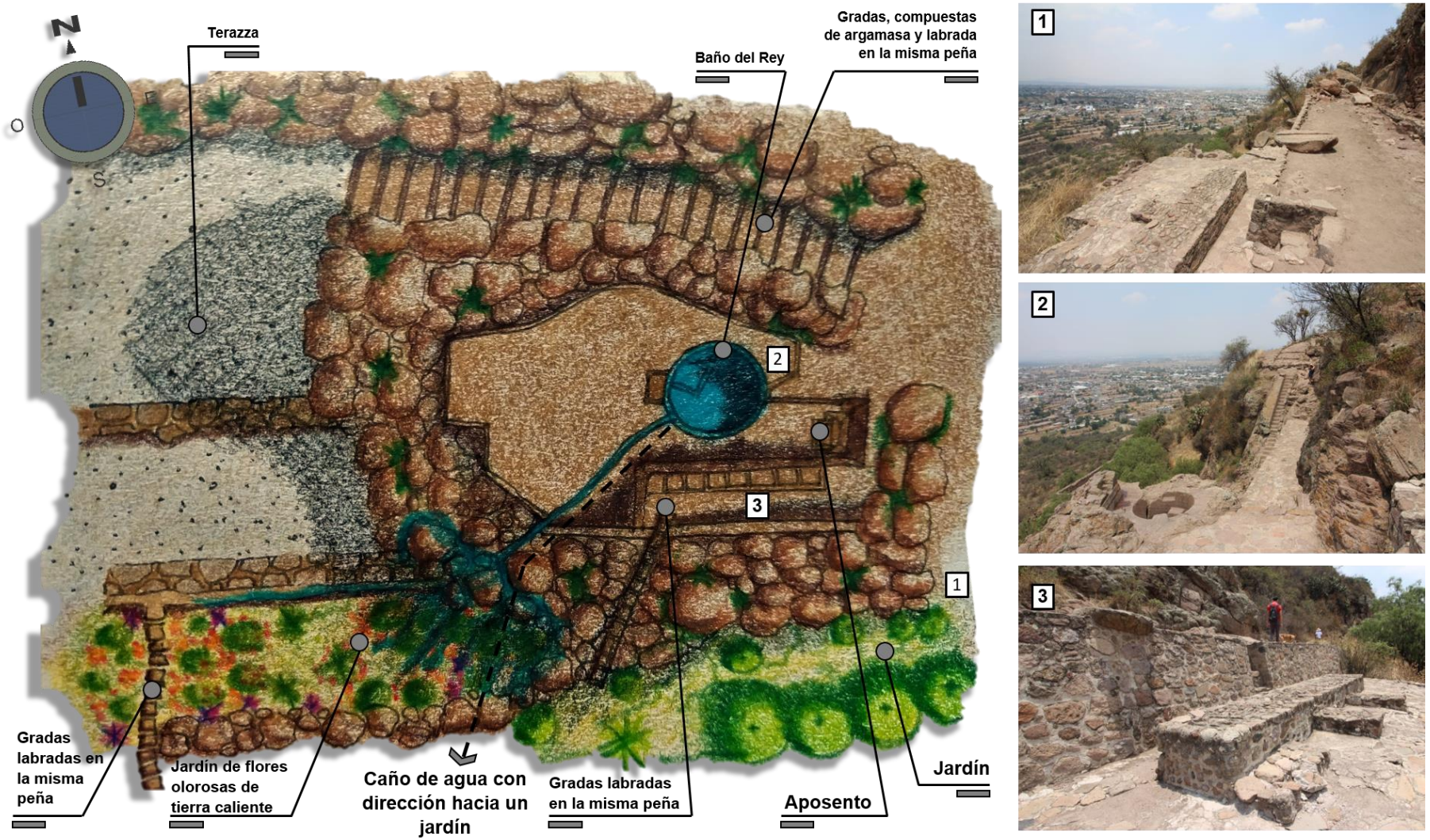


Imagen 131. Vista en planta del baño del rey, ubicado al suroeste del cerro. Para alimentar al rebosadero, se ubicaban diversos canales que presuntamente conectaban con el canal principal que distribuía de agua a todo el cerro. Posterior al almacenamiento del agua, era distribuida por medio de venidas y sin uso de canales, hacia los metepantles ubicados en las laderas del cerro. En la imagen 1 se puede observar la composición de un canal secundario, la imagen 2 corresponde a la visualización del rebosadero o mejor conocido como el baño del rey, mientras que en la imagen 3 se visualizan diversos canales tallados en piedra para la distribución del agua que caía en esa área y ser dirigida al rebosadero.
Interpretación y levantamiento por Saúl Alcántara Onofre, Feliz Alonso Martínez Sánchez, Arturo Alavid Pérez (UAM-AZC). *El jardín de Nezahualcóyotl en el cerro del Teztcotzinco*. Re dibujo por: Eduardo López Carlos.

Imagen 132. Infraestructura hidráulica en el cerro Teztcotzinco. En esta fotografía se puede apreciar, como primera instancia, un canal tallado en piedra que conectaba hacia un rebosadero, como se puede apreciar en la parte inferior derecha de la foto (vista opuesta a la primera), este rebosadero controlaba el flujo y la fuerza del agua para conducirla al acueducto que conectaba al cerro Metécatl con el de Teztcotzinco para después distribuir el agua alrededor y ser almacenada por otros rebosaderos o mejor conocidos como los baños del rey, de la reina y de las concubinas, y finalizar el trayecto del agua hacia las terrazas o metepantles construidos en las faldas del cerro. Fotografía tomada por: Eduardo López Carlos, fecha de captura, 26 de mayo 2019.

Con respecto a lo que se vio en el capítulo dos y abordándolo a este caso en particular, se puede determinar que el sistema hidráulico establecido en la zona de los jardines es una infraestructura de tipo irrigación permanente por medio de la alimentación de agua proveniente de manantiales, mientras que en los rebosaderos se encuentra una infraestructura de tipo irrigación temporal por medio de avenidas sin uso de canales; el método que se utilizó para esas zonas, ya sea de cosecha o para el riego de plantas fue a través de escurrimientos naturales y la creación de metepantles o terrazas, aprovechando las laderas y pendientes de los cerros como se aprecia en la **imagen 133**. Esta técnica se puede apreciar en toda el área de lo que fue la zona oriente del Acolhuacan y, por lo tanto, en la zona donde se encuentra la ex hacienda.

Imagen 133. Vista desde los baños de Nezahualcóyotl en el cerro de Teztcotzinco. Se aprecia la formación de terrazas por medio de metepantles aprovechando las pendientes en las faldas del cerro Metécatl. Fotografía tomada por: Eduardo López Carlos, fecha de captura, 5 de junio 2019.

La innovación tecnológica que se presentó en este lugar, fue el uso de canales prehispánicos para alimentar a los primeros ingenios hidráulicos ubicados en las cercanías de este cerro (Teztcotzinco). Hay que recordar que una de las características primordiales para hacer funcionar una maquinaria (en este caso un batán o un molino) es contar con conductores de agua que permitan guiarla hacia elementos de captación y ejercer presión constante para dar movimiento a las ruedas hidráulicas utilizadas en las maquinarias.

Parsons (2002) menciona:

> *"La elite tezcocana invirtió gran cantidad de esfuerzo en la construcción y mantenimiento de los acueductos y canales que conducían el agua desde los surtidores y manantiales de la serranía hasta las residencias reales del Tezcotzinco, así como las regiones circundantes. La mayor parte de agua que corrió por esta compleja red se aprovechó para fines no utilitarios. En tiempos coloniales este sistema hidráulico de la realeza fue remodelado con fines utilitarios"* (p. 59)

Esta información también fundamenta el hecho de que probablemente, el establecimiento del batán y posteriormente el molino provocaran cambios ingenieriles en los canales prehispánicos, satisfaciendo las necesidades requeridas en ese momento. el uso del agua para dotar de energía a los ingenios hidráulicos. Los objetivos primordiales de aquel sistema hidráulico pasaron a segundo plano.

Pomar (1941), especifica el cambio de uso que se les dio a ciertos canales prehispánicos para ser usados en las maquinarias.

> *"Rio principal y caudaloso no hay ninguno en esta ciudad ni cerca de ella, porque los arroyos de agua que corren por ella apenas pueden llegar a la laguna en tiempo de seca. Aun para esto fue menester incorporar y reducir en uno muchas fuentes de sus propios nacimientos, quitándolos de sus cursos y corrientes naturales, recogiéndolos en caños y acequias que para ello hicieron Nezahuacoyotzin y Nezahualpitzintli, no tanto para beber, porque tenían agua de pozos para esto, cuanto para regar sus huertas y jardines y otras posesiones y casas de placer, aunque ahora se sirven de ella en muchas partes de sus riberas para regadíos de sementeras de maíz y trigo, y en que han hecho los españoles molinos y batanes…con que antiguamente se regaban unas monteñuelas y cerros pequeños que llaman cuauhyacatl, que quiere decir "principio de monte" en donde los señores de esta ciudad tenían muchas y diversas plantas de flores de muchas y varios colores y muy singulares olores, así de las propias y que naturalmente se dan y crían en esta tierra…"* (p. 102)

Este sistema hidráulico prehispánico no solo alimentó a los ingenios, también sirvió para la siembra y el riego constante de trigo y de maíz establecidos en áreas (caballerías) junto a la hacienda, lo cual conllevó a un aumento de producción industrial y por lo tanto la existencia de una expansión territorial, como se mostró anteriormente. Estas innovaciones también provocaron cambios sociales; el desplazamiento de personas hacia otros territorios que posteriormente fueron convertidos en los poblados actuales colindantes al casco de la ex hacienda.

A continuación, se muestran dos mapas **(imagen 134 y 135)** en donde se ubican los acueductos prehispánicos localizados en los cerros de la región oriente del Acolhuacan y la alimentación que le daban al batán y al molino. Con estas fuentes se puede reafirmar lo citado por Parsons y Pomar.

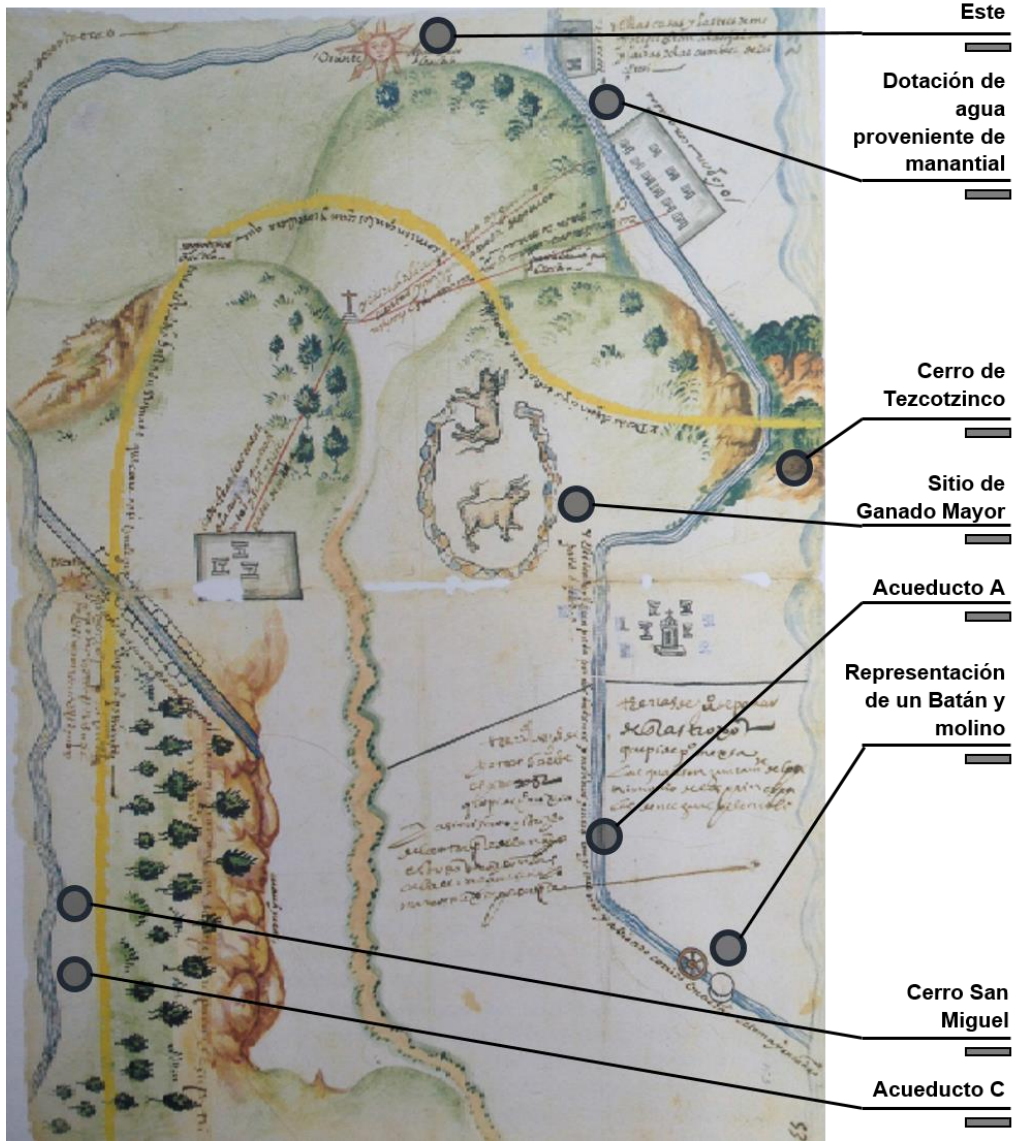


Imagen 134. Mapa Patlachiuhqui y Moyotepec Texcoco, Estado de México (1591). AGN. Tierras: Vol. 2726, exp. 8, fc. 153.

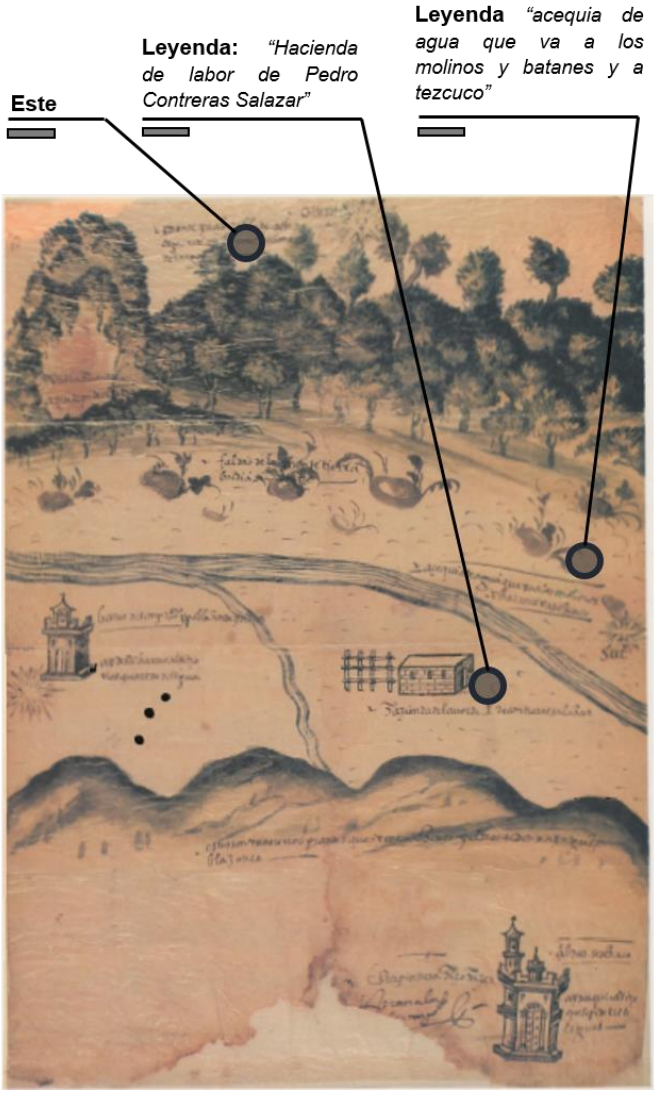


Imagen 135. Mapa Istlahuacan, Texcoco. Estado de México, 1592. AGN Tierras: vol. 2726, exp. 10, fc. 188.

Otra manera de comprobar que algunos canales de este sistema prehispánico fueron utilizados para accionar las maquinarias de la hacienda es ubicar los diversos escurrimientos naturales que existían en esa zona.

En la **imagen 136** se muestra un plano con el área comprendida por los cerros Teztcotzinco, Metécatl, Cócotl y la ex hacienda, se observan los distintos escurrimientos naturales provenientes de los cerros que conducen a la hacienda, esta información es muy importante ya que nos muestra que tal vez las ubicaciones de estos escurrimientos puedan ser parte de los vestigios de los distintos canales que aún se conservan y que, en temporadas de lluvias puedan llevar agua.

Se puede comprobar que, estos canales fueron utilizados para el accionamiento del batán y el molino, ubicados en la hacienda.

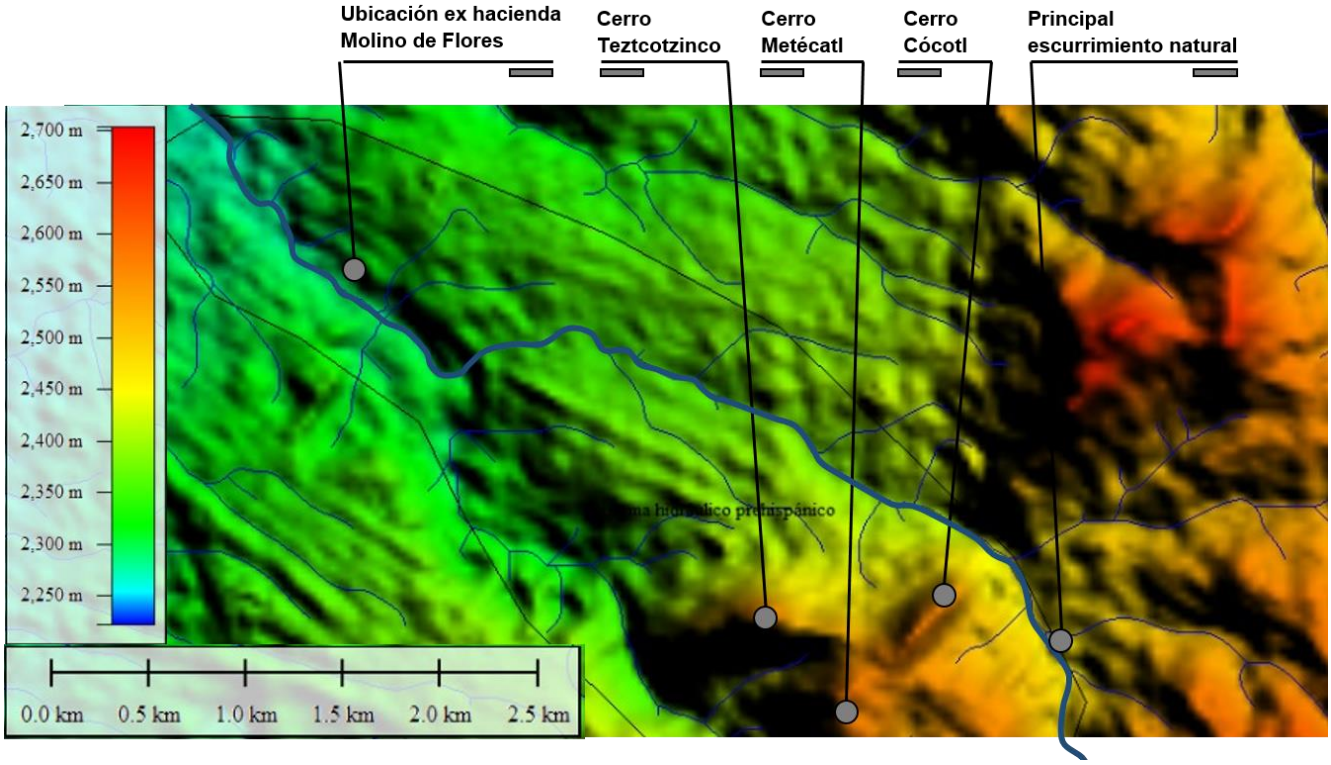


Imagen 136. Mapa que ilustra el área correspondiente a los cerros Teztconzinco, Metécatl, Cócotl, así como de la ubicación de la hacienda. Se observan las distintas alturas representadas por colores y los distintos escurrimientos naturales que aún se conservan en el lugar. Realizó: Eduardo López Carlos. Herramienta de trabajo: Global Mapper y Google Earth.

4.5. Reinterpretación de los espacios arquitectónicos del molino de rodezno en la hacienda Molino de Flores

Para esta investigación se hará la reinterpretación del molino que estuvo durante el siglo XVI, recordando que para 1585 esta maquinaria, se encontraba en funcionamiento a cargo del nuevo propietario, Pedro de Dueñas, mencionado con anterioridad. A pesar de que la hacienda estuvo en constantes cambios, la estructura y su composición de los edificios, nos pueden ayudar a reconocer las diversas etapas históricas, de ahí la importancia de conservar este tipo de patrimonio.

Otro punto importante de aclarar es que, como se explicó en el primer capítulo, el número de pares de muelas es directamente proporcional al número de cárcavos y de cubos, para el caso de esta hacienda, se cuenta con dos cárcavos, por lo tanto, aunque no hay evidencia de algún documento que relate la existencia de dos molinos simultáneamente existe la posibilidad de que, en algún momento, el molino pudo haber cambiado de lugar y por lo tanto se tenga la existencia de dos cubos con sus respectivos cárcavos.

Dentro del edifico principal aún se conserva una muela fija. En su ojo (parte central de la muela) se encuentra la lavija y la cama, pero con partes metálicas, lo que indica que esta pieza corresponde a otra época posterior al siglo XVI, no obstante, las muelas tenían un cierto periodo de vigencia ya que en ellas se tenía que tallar las estrías que permitían la trituración del trigo. Por lo tanto, en este molino existieron cambios constantes de muelas para la producción de trigo. Por consiguiente, para esta investigación solo se hablará y se hará la reconstrucción del molino del siglo XVI que probablemente es el que aún conserva la muela construida posterior a ese siglo.

A continuación, se presenta la planta arquitectónica **(imagen 137)** del conjunto de espacios que fueron requeridos para el correcto funcionamiento de este ingenio, así como de las diversas actividades que se llevaban a cabo. Este molino hidráulico estaba compuesto por un rodezno horizontal, su característica primordial era, poseer suficiente energía hidráulica para dar movimiento a los alabes y las muelas.

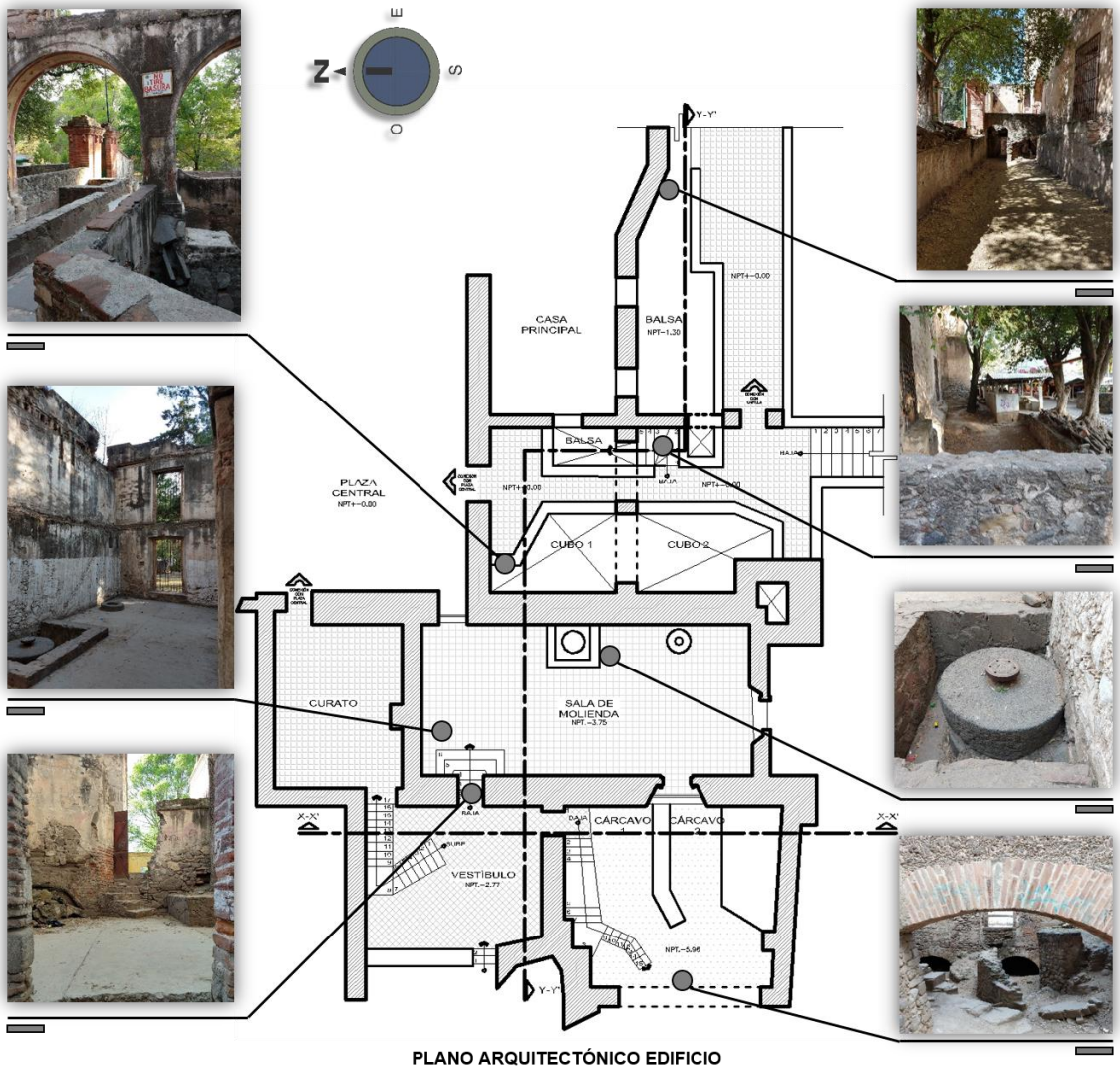


Imagen 137. Planta arquitectónica del conjunto de espacios requeridos para el molino de trigo (Balsa, cubos, edificio de molienda y cárcavos). Capturas de fotos y elaboración de plano por: Eduardo López Carlos. Fecha de captura: 18 de noviembre 2018.

De modo que, al oriente del edifico principal se encuentra una balsa que servía para almacenar el agua proveniente del río Coxcacuaco y que era alimentada por una acequia de 60 centímetros de ancho. El recorrido total de esta acequia se desconoce ya que se ha perdido cierta parte de su estructura.

Sin embargo, al noreste de la hacienda y a unos kilómetros del nacimiento del río Coxcacuaco, proveniente de una cascada, se localizan diversas acequias que al parecer dotaban de agua a otros dos cubos y una pequeña balsa. Probablemente estos cubos eran los que repartían el agua hasta la balsa donde se ubica el edificio del molino y así poder distribuir y controlar el agua proveniente del nacimiento del rio Coxcacuaco.

Entre su trayectoria se encuentra el edifico construido en 1888, por lo tanto, para el siglo XVI es probable que la trayectoria de la acequia haya pasado por tal lugar, en la **imagen 138** se puede apreciar, con ayuda de un plano y las aportaciones de evidencias a través de fotografías el recorrido de la acequia que se hacía desde la cascada hasta la primera balsa y los dos primeros cubos, posteriormente se realiza la supuesta trayectoria de la acequia hacia la segunda balsa del edifico donde se encuentra el molino.

Otra posibilidad de alimentar la balsa era crear un herido cerca del curso del rio Coxcacuaco y que el trayecto de la acequia pudiera ser corto, sin embargo, su ubicación queda en las laderas de la hacienda, por consiguiente, se hubiera necesitado de una maquinaria (tornillo de Arquímedes) para que elevara suficiente cantidad de agua hacia la balsa. En la **imagen 139** se muestra el perfil de la ubicación del río con la de la hacienda. Constatando el desnivel existente entre uno y otro.

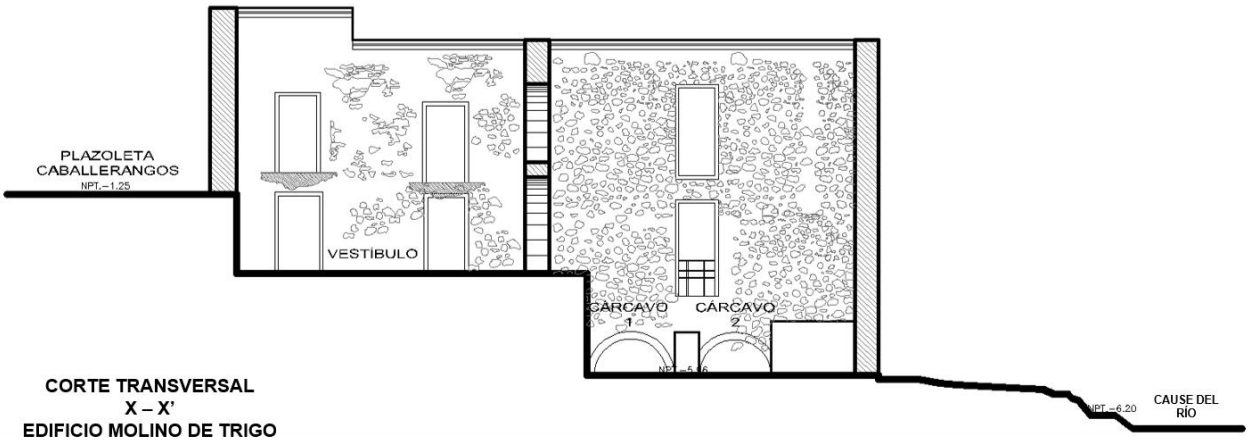


Imagen 139. Corte transversal del edificio donde se encuentra el molino. Se aprecia la ubicación del cauce del río y la diferencia de altura con la ubicación de los cárcavos. Elaboración de plano por: Eduardo López Carlos.

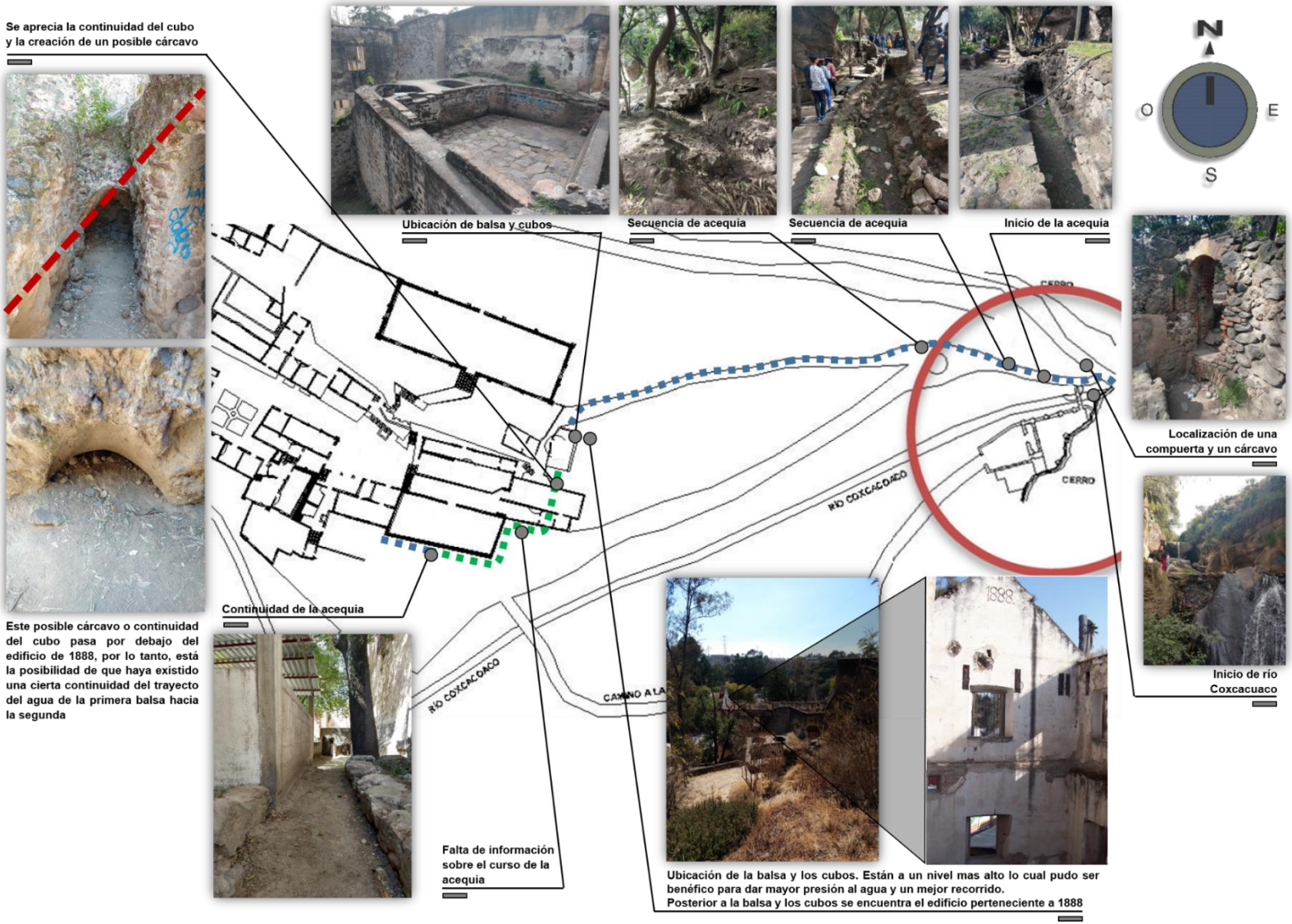


Imagen 138. Mapa que ilustra el posible trayecto de la acequia que alimentaba a la balsa y a los cubos para el accionamiento del molino. Dicha trayectoria comienza en la presa o inicio del río Coxcacuaco y que posteriormente es canalizada por una acequia que recorre parte de la hacienda hasta llegar a una primera balsa y cubos localizados en la parte alta de la hacienda. Existe evidencia de que estos cubos pasaban por debajo del edificio construido en 1888 y que probablemente la trayectoria de la acequia pasaba por ese lugar para después alimentar a la segunda balsa. Capturas de fotos por: Eduardo López Carlos. Fecha de captura: 18 de noviembre 2018. Plano elaborado por Fernández y Vázquez (2014). *Diagnóstico integral de conservación del parque nacional Molino de Flores, Texcoco, Estado de México.* Tesis nivel Maestría. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Pág. 49

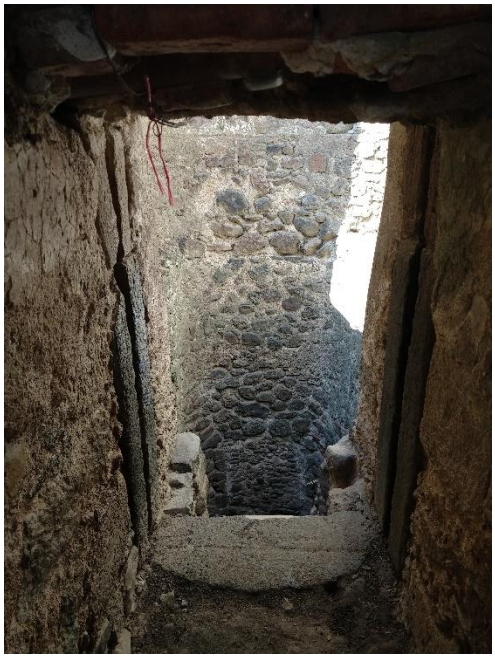


Imagen 140. Ubicación de la compuerta que alimentaba al cubo 2. Fotografía tomada por: Eduardo López Carlos, fecha de captura, 5 de junio 2019.

Esta balsa contaba con dos compuertas **(imagen 140)** que servían para dar control y regular la presión del agua, ubicadas por debajo de los cárcavos o en este caso del caz. Posterior a estas compuertas se ubican dos cubos, con una profundidad de 5.6 metros cada uno y que provocaban la energía hidráulica para dar movimiento al rodezno.

El edificio principal, que es donde se encuentra el vestigio de la muela fija y probablemente de la ubicación de otro molino, se ubica a un lado de los cubos, correspondiente a la parte medular de este conjunto de espacios arquitectónicos. Espinosa (2012) especifica:

> *"El molino de Tuzcacuaco tuvo modificaciones arquitectónicas en la última etapa de su funcionamiento. Se observa que de origen estaba construido de piedra y adobe, y presenta mezcla de elementos de construcción del siglo XIX (ladrillo, mampostería y herrería), demás ventanas que al parecer fueron puertas, reconstrucciones que llevaron a cabo los últimos propietarios. El edificio principal o sala de molienda carece de techo, mide 12.15 metros de largo por 5.05 metros de ancho y con una altura en su planta baja de 3.58; la segunda planta presenta la misma altura"* (p. 104)

La piedra fija que se encuentra en el edificio, tiene un diámetro de 1.27 metros, medida dentro del promedio de una muela para rodezno ya que, de ser mayor el diámetro, el rodezno no podría girar adecuadamente y se necesitaría una aceña para su correcta ejecución. El grosor que presenta la muela es de 50 centímetros, este dato nos puede indicar que el uso que se le dio fue muy poco, ya que como lo explica Pastrana (2012) *"…tras su vida útil, podían llegar a medir 10 cm o menos"* (p. 69)

A un lado de la muela fija, se encuentra un orificio en la bóveda del cárcavo derecho, donde, probablemente existió otro molino o simplemente hubo un cambio de ubicación. Cerca de este orificio, sobre la pared se encuentran los vestigios del trayecto de una escalera, por lo tanto, cuesta creer que en ese espacio estaba colocado otro molino, ya que interrumpiría el trayecto de dicha escalera, o simplemente, tanto la

escalera como el molino existieron en épocas distintas, satisfaciendo las necesidades de cada periodo de tiempo.

En la **imagen 141** se aprecian las cuatro fachadas correspondientes al edificio del molino y sus características que posee cada una.

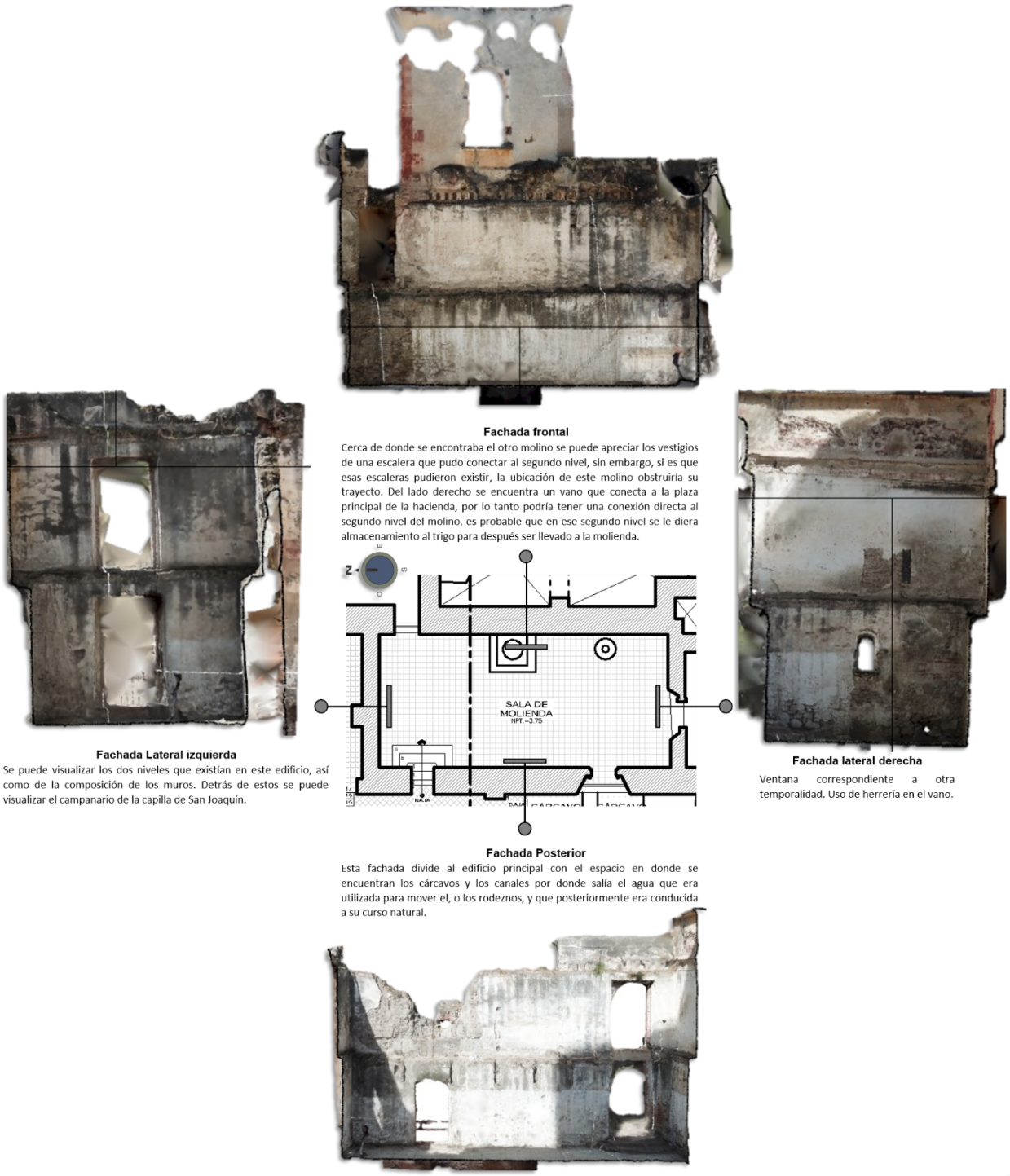


Imagen 141. Representación y descripción de las cuatro fachadas correspondientes al edificio del molino de rodezno. Elaboró: Eduardo López Carlos.

Es probable que las actividades que se llevaban a cabo para el lavado y secado del trigo se hicieran a las cercanías del río, el uso constante del agua era necesario para realizar estas actividades, de modo que, al sur del edificio de la molienda, se encuentra un espacio delimitado y que no presenta la existencia de una techumbre. Es probable que, en un inicio, estas actividades se llevaron a cabo en ese espacio. La trayectoria era corta y comunicaba al segundo piso del edificio donde se encontraba el molino, probablemente en ese lugar se almacenaba el trigo que estaba listo para ser procesado.

Los espacios ubicados al poniente representan los caballerangos, pero en un inicio pudieron servir para el almacenamiento de la harina como producto final y también contar con una conexión a las carretas, así como de una salida directa de la hacienda.

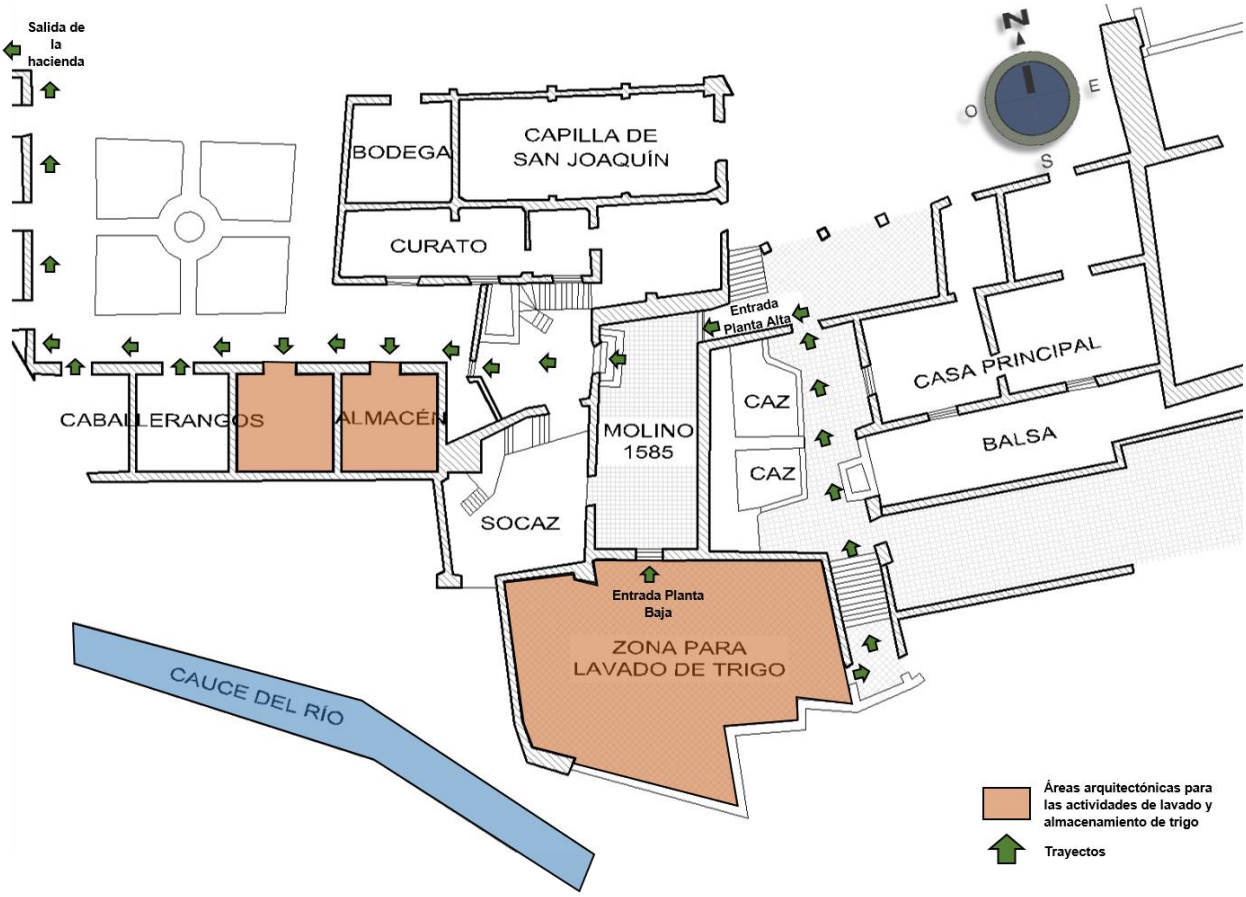


Imagen 142. Plano arquitectónico de las áreas en donde se ejecutaban las actividades de lavado, secado y almacenamiento del trigo, así como del resguardo de la harina como producto final. Elaboró: Eduardo López Carlos.

4.6. Reconstrucción hipotética del molino de rodezno en la hacienda

Para concluir con este capítulo y, en particular con el caso de estudio, se procedió a realizar una reconstrucción hipotética de la composición total del molino hidráulico que se ubicaba en esta hacienda. Para ello, se tomó como referencia la muela fija como el único vestigio ubicado en el edificio que se analizó con anterioridad. Para llegar a este resultado se tomaron en cuenta los análisis obtenidos que se realizaron y explicaron en el primer capítulo para sustentar esta interpretación.

La muela tiene un diámetro de 1.27 metros, dimensión que se encuentra dentro del rango para la fabricación de las piedras de molturación. Esta medida fue la base para poder diseñar cada parte del molino. Para el caso del rodezno, como se puede apreciar en la **imagen 143** el diámetro que se consideró fue de 1.50 metros, siendo proporcional a la muela y recordando que, si el diámetro rebasa los 2 metros, la fuerza ejercida por el agua puede desestabilizar la maza y provocar daños de torsión.

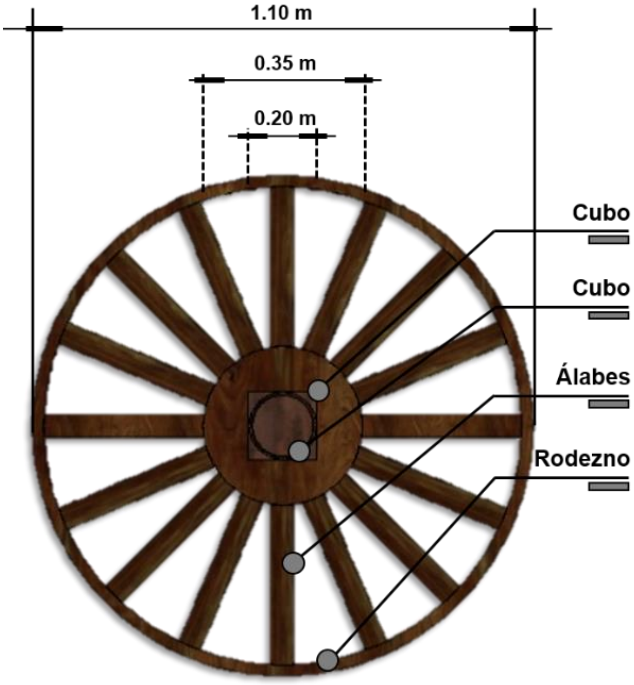


Imagen 143. Modelo en 3D. Vista en planta del rodezno.
Elaboró: Eduardo López Carlos.

Este rodezno está constituido por 16 álabes o paletas planas, distribuidas en toda la circunferencia. El tipo de madera que se utilizaba para la creación de los rodeznos era el mezquite, árbol endémico del país, sin embargo, en esta zona prevalece el encino y una de sus características es ser resistente a la humedad.

Para su fabricación, la principal herramienta a utilizar fueron las hachas utilizadas por los carpinteros indígenas que contaban con conocimientos sobre esta área y eran supervisados por maestros españoles; tal es el caso del uso del tepoztli, (para corte de madera) y del tlaximaltepuztli (para labrarla).

Terán (2008) hace mención de otras herramientas que eran importantes para la elaboración de los rodeznos: *"Entre las herramientas empleadas para trabajar los rodeznos se*

encuentran las hechas, sierras, garlopas, taladros, mazos, suelas o azuelas de hoja curva para las partes cóncavas, suelas planas para las lisas, barrenas y escoplos". (p. 252)

Para dar protección al rodezno por la constante humedad, se utilizaban resinas procedentes de árboles y que eran mezcladas con azufre, este mismo procedimiento se llevaba a cabo para las barcas de navegación. (Ibídem, p. 252)

En la parte baja del rodezno se encuentran el gorrón y el cubo metálico con una altura de 0.75 m. desde el lecho alto del rodezno hasta la punta del gorrón, rango establecido en el tratado de *Los veintiún libros de los ingenios y de las maquinas.* Desde la punta del gorrón hasta la parte de la maza constituida por madera existe una altura total de 3 metros (similitud a la altura del cárcavo) como se muestra en la **imagen 144**.

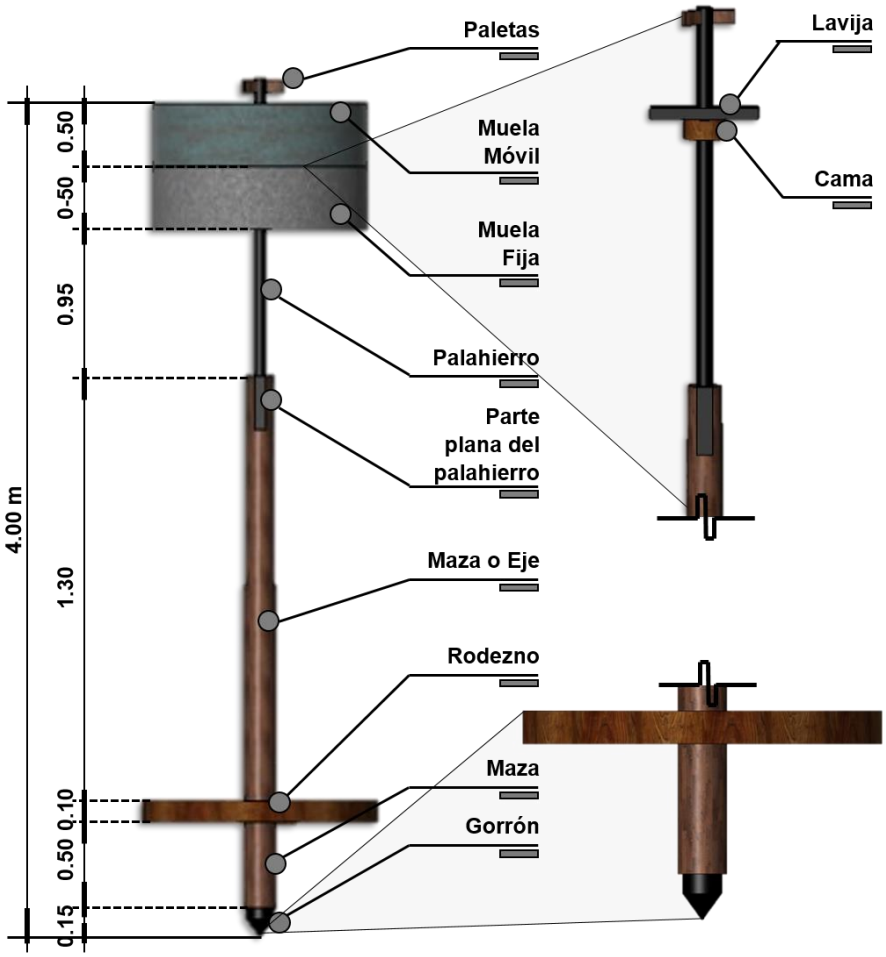


Imagen 144. Modelo en 3D. Vista en alzado de la maza o eje del rodezno.
Elaboró: Eduardo López Carlos.

Posterior a la maza, se inserta el palahierro con una altura total de 1.95 m. y constituido por la cama (pieza que sirve como obstrucción y que evita que los granos caigan a la parte inferior del cárcavo) y la lavija que estará unida a la muela móvil. La construcción de esta parte del molino tenía que ser muy precisa, ya que dependía totalmente del movimiento que se produjera en la muela móvil. Es por eso que la colocación de la parte inferior del molino o subestructura tenía que estar supervisada por un especialista, en este caso un carpintero o el propio molinero.

> *"El rodezno fabricado se debía colocar en la construcción antes que cualquier otro elemento de la maquinaria; era muy importante garantizar su giro antes de fijar las piedras en la parte superior. El rodezno se montaba en el cárcavo y se dejaba circular agua por el cubo. Cuando el giro se comprobaba visualmente, se ajustaba el rodezno a la línea de agua. Se podía colocar la muela fija en la parte superior y después ajustar la muela móvil al eje motriz".* (Pastrana, 2012, p. 56)

Otra parte importante de mencionar, es la composición del saetín, ubicado en la parte baja del cubo y que permite el acceso controlado del agua hacia el rodezno. Su perfecta inclinación permitía el roce o herido constante a los álabes para que la rueda comenzara a girar en su propio eje, Turriano establece una norma en la que consta de trazar un rectángulo que debe dividirse en tres tercios en la parte horizontal y la mitad en la vertical. Posteriormente se debe trazar una línea que una a los vértices opuestos de las dos primeras franjas, esa sería la inclinación perfecta del saetín. (Turriano, s.f., p. 307)

Si la ubicación del saetín se coloca a un tercio del rodezno, el herido del agua será muy débil, caso contrario si su localización fuese a los tres tercios, el agua ejercería bastante presión al rodezno y, por lo tanto, provocaría un desequilibrio a la maza. En la **imagen 145** se puede visualizar un corte esquemático del levantamiento que se realizó al edificio donde se ubica el molino a través de una fotogrametría y que nos permite dar una idea más clara de la ubicación del rodezno y su conexión con el cubo a través de la ubicación del saetín.

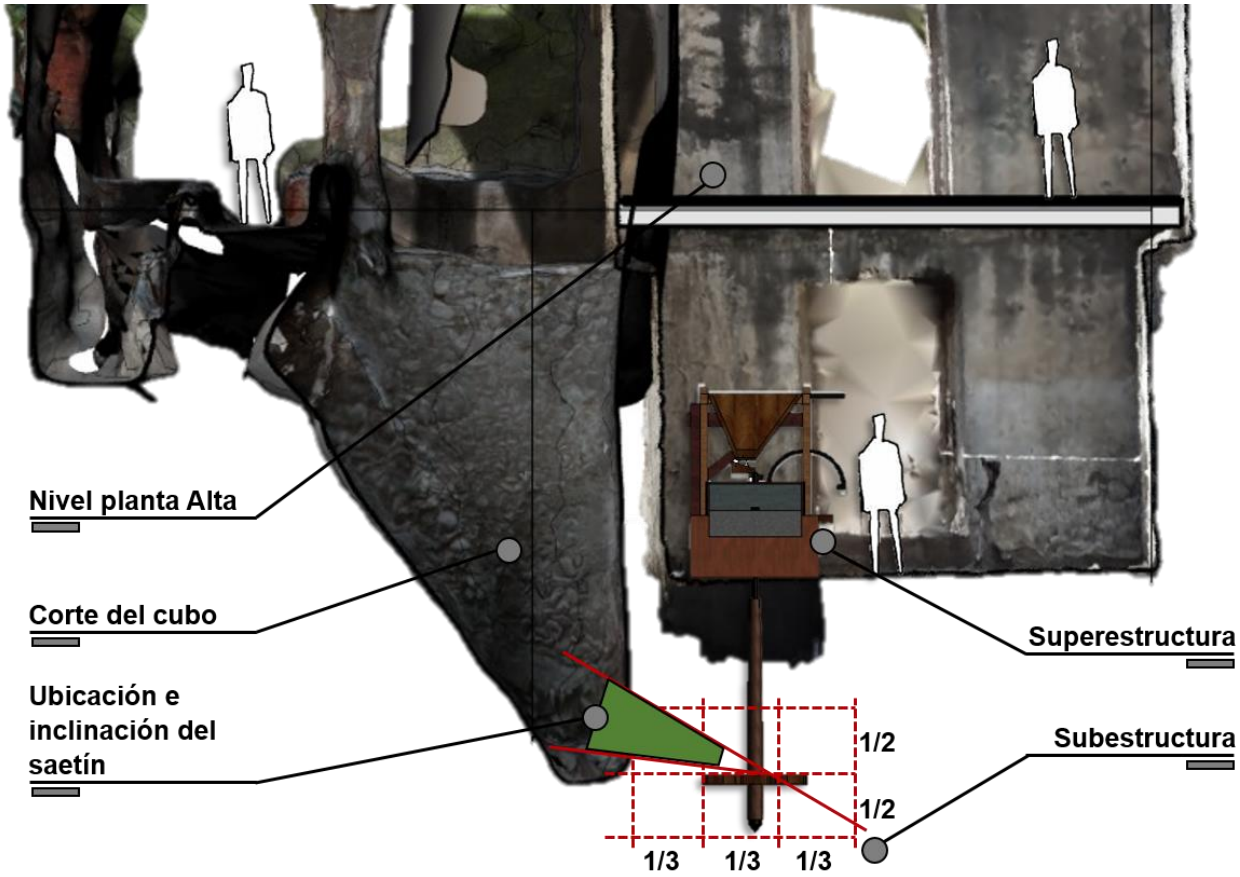


Imagen 145. Corte esquemático a través de una fotogrametría para la ubicación del molino hidráulico y la conexión con el cubo a través del saetín. Elaboró: Eduardo López Carlos.

Una vez hecha la descripción de la subestructura del molino, se comenzará con la descripción de las partes que constituyen a la superestructura; las muelas, como ya se mencionó, tienen un diámetro de 1.27 m. y un espesor de 0.50 metros. Para la fabricación de estas piezas, al igual que el rodezno, debían estar a cargo de los canteros, procedentes del gremio de los albañiles, por lo que tenían un gran conocimiento de la geometría y de los tipos de piedra a necesitar. Su labor iniciaba con la ubicación de los bancos de piedra y posteriormente de la extracción.

Para el caso de este molino, la extracción de piedra pudo realizarse al este de la hacienda, junto a la cascada, ya que las características de ese tipo de roca eran las más adecuadas y también facilitarían un eficaz traslado hacia el edifico donde se instalaría dicha maquinaria. Según Terán (2008)

"La forma circular de las piedras se trabajaba en las canteras porque además de ser más maleable facilitaba su traslado. No estando lejos del sitio, podían llevarlas rodando de canto

utilizando troncos que atravesaban por los ojos de las muelas o bien las arrastraban con amínales de carga, preferentemente mulas". (p. 267)

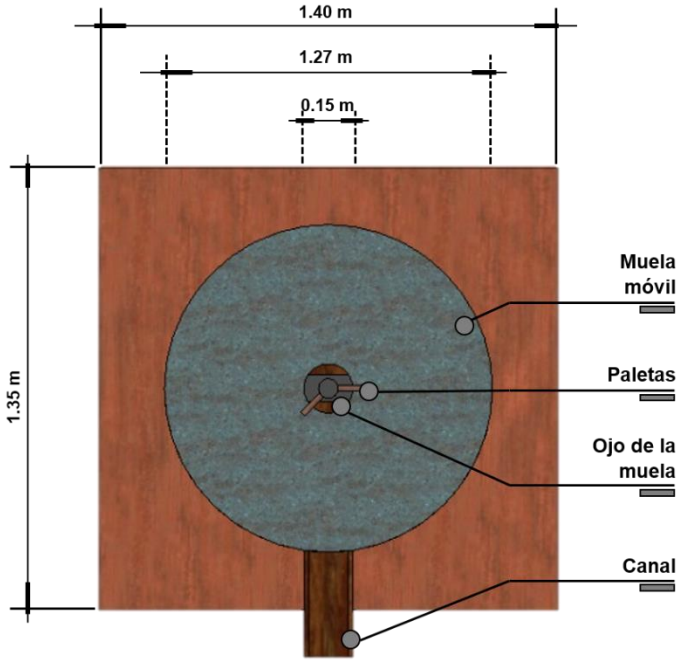


Imagen 146. Modelo en 3D. Vista en planta de la muela y del banco. Elaboró: Eduardo López Carlos.

La dimensión para los ojos de las muelas oscilaba entre los 15 a 50 cm, para el caso de estas muelas, los ojos son de 15 cm, como se aprecia en la **imagen 146.** Después de que las muelas estuvieran en el lugar correcto se procedía al tallado de las estrías en cada una de las muelas. Su duración podía llegar hasta los dos años, límite de tiempo en el que las piedras habían perdido su espesor y por lo tanto tenían que ser remplazadas por otras nuevas.

Una vez establecidas las muelas en el eje del rodezno y ajustando la muela móvil a la lavija, se encuentra el guardapolvo, elemento de madera que permite cubrir y proteger a las dos muelas, su ancho es 5 cm mayor a las muelas. En la parte superior se ubica un orificio que coincide con los ojos de las piedras y, por lo tanto, permite el paso directo del grano para su proceso de molturación.

Otra parte importante para este molino es la tolva, constituida por una estructura de madera fijada al banco, permitiendo una rigidez al recipiente y en donde se procedería al vaciado del trigo, sus dimensiones dependen de la inclinación que se le quiere dar a la tolva; a mayor inclinación, mayor dosificación de grano, a menor inclinación, menor dosificación, para el diseño de la tolva, se tomó en cuenta un cuarto del ancho total de la tolva para poder generar la pendiente adecuada, como se puede notar en la **imagen 147**. Otros elementos a considerar para este diseño son; la ubicación de las tablillas adosadas en la parte superior del eje y que realizan los mismos giros que la muela móvil, de esta manera, junto con otra tablilla unida al guardapolvo se pueden generar pequeños golpeteos para poder suministrar automáticamente el grano de trigo y provocar una similar velocidad al del rodezno y la muela móvil.

En esta reconstrucción también se propuso la creación de la calabria, parte fundamental para este molino, ya que era la que podía levantar las muelas, al momento de hacer un cambio necesario (mantenimiento, picado de estrías o cambio de muelas), su estructura está compuesta de madera, mientras que el gancho para sujetar las piedras es de hierro **(ver imagen 147).**

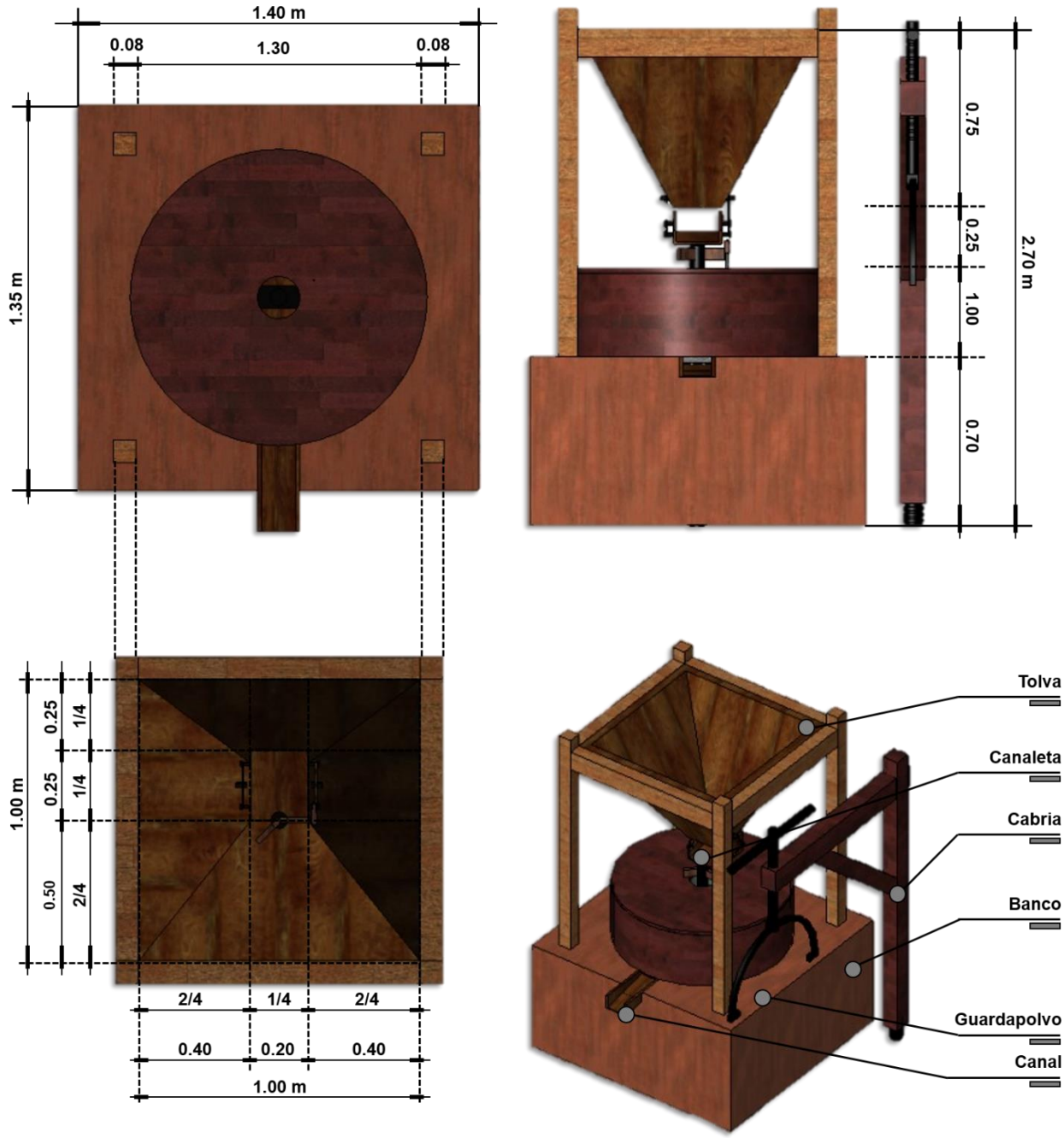


Imagen 147. Modelo en 3D. Vista en planta, alzado e isométrico de la superestructura del molino.
Elaboró: Eduardo López Carlos.

Para finalizar con esta reconstrucción, se procedió a realizar una fotogrametría del edificio principal del molino, técnica que consiste en la obtención de mapas y planos por medio de un conjunto de imágenes. Esta técnica reforzó la reconstrucción de dicho molino y por lo tanto se pudo dar un acercamiento más específico de cómo es que se hubiera visto esta maquinaria durante el siglo XVI.

De esta manera, se procedió a la colocación del modelado del molino hidráulico en el edificio principal de la hacienda y concluyendo con esta reconstrucción hipotética, ver **imágenes 148 y 149.**

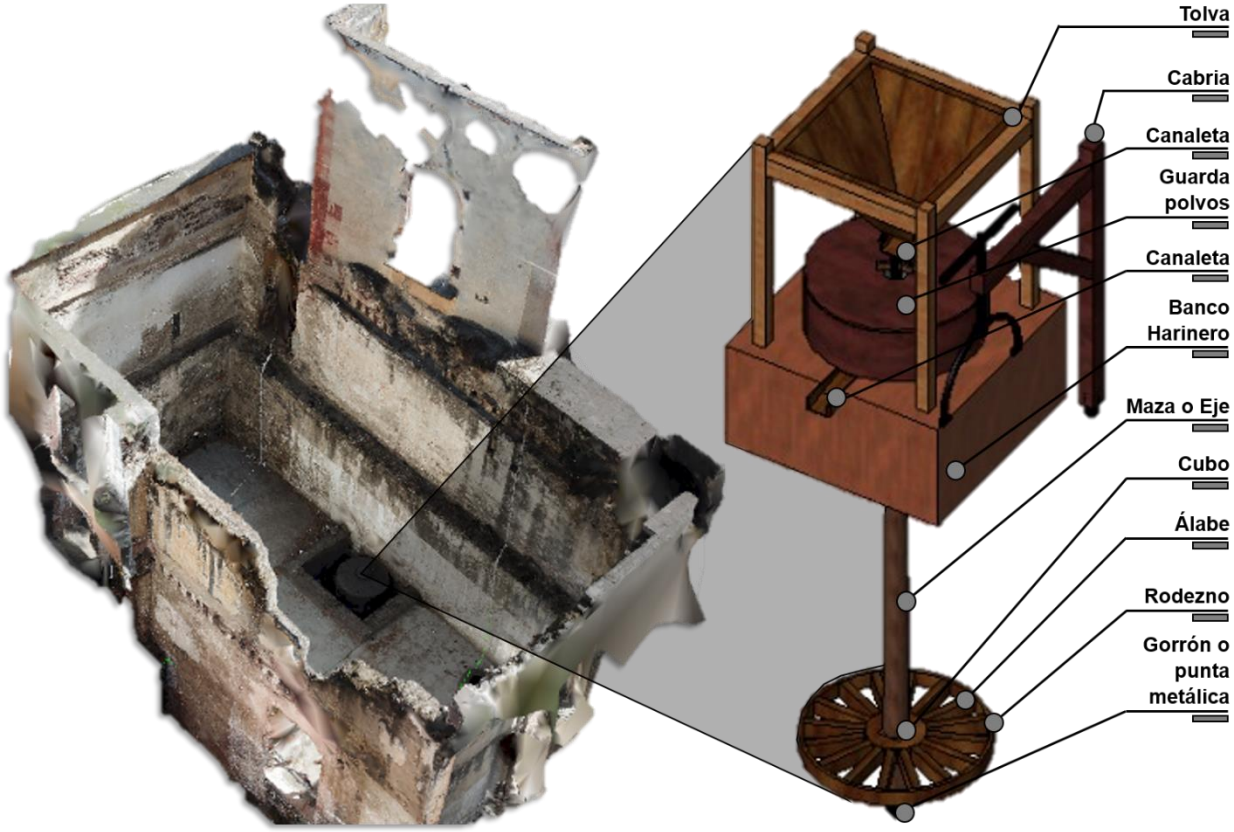


Imagen 148. Isométrico por medio de una fotogrametría del edificio principal del molino y modelado en 3D de la maquinaria. Capturas de imágenes: Eduardo López Carlos. Fecha de captura: 24 de febrero de 2020. Proceso de imágenes: Luis Ramírez. Modelado de la maquinaria: Eduardo López Carlos.

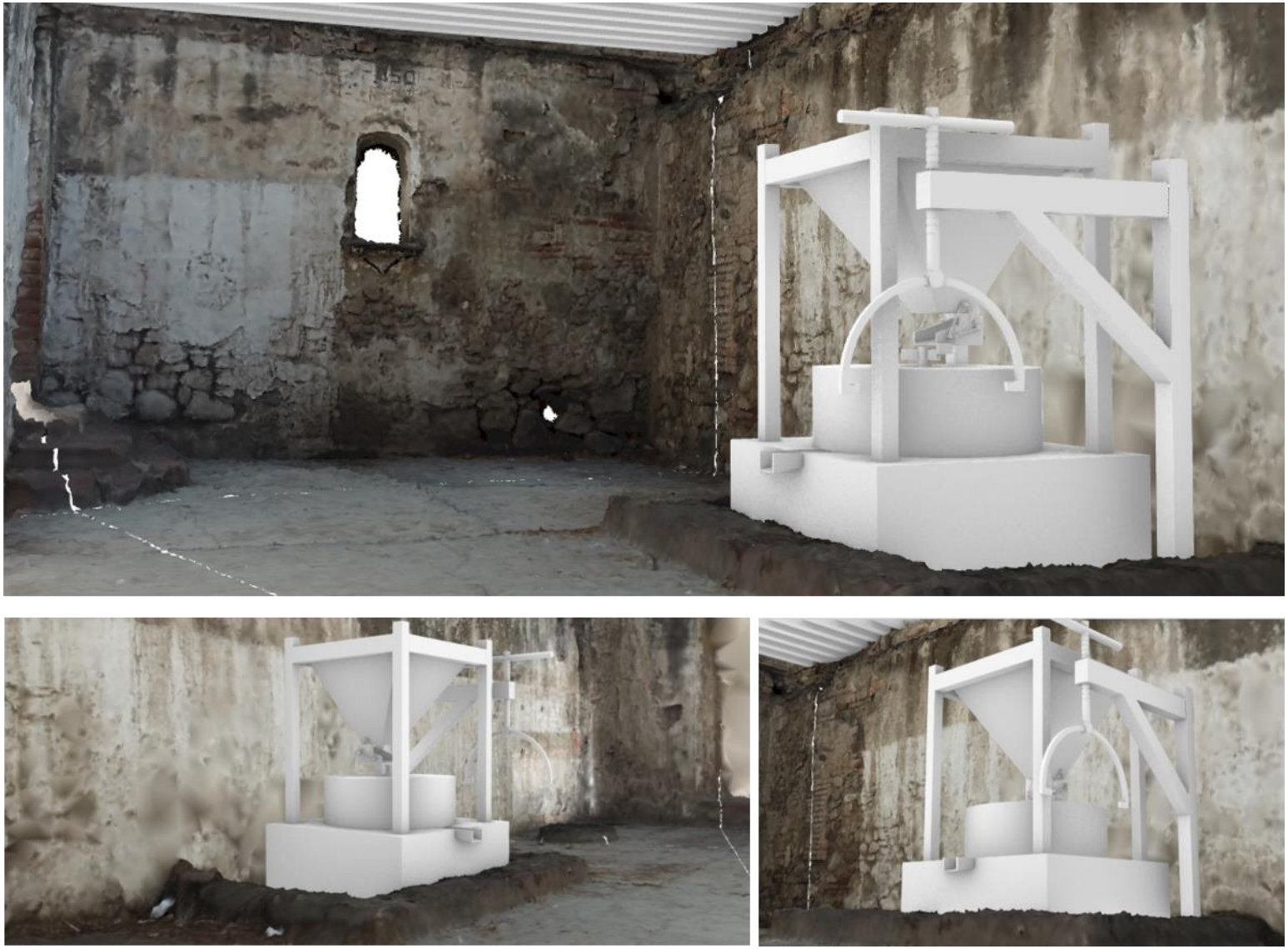


Imagen 149. Isométrico por medio de una fotogrametría del edificio principal del molino y modelado en 3D de la maquinaria. Capturas de imágenes: Eduardo López Carlos. Fecha de captura: 24 de febrero de 2020. Proceso de imágenes: Luis Ramírez. Modelado de la maquinaria: Eduardo López Carlos.

Resultados

De acuerdo a lo analizado en el caso de estudio y con ayuda de fuentes históricas; crónicas, mapas, litografías, imágenes, levantamientos topográficos, fotogrametrías y la creación de elementos tridimensionales, se obtuvieron los siguientes resultados.

- La ex hacienda Molino de Flores se encuentra ubicada en una zona donde existía parte del sistema hidráulico prehispánico que era el que alimentaba a los jardines de Nezahualcóyotl ubicados en el cerro Teztcotzinco y a los jardines del río Coxcacuaco.
- Se interpretó el trayecto de la acequia que dotaba de agua al molino; su trayecto comenzaba con la captación de agua proveniente de la presa, era almacenada mediante una balsa y distribuida con el uso de dos cubos para generar una presión constante y poder hacer llegar el agua a una tercera balsa y a otros dos cubos que eran los que alimentaban al molino.
- Los canales ubicados en la ex hacienda y que representan al trayecto que realizaba la acequia que alimentaba al molino, pudieron pertenecer a canales de la época prehispánica. Cerca de donde se ubica la presa, las características físicas del lugar, como el tipo de piedra, son muy parecidos a los del cerro del Teztcotzinco.
- No existe una evidencia clara de que pudiera existir un segundo molino hidráulico y mucho menos de haber trabajado simultáneamente con el molino perteneciente al siglo XVI. El número de cubos y cárcavos no permitieron argumentar ese hecho.
- No se pudo localizar el sitio donde estaba el batán, ya que, gran parte de su composición era de madera, por lo tanto, no hay evidencias que puedan relevar su posición exacta. Es probable que estuviera ubicado a las orillas del nacimiento del río Coxcacuaco ya que estas maquinarias requerían de suficiente agua para el proceso textil de los obrajes.
- Con la reconstrucción del molino perteneciente al siglo XVI, se obtuvo una mejor comprensión de los vestigios que actualmente se encuentran en esta hacienda. Este molino cuenta con una rueda de tipo horizontal o mejor

conocida como rodezno, sus componentes secundarios son la balsa y uno de los cubos, que sirven para el accionamiento del rodezno y de las muelas.

- Las medidas de cada parte del molino se establecieron con las medidas del vestigio de la muela fija, siendo la unidad de medida principal para este modelo, creando una proporción entre las muelas y el rodezno, lo que permitía que existiera un equilibrio entre ambas partes.
- También se pudieron ubicar las zonas y espacios arquitectónicos en donde se realizaban las actividades de lavado y secado de la semilla del trigo, así como de una interpretación del trayecto que se realizaba para almacenar el trigo, llevarlo al proceso de molienda y concluir con el almacenamiento de la harina.

Con la obtención de estos resultados, se pueden generar diversas investigaciones y abundar en ciertos resultados que no se pudieron analizar y obtener una mejor respuesta.

Las principales recomendaciones a seguir para esta investigación son; profundizar en la investigación de la existencia de un segundo molino, realizar una reconstrucción hipotética tridimensional del recorrido de la acequia que alimentaba al molino, ya que puede generar un impacto de mayor relevancia para la conservación de este patrimonio y porque no, de una posible restauración de esta infraestructura ubicada en la ex hacienda Molino de Flores.

La simulación del trayecto del agua y el movimiento de esta maquinaria podría aportar mayor interés, no solo para el área de investigación, sino para un público en general, creando un conocimiento sobre la importancia de preservar este tipo de patrimonio.

Para la creación del modelo tridimensional del molino se utilizaron parámetros los cuales ayudan a modificar cada una de sus partes dependiendo de sus dimensiones establecidas, por lo tanto, este modelo sirve para hacer un registro de todos los molinos que existieron en la región de Acolhuacan y obtener resultados que permitan conocer una constante para este tipo de molinos. A su vez, se estarían realizando acciones de conservación.

Conclusiones

El ser humano, por naturaleza, tiene el objetivo de satisfacer sus necesidades; la alimentación es una de las más importantes, de tal modo que, desde la prehistoria, el Homos Sapiens, a través de procesos empíricos como la observación y posteriormente el uso del razonamiento comienzan a utilizar herramientas para satisfacer esta necesidad. El uso de las manos como primera herramienta, seguido de la elaboración de instrumentos rudimentarios, son constantes procesos de innovación tecnológica que se van creando a la par de la evolución del hombre hasta llegar a la creación de herramientas complejas para satisfacer esta necesidad, así como de una disminución de trabajo y esfuerzo posible.

EL uso de recursos naturales, también fue una constante herramienta de innovación tecnológica; el manejo de piedras utilizadas por medio de golpeteos ininterrumpidos (trabajo de percusión) o de movimientos de fricción, permitieron la molturación de semillas que eran imposibles de digerir para el hombre. De tal modo que, con estas primeras herramientas para este ámbito, se procedió a la creación de un mejor diseño y un continuo perfeccionamiento.

Los ingenios hidráulicos permitieron satisfacer las necesidades de la época del renacimiento, el uso del agua fue la principal aportación que dio pie a la creación de maquinarias que fueran accionadas por energía hidráulica y permitieran un menor esfuerzo de trabajo para el hombre. A través de consultas de fuentes bibliográficas, se elaboró una clasificación sobre los distintos ingenios hidráulicos, dependiendo del uso y el acomodo de la rueda hidráulica, siendo las azudas o norias, las ruedas colocadas en forma vertical y los rodeznos en forma horizontal.

Por medio del uso y la elaboración de gráficos que permitieran una mejor comprensión de lo que se estaba analizando y de consultas bibliográficas, se realizó una sub clasificación de los distintos tipos de molinos para la producción cerealera, dependiendo de la fuerza que se utilizaba (humana, animal o por medio de recursos naturales, como el agua).

Por lo tanto, para este tipo de molinos, además de seguir contando con la principal herramienta de molturación a través de la fricción provocada por dos piedras en forma circular, fue añadida la fuerza hidráulica sustituyendo a la fuerza humana. Este cambio

trajo consigo la creación de nuevas piezas que fueron implementadas al molino para una correcta ejecución. El objetivo seguía siendo el mismo, sin embargo, se quería llegar a una trasformación periódica para dar respuesta continua a necesidades cambiantes. De nuevo, el uso de gráficos o esquemas elaborados para esta investigación permitió profundizar y conocer las partes principales de un molino de rodezno.

Mientras tanto, en Mesoamérica, por medio de la consulta de fuentes bibliográficas y la comprensión a través de mapas, las civilizaciones establecidas en toda esa región tenían sus propias necesidades alimenticias, siendo la agricultura parte fundamental para sus vidas cotidianas.

El uso de canales rudimentarios para un riego constante e uniforme conllevaron a un proceso de innovación tecnológica, realizando cambios periódicos en su infraestructura, hasta llegar a la creación de sistemas hidráulicos que satisfacían, además de la irrigación de zonas agrícolas, la captación, el almacenamiento y la distribución de agua a las diferentes poblaciones.

La diferencia que existió entre Mesoamérica y Europa, fue que, en la primera no existían maquinarias sofisticadas para el proceso de molturación, sin embargo, uno de los alimentos por excelencia de esta región fue el maíz, con características similares a las del trigo, por lo tanto, las herramientas a utilizar para procesar esta semilla fue el uso del metate y el molcajete. Uso de rocas talladas en formas geométricas para generar un trabajo de molturación a través de la fuerza de fricción y de percusión.

Durante el Virreinato y posterior a la conquista, existieron cambios sociales, económicos y políticos que fueron el resultado principal para satisfacer las nuevas necesidades establecidas por los conquistadores introduciendo un control y orden en los conquistados. Sin embargo, siendo culturas completamente diferentes y distantes entre cada una de ellas, la principal necesidad que se tenía era la alimentación, por lo tanto, existieron similitudes en la manera de pensar, ejecutar y crear herramientas que permitieran satisfacer estas necesidades.

Para una mejor comprensión se realizó una clasificación y análisis de los distintos tipos de infraestructura que se presentaron en esta época, así como de los factores económicos, sociales y políticos que se llevaron a cabo durante este periodo, por consiguiente, esta innovación no solo estuvo presente en este ámbito, los cambios

provocados en este territorio se vieron reflejados en la forma de organización social, se establecieron nuevas formas de trabajo por medio de la creación de gremios y cambios en las unidades de medida tanto agrarias como hidráulicas, para establecer un control sobre la posesión de recursos naturales.

La cuenca de México está rodeada por diversas sierras que provocaron los nacimientos de ríos y la formación de lagos y lagunas dependiendo de su tamaño, estos recursos naturales fueron muy importantes ya que, en un inicio formaron parte fundamental para la construcción de infraestructura hidráulica que permitiera el almacenamiento, control y/o distribución de agua para utilizarla como fuente de abastecimiento agrícola y social.

Posteriormente, la introducción del trigo como alimento primordial en la dieta de los españoles, conllevó a la creación de unidades de producción cerealera (haciendas) estableciéndose en los nacimientos de agua, ubicados en las cordilleras de las distintas sierras, montes o mesetas de la cuenca de México y que, en ocasiones, se hallaban infraestructuras prehispánicas que sirvieron para el establecimiento de molinos hidráulicos.

Los diseños de estos molinos no sufrieron cambios, su composición y estructura fue la misma, sin embargo, se tuvieron que adaptar al uso de nuevos materiales procedentes de la región, así como de nuevos sistemas hidráulicos prehispánicos (infraestructura de almacenamiento y conducción) que fueron aprovechados para satisfacer las necesidades de estas maquinarias.

Por lo tanto, estos sistemas hidráulicos prehispánicos conllevaron a una innovación tecnológica de los molinos hidráulicos establecidos en las haciendas del siglo XVI. En la antigua región de Acolhuacan ubicada al oriente de la cuenca de México y que comprendía a los municipios actuales de Acolman, Texcoco y Chimalhuacán, se ubicaron haciendas cerealeras, sus antecedentes históricos se remontan a antiguos lugares para la cosecha y de la ubicación de infraestructuras hidráulicas, con fuentes de abastecimiento perennes o efímeras.

Con la consulta de fuentes bibliográficas, mapas y crónicas históricas se pudo analizar casos análogos que pudieran constatar la presencia de infraestructura hidráulica prehispánica utilizada para la colocación de maquinarias; tal fue el caso de las haciendas

ubicadas en los municipios de Acolman, Tepexpan, Totolcingo, Nexquipayac e Ixtapan como poblados que pertenecieron a la región Acolhuacan, contaban con un sistema de abastecimiento y control de agua a través de la construcción de una presa efímera para poder distribuirla a las zonas de riego. Los canales que constituían a todo este sistema ayudaron a que diferentes molinos fueran alimentados por la fuerza hidráulica que se generaba a través de esta infraestructura.

Para el caso de estudio de la ex hacienda Molino de Flores, se pudo constatar que el lugar donde se implanto un batán, como primera maquinaria hidráulica establecida para la producción de paños, pertenecía a uno de los principales jardines del municipio de Texcoco, cabecera principal de la región Acolhuacan y, por ende, pertenecía a un importante sistema de irrigación constituido por diversos acueductos, canales, infraestructuras de almacenamiento y construcción de terrazas, como áreas que servían para las cosechas, así como de la colocación de distintas especies de plantas que conformaban grandes extensiones de jardines.

Posterior al uso del batán, se estableció un molino hidráulico de rodezno; su única evidencia está constituida por la ubicación de una muela fija, sin embargo, con este vestigio se pudo hacer la reconstrucción hipotética de esta maquinaria, tomando en cuenta la composición general de un molino de rodezno y estableciendo medidas que fueran apropiadas para una correcta composición.

Del mismo modo se pudo realizar una hipótesis sobre el recorrido total de la acequia, ubicando los vestigios que aún se conservan y que permiten establecer la relación que existía con algunos canales prehispánicos, este trayecto conectaba con una primera balsa y dos cubos, ubicados al noreste de la hacienda y que pertenece a la parte superior de todo este conjunto arquitectónico, esta ubicación provocaría la fuerza hidráulica necesaria para seguir con dicho recorrido y llegar hasta el edifico principal del molino, en donde se ubica una última balsa, junto con dos cubos que alimentan al molino.

El establecimiento de maquinarias dio paso a la creación de una cierta tipología en la arquitectura de las haciendas, las actividades que se llevaban a cabo para la producción de trigo eran importantes al momento de diseñar los espacios arquitectónicos, por tal motivo, en esta hacienda también se realizó una hipótesis de los distintos

recorridos que se ejecutaban para el proceso de lavado de la semilla y de los espacios que correspondían a cada actividad a realizar.

Los molinos hidráulicos, establecidos en las haciendas corresponden a un proceso de innovación tecnológica, en donde influyen diversos aspectos; la mano de obra que se utilizó, el uso de materiales procedentes de la región, así como de los recursos naturales que se utilizaron para poder ser accionados. Estas características hacen únicos a los molinos establecidos en gran parte del territorio mexicano, la conjunción de conocimiento de dos culturas permitió elaborar ingenios hidráulicos procedentes de la Nueva España durante el Virreinato.

Toda acción, corresponde a una reacción; sin la creación de estas maquinarias, las haciendas no hubieran existido en gran parte del territorio mexicano, de ahí la importancia de seguir conservando este patrimonio industrial a través de la propagación de conocimiento y de la protección de esta extensa herencia para las futuras generaciones.

Glosario

Aguijón. Inserción de una barra o punta de hierro en el lateral del tronco.

Álabes. Piezas planas de madera sobre las que golpeaba el agua para accionar la rueda y el eje por medio de movimiento de rotación circular.

Aldabarra. Especie de cojinetes de hierro que van sujetos contra los cepos con cuñas de madera que permiten el centrado del martillo.

Alfarje. Estructura de piedra plana que sirve para hacer fricción junto con el rulo para poder triturar y/o machacar la estructura de las aceitunas.

Anillos metálicos. Sirven para poder anclar el palahierro con la maza compuesta de madera y crear el eje que moverá al rodezno con las muelas.

Anillos metálicos. Sirven para poder anclar el palahierro con la maza compuesta de madera y crear el eje que moverá al rodezno con las muelas.

Aspas. También llamados levas, situados a 90° del eje o árbol. En su giro, chocan con uno de los extremos del mango del martillo.

Azuda o rueda vertical. La rueda se constituye de madera de roble por su calidad y dureza, con un diámetro medio que oscila entre 1.5 y 2 metros, con una anchura entre 15 y 20 cm.

Banco. Poyo de madera para poder cargar las muelas.

Barrotes. Huecos o espacios para la colocación de barrotes de madera para hacer girar la muela móvil.

Boca. De forma circular y compuesta por seis hiladas de piedras labradas. La boca se encuentra al nivel de un piso de estuco, ligeramente inclinado para generar un desnivel y que corra el agua hacia el interior del pozo.

Boga. Abrazadera de hierro, dotada de dos extremos salientes (tetas de boga) giran sobre las aldabarras para permitir realizar el centrado del martillo.

Bóveda. Parte estructural en donde se encuentra la subestructura del molino.

Cama. Accesorio de madera que evita que el grano se escape por el hueco de la muela fija.

Canal. Accesorio de salida de harina hacia el harinero.

Canal. Zanja que sirve para almacenar todo el líquido producido por la molienda de las aceitunas.

Canaleta. Recibe el grano que sale de la tolva y después conducirlo a las muelas.

Cárcavo. Bóveda en donde se encuentra la subestructura de un molino hidráulico.

Castillos. Pilares o postes verticales. trabajan como elementos estructurales para soportar y dar firmeza al batan.

Catillus. Muela móvil formado por dos conos huecos, el superior servía de tolva y el inferior, que estaba encajado en la meta, molía el grano cuando giraba.

Cubo. Facilita el giro del árbol en su propio eje, constituido a base de metal.

Dendala. Placa de hierro que va sujeta a un eje o extremo y que sirve para poder levantar el martillo; estas placas son movidas a través de los giros constantes de las dendalas, provocando que el martillo recaiga sobre la incre.

Depósito de grano molido. También llamados levas, situados a 90° del eje o árbol. En su giro, chocan con uno de los extremos del mango del martillo.

Depósito inferior. Está formado por dos componentes estructurales; el primero a base de la composición de muros con piedra labrada junto con una cubierta de estuco, el segundo pertenece al fondo de la estructura constituida por sedimentos naturales o rocas pertenecientes al lugar.

Eje vertical. Elemento vertical que ayuda a elevar el mazo y controlar su movimiento para que no se mueva.

Estuco. Morteros compuestos de piedra caliza aplicada sobre toda la superficie de los chultunes para que no se filtre el agua.

Gorrón. Pieza metálica que facilita el giro del árbol en su propio eje.

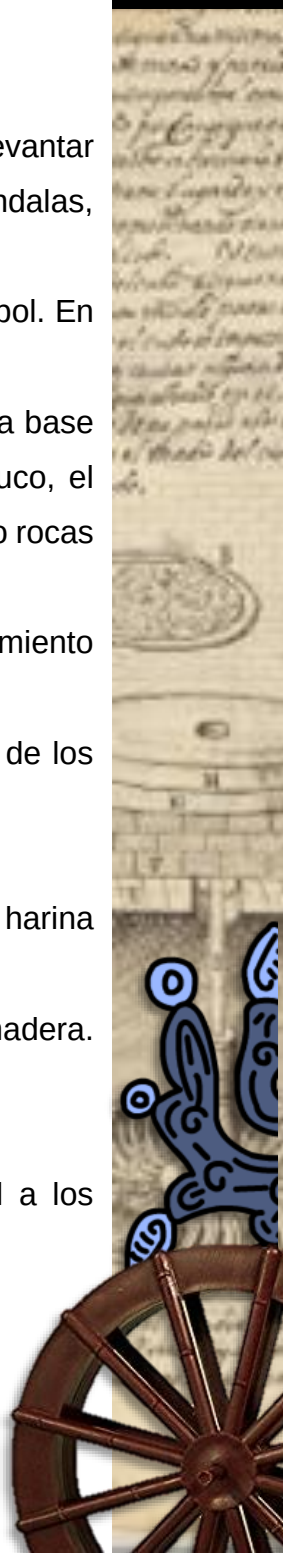
Guardapolvo. Sirve para cubrir las piedras o muelas y poder evitar la pérdida de harina por espolvoreo.

Harinero. Caja de madera que sirve para recibir la harina que cae por el canal de madera.

Hastiales. Estructura de madera que tiene por objetivo la sujeción de los mazos.

Lavija. Pieza de madera que permite montar y fija la muela móvil.

Levadores. Paletas de madera que sirven para ejercer levantamiento vertical a los mazos.



Lieba. Piezas de madera adosadas al eje que sirven para golpear a los sobre hastiales y poder mover los mazos.

Linternilla. Engrane de madera que transmite la energía producida por las aspas horizontalmente a verticalmente para dar movimiento a las muelas.

Lona. Generalmente de algodón, son las que transmiten directamente la energía del viento sobre las aspas.

Malacate. Instrumento a base de madera adosado perpendicularmente al eje o árbol, sirve para sujetar el rulo y crear un movimiento radial.

Maniobrero. También llamados levas, situados a 90° del eje o árbol. En su giro, chocan con uno de los extremos del mango del martillo.

Maza o eje. Parte inferior del eje a base de madera que sirve para la transmisión del movimiento de las muelas.

Mazos. Estructuras cúbicas de madera que colgaban de la parte inferior de los hastiales, solían tener forma alargada, rematando en la superficie escalonada o cóncava por la parte que golpeaba el paño en la pila y en la forma recta por la cara posterior.

Meta. Elemento fijo de forma cónica para facilitar acoplamiento y evitar desplazamientos de la muela móvil o catillus.

Morteros. Tanques almacenadores que sirven para triturar la pólvora por medio de los mazos.

Muelas. Piedras que al momento de hacer fricción entre ellas realizan el proceso de molturación. Uso de muela móvil y muela fija.

Palahierro. Pieza metálica del eje que al girar mueve la muela móvil por medio de la lavija.

Perchas. También llamadas piezas pasantes de madera, de las que colgaban directamente los hastiales, pilotes de soporte para los mazos.

Pila. Artesa de madera recortada en forma de L por le inferior, lo que permitía obtener una superficie horizontal en su parte inferior para depositar el paño.

Pilar. Pilar vertical que sirve de apoyo para sostener el eje o árbol y poder dar vueltas sobre su propio eje.

Puente. Elemento estructural a base de madera para dar rigidez a la maquinaria y al movimiento producido por los mazos.

Rodezno. Rueda horizontal de eje vertical unida a la maza del árbol. El material era de madera.

Rueda catalina. Nombre que se le da a la rueda vertical constituida por dientes que están adosados a ella y que transmiten la energía hacia la rueda horizontal.

Rueda dentada. Nombre que se le da a la rueda vertical constituida por dientes que están adosados a ella y que transmiten la energía hacia la linternilla.

Rulo. Pieza a base de piedra de forma cónica para poder machacar, moler y extraer el aceite de las aceitunas.

Saetín. Conducto de paso para salida de agua.

Sobre hastiales. Cuñas para poder ajustar la altura y disposición del mazo en el hastial.

Sobre pila. Artesa de madera sobre puesta en la pila que sirve como complemento para poder realizar la acción de abatanar los paños.

Tablilla. Estructura de madera que permite golpear la canaleta para facilitar la caída de grano en el ojo de la muela.

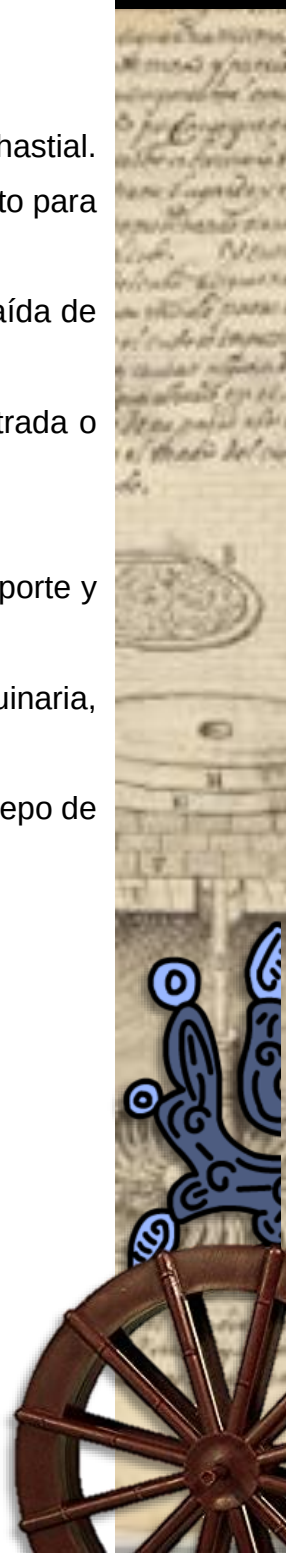
Tapadera. Era irregular y hundida en el interior, tenía el objetivo de tapar la entrada o boca del chultún.

Tolva. Estructura de madera que sirve para recibir y almacenar el grano.

Válvula de alivio. Estructura a base de madera que permite elevar la viga de soporte y por lo tanto juntar o separar las muelas.

Viga de soporte. Elemento de madera que sirve para soportar toda la maquinaria, ubicada en la subestructura del molino.

Yunque. Pieza de hierro de forma de pirámide truncada que va sujeta a un gran cepo de madera enterrado en el suelo de la ferrería.



Bibliografía

Libros

Acuña, Rene (1985), *Relaciones geográficas del siglo XVI: México,* 8t. México, Universidad Nacional de México, Serie Antropológica.

Alonso González, Joaquín Miguel (1993). *Los molinos tradicionales en la provincia de León*. Ediciones Leonesas. España.

Blázquez, Carlos, Tómas Sancho (s.f.) *Obras Hidráulicas en Aragón.* España. Edición Caja de Ahorros de la Inmaculada de Aragón.

Camarero Castellano, Inmaculada (2011). *Los molinos hidráulicos (arha) de cereales en Al-Ándalus. Un estudio multidisciplinar a partir de fuentes jurídicas arabo islámicas.* Fundación Juanelo Turriano.

Cara Barrionuevo, Lorenzo (1996). *Molinos hidráulicos tradicionales de Los Vélez (Almería)*. España. Edición Instituto de Estudios Almerienses.

Carrasco, Pedro (1976), *La sociedad mexicana antes de la conquista. Historia general de México,* Tomo I, México. Colegio de México.

Castillo Ferreras, Víctor Manuel (1972). *Unidades Nahuas de medida.* Sobretiro de estudios de cultura náhuatl. Ciudad de México.

Chanfón Olmos, Carlos (1997), *Historia de la arquitectura y el urbanismo mexicanos*, Vol. II, Tom. I. *El encuentro de dos universos culturales.* Facultad de Arquitectura, División de estudios de posgrado, UNAM, Ciudad de México.

Cruces Carvajal, Ramón y Rafael Campos Arredondo (2000). *Hacienda Molino de Flores…cuatro siglos y medio de historia,* México.

De Alva Ixtlilxochitl, Fernando (s.f.). *Historia de la nación chichimeca,* Linkgua digital.

Desentis y Ortega, Adolfo (1983). Molino de Santo Domingo: relación histórica, México.

Doolittle, William E. (2004). *Canales de riego en el México prehistórico, la secuencia del cambio tecnológico,* Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Engels, Federico (2015). *El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre.* México, DF. Ediciones Quinto sol, S.A.

Escalera Javier, Antonio Villegas (1983). *Los molinos y las aceñas. Diversidad tipológica y criterios de emplazamientos.* Editorial Nacional, Madrid, España.

Espinoza, Víctor, Jaime Collado, Juan Manuel Morales, Josué Hernández (2012). *El gran reto del agua en la ciudad de México. Pasado, presente y prospectivas de solución para una de las ciudades más complejas del mundo.* Sistema de Aguas de la ciudad de México. México.

Flores Peregrina, Diana Eugenia. (s.f.). Las haciendas coloniales del siglo XVIII y su impacto en el desarrollo económico de las entidades en México en el siglo XX.

Galván Rivera, Mariano (1851). *Ordenanzas de tierras y aguas, o sea formulario geométrico-judicial.* Biblioteca autónoma de Nuevo León, Dirección general de bibliotecas, cuarta edición, corregida y aumentada. México.

García Tapia, Nicolás (1989). *Los molinos en el manuscrito de Francisco Lobato, siglo XVI, en Los molinos: cultura y tecnología.* Madrid.

Gibson, C. (1964). The aztecs Under spanish Rule: A history of the Indians of the Valley of Mexico, 1519-1810. Stanford University Press.

Gibson, Charles (s.f.). *Los aztecas bajo el dominio español, 1519-1810,* Siglo XXI EDITORES.

Gonzales Hermoso de Mendoza, Alonso (s.f.) *La innovación: un factor clave para la competitividad de las empresas.* Confederación Empresarial de Madrid-CEOE.

Icaza, Leonardo Lomelí (1985). *Arquitectura para el agua durante el virreinato en México*, *Cuadernos de arquitectura virreinal. (pág. 34-43).* Facultad de arquitectura, UNAM. Ciudad de México.

Icaza, Leonardo Lomelí (1991). *Arquitectura y producción de trigo en la época virreinal en la región de Puebla-Tlaxcala, México*, Gobierno del Estado de Puebla.

Jiménez Vaca, Alejandro (2017). *Las acequias en la cuenca de México.* Ediciones Navarra, Ciudad de México.

Lajo Pérez, Rosina (1990). *Léxico de arte.* Madrid-España. Akal.

Landa, Fray Diego (1982). *Relación de las cosas de Yucatán.* Ediciones Porrúa, México.

Mora Vázquez, Teresa (2007*). Los pueblos originarios de la Ciudad de México: atlas etnográfico.* México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Mumford, Lewis (1998). *Técnica y civilización*. Editorial Alianza, Madrid.

Musset, Alain (1992). *El agua en el valle de México. Siglos XVI y XVII*, México, Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos.

Nelson, Bob (1999). *1001 Ways to Take Initiative at Work.* Workman Publishing Company, Inc. New York.

Nickel Herbert (1978) Soziale Morfologie der mexikanischen Hacienda (Morfologia social de la hacienda mexicana). Wiesbaden, Franz Steiner Verlag.

Pastrana Salcedo, Tarsicio (2012). *Los molinos de Xuchimangas*, Laceria Ediciones.

Pastrana Salcedo, Tarsicio (2016). *Sustentabilidad en la arquitectura del virreinato de la Nueva España. Aportaciones de la ingeniería hidráulica,* Restauro Compás y Canto.

Peña Santana, Patricia, Levi Lattes, Enzo (1989). *Historia de la hidráulica en México: Abastecimiento de agua desde la época prehispánica hasta el Porfiriato.* IMTA. Coordinación de Tecnología Hidráulica. Ciudad de México.

Pomar, Juan Bautista (1941). *"Relación de Tezcoco" en Relaciones de Texcoco y de la Nueva España*, México, Editorial Salvador Chavez Hayhoe.

Rivera Cambas, Manuel (s.f). *México Pintoresco artístico y monumental: vistas, descripción, anécdotas y episodios de los lugares más notables de la Capital y de los Estados. Texcoco. Tomo II*, Imprenta de la Reforma.

Rojas Rábiela, Teresa (1988). *Las siembras de ayer. La agricultura indígena del siglo XVI.* Secretaria de Educación Pública. México, D.F.

Rojas Rábiela, Teresa (2009). *Cultura hidráulica y simbolismo mesoamericano del agua en el México prehispánico.* Centro de investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social. Jiutepec, Moleros, México.

Rojas Rábiela, Teresa, William T. Sanders (1985) *Historia de la agricultura Época prehispánica – Siglo XVI.* Instituto Nacional de Antropología e Historia. Colección Biblioteca del INAH. México, D.F.

Romero De Terreros, Manuel (s.f). *Antiguas haciendas de México,* Patria.

Sábato, Jorge y Michael Mackenzie (1982). La producción de tecnología. Autónoma transnacional. Editorial Nueva Imagen, México.

Semo, Enrique (1976). *Historia del capitalismo en México. Los orígenes, 1521-1763*. Colegio de México, Ciudad de México.

Silva Suarez, Manuel (2008). *El renacimiento: De la técnica imperial y la popular. Real Academia de Ingeniería*. Institución Fernando el católico. Prensas Universitarias.

Solano, Francisco de (1991). *Cedulario de tierras. Compilación. Legislación agraria colonial (1497 - 1820).* Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM. México.

Solano, Guillermo (2010). *Conceptos básicos de innovación.* Editorial Kimpres Ltda. Bogotá.

Torquemada, Fray Juan de, (1975). *Monarquía Indiana, México*, Editorial Porrúa.

Turriano Juanelo (s.f). *Los veintiún libros de los ingenios y de las maquinas I*. Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos Truner, ediciones Turner. Madrid.

Von Mentz, Brígida (1999). *Trabajo, sujeción y libertad en el centro de la Nueva España. Esclavos, aprendices, campesinos y operarios campesinos, siglos XVI-XVIII.* México, CIESAS,

Von Wobeser, Gisela (1983). *La formación de la hacienda en la época colonial. El uso de la tierra y el agua,* Universidad Nacional Autónoma de México.

Tesis

Cortes Caudillo, Luis Enrique, Norma Lydia Guzmán Marcelo, Beatriz Gutiérrez Ávila y Jessica Yasmin Hernández Caballero (2018). *Capilla de San Joaquín, ex hacienda molino de Flores.* Tesis de licenciatura. Escuela superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Tecamachalco.

Fernández Landero, Adriana, David Vázquez García (2014). *Diagnóstico Integral de conservación del parque nacional Molino de Flores, Texcoco, Estado de México.* Tesis de maestría en conservación y restauración de bienes inmuebles. Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Fernández Landero, Adriana, David Vázquez García (2014). Diagnóstico integral de Conservación del Parque Nacional de Flores, Texcoco, Estado de México. Tesis de Maestría. Instituto Nacional de Antropóloga e Historia.

Gómez Gerardo, Víctor (2008). *Los molinos del valle de México, innovaciones tecnológicas y tradicionalismo (siglos XVI-XIX).* Tesis doctoral, México, UAM-Iztapalapa.

León Muñoz, Francisco (2018). *Proyecto de ingeniería básica de una almazara para la producción de 15.000 t/año de aceite de oliva virgen.* Tesis de Licenciatura. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla.

Pastrana Salcedo, Tarsicio (2008). *Agua y Arquitectura. Ingeniería hidráulica Virreinal.* Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de México.

Perea Chairez, Héctor Edgar (2015). *Las haciendas y sus molinos en Chalco-Amecameca, 1679-1784. Molino Hidráulico de la Hacienda Zavaleta*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de México.

Ramírez López, Javier Eduardo (2016). *De tlahtoque a caciques en el altepetl de Tezcoco: Linaje, heráldica y división de tierras (1270-1600).* Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

Rodríguez Yc, José Ruperto (2013). *La molienda en Mesoamérica, formas, funciones, usos y manufactura de los instrumentos, un estudio etnoarqueológico en México.* Tesis de Doctorado. Universidad de Barcelona, facultad de geografía e historia departamento de prehistoria, historia antigua y arqueología.

Terán Trillo, Yolanda Dolores (2008). *El castillo de la Fama. Antiguo Molino de Trigo y Fabrica de Hilados y Tejidos en Tlalpan, México DF, 1612-1936.* Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de México.

Artículos y publicaciones

Alcántara Onofre, Saúl. *El jardín de Nezahualcóyotl en el cerro de Tezcotzinco.* Arqueología mexicana. Volumen X, No. 58, México, 2002. P.59

Alva Ixtlilxochitl, Fernando de. Obras históricas, edición, estudios, introducción y apéndice documental por Edmundo O ‘Gorman. México, UNAM-Instituto de investigaciones Históricas, “Serie de Historiadores y Cronistas de Indias. Vol. 2 (1977).

Álvarez-Areces Miguel Ángel. *Patrimonio Industrial. Un futuro para el pasado desde la visión europea. APUNTES* Volumen 21, No. 1, (2008) :(6-25).

Balcarcel Villagrán, Beatriz. *Depósitos constructivos subterráneos en el escenario Nakbé y El Mirador.* Universidad de San Carlos de Guatemala, proyecto Cuenca Mirador. Foundation for Anthropological Research and Environmental Studies (FARES) (2016). Academia XXII, UNAM, año 7, numero 3 (11-23).

Berthe, Jean Pierre. *El cultivo del “pastel” en Nueva España.* Historia Mexicana. Vol. 9, No. 3, (1960): (340-367).

Camarero Castellano, Inmaculada (2011) Los molinos hidráulicos (arha´) de cereales en al-andalus. Un estudio multidisciplinar a partir de fuentes jurídicas arabo islámicas.

Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y natural, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Paris, 1972.

Cruces Carbajal, Ramón *Construcción de un canal de Texcoco para botar los bergantines de Hernán Cortes año de 1529.* Revista Mexicana de Ciencia Agrícolas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Estado de México, México, (2015): (481-486).

Espinosa Olivares, Rosana. *El molino de Tezcacuaco. Antecedentes de la hacienda Molino de Flores, Texcoco, Estado de México.* Boletín de Monumentos Históricos. Arquitectura para la producción, 25 (2012): (94-108).

Gil Cano, Francisco. *Anatomía especifica de aves: Aspectos funcionales y clínicos.* Universidad de Murcia. (s.f.).

Gonzales Rodrigo, José. *De la conquista a la reforma agraria: tenencia de la tierra y manejo de recursos.* Estudios de Cultura Náhuatl*,* 22 (1994): (443-453).

Gonzales Rodrigo, José. *Manejo de recursos naturales renovables en una comunidad indígena náhuatl.* Estudios de Cultura Náhuatl*,* 22 (1992): (445-459).

González Carmona; Emma, Torres Valladares, Cynthia Itzel. *La sustentabilidad agrícola de las chinampas en el valle de México: Caso Xochimilco*. Revista Mexicana de Agronegocios, vol. 34, enero-junio, 2014, pp 699-709. Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C. Torreón, México.

Icaza, Leonardo Lomelí. *De agua y arquitectura novohispana.* Bitácora de arquitectura. UNAM, 16 (2007): (52-61).

Icaza, Leonardo Lomelí. *El geómetra, instrumento del patrón.* Norba, Revista de Historia. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México. (2005): (65-92).

Ley de salvaguarda del patrimonio urbanístico arquitectónico del Distrito Federal. Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2000.

Long, Janet (s.f) *Tecnología Alimentaria prehispánica.*

López de la Torre, Carlos Fernando. *EL trabajo misional de fray Pedro de Gante en los inicios de la Nueva España.* Fronteras de la Historia. UNAM, Vol. 21, No. 1. (2015): (92-118).

López y Sebastián, L. E., y Río Moreno, J. L. *El trigo en la ciudad de México. Industria y comercio de un cultivo importado* (1521 – 1564). Revista Complutense de Historia De América. Vol. 22. (1996): (33-51).

McClung de Tapia, Emily, Martínez Yrízar, Diana, Ibarra Morales, Emilio y Adriano Morán Carmen Cristina. *Los orígenes prehispánicos de una tradición alimentaria en la Cuenca de México.* Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas. Laboratorio de Paleo etnobotánica y Paleo ambiente, 48-I (2014): (97-121).

Moris Menéndez, Gonzalo. *Ingenios hidráulicos históricos, molinos, batanes y ferrerías.* Ingeniería del agua. Vol. 2 Núm. 4 (1995): (25-41).

Nizgny Tagil Charter for Industrial Heritage. The International Committee for the Conservation of The Industrial Heritage (TICCIH), 2003.

Olivares Orozco, Juan Carlos. *San Nicolás Tlaminca en los siglos XVI y XVII. Movimientos y reacomodos de los pueblos de la sierra: el nacimiento de San Miguel Tlaixpan y la Purificación*. Texcoco Cultural. Vol. 1, Núm. 7, México, septiembre octubre. (2004)

Ortiz Macedo, Luis. *Gremios y cofradías de los arquitectos novohispanos.* Boletín del Instituto de Investigaciones Bibliográficas. Universidad Nacional Autónoma de México. Vol. VII, núm. 1 y 2. (2002): (63-84).

Parque Nacional Molino de Flores Nezahualcóyotl, Espacios Naturales que dan vida.

Pastrana Salcedo, Daniel. Carpinteros de lo prieto en Nueva España. X Congreso Internacional de Molinología, Segovia. (2016): (181-185).

Pulido Salas, María Teresa Patricia. *Tetzcutzingo como reservorio ecológico y jardín botánico de interés bilógico y cultural.* Centro de investigación científica de Yucatán, (s.f)): (195-204).

Reyes Rivas, Roxana. *Modernidad, Modernismo y Tecnología: concepciones y valoraciones.* Instituto Tecnológico de Costa Rica. (2016).

Rojas Rábiela, Teresa. *Las presas de derivación en México: Un caso de persistencia tecnológica prehispánica.* Revista Digital Universitaria. Vol. 12, núm. 10 (2011): (1:14).

Rojas Rábiela, Teresa. *Semblanza Histórica del agua en México.* Las obras hidráulicas en la época prehispánica y colonial. (2009): (9-25).

Sánchez S. Jaime*. La prehistoria agraria en Tlaxcala. Construcción de represas de área. Camaxtli.* Órgano de divulgación de la Asociación Pro- Museo Regional de Antropología e Historia de Tlaxcala, A.C., núm. 4-5, Tlaxcala, oct. (1992): (5-13).

Sanchez Santoveña, Manuel. *El espíritu del lugar y la conservación del patrimonio cultural.* (s.f.) (128).

Santamarina Novillo, Carlos. El Acolhuacan bajo dominio tepaneca. *Un capítulo de la expansión de Azcapotzalco.* Análisis del Museo de América Vol. 14 (2006): (9-6).

Skopyk, Bradley y Diana Martínez Yrízar. *La presa de Acolman: integridad física, vida social e inestabilidad ambiental en el valle de Teotihuacán.* Boletin de monumentos históricos. (2014): (47-66).

Terán Trillo, Yolanda. *Maderos impelidos por la fuerza del agua. Molinos del periodo virreinal. Boletín de Monumentos Históricos.* Tercera época, 27 (2013): (99-110).

Torres Acosta, Andrés A. y José Sosa Padilla. *El ex molino de San Antonio, patrimonio industrial de la ciudad de Querétaro, siglos XVII-XIX.* Boletín de Monumentos Históricos. Arquitectura para la producción, 25 (2012): (109-126).

Anexos

Tabla de equivalencias de una vara castellana

cm	Equivale a	MEDIDA	Vara	Media	Tercia	Cuarta	Sesma	Ochava	Pulgada	Dedo	Paja	Grano	Línea	Punto
84	paso	**Vara**	1	2	3	4	6	8	36	48	144	192	432	5 184
42	1/2 brazo	**Media**		1	1 1/2	2	3	4	18	24	72	96	216	2 592
28	pie	**Tercia**			1	1 1/3	2	2.6	12	16	48	64	144	1 728
21	palmo	**Cuarta**				1	1 1/2	2	9	12	36	48	108	1 296
14		**Sesma**					1	1 1/3	6	8	24	32	72	864
10.5		**Ochava**						1	4 1/2	6	18	24	54	648
2.33	pulgar	**Pulgada**							1	1 1/3	4	5 1/3	12	144
1.75	dedo	**Dedo**								1	3	4	9	108
0.85	paja	**Paja**									1	1 1/3	3	36
0.437	semilla	**Grano**										1	2 1/4	27
0.194		**Linea**											1	12
0.016		**Punto**												1

Tabla de medidas agrarias

Tierras para ganado	Largo	Ancho	Varas cuadradas
Sitio de ganado mayor	5000	5000	25000000
Criadero de ganado mayor	2500	2500	6250000
Sitio de ganado menor	3333 1/3	3333 1/3	11111111 1/9
Criadero de ganado menor	1666 2/3	1666 2/3	2777777 7/9

Tierras para cosecha	Largo	Ancho	C. de tierra	Srte de tierra	F. Maiz	F. Trigo
Caballeria de tierra	552	552	1	4	12	
Media caballeri de tierra	552	552		2	6	
Suerte de tierra	552	276		1	3	
Fanega para siembra de maiz	276	184	1/12		1	
Fanega para siembra de trigo	184	48	1/69			1

Otras	Largo	Ancho	Varas cuadradas
Fundo Legal	1 200	1 200	1 440 000
Solar: casa, venta y molino	50	50	2 500
Hacienda	25 000	5 000	125 000 000

Tabla de medidas de agua

Tabla de datas cuadradas

Medida	LxL Dedos	Buey	Surco	Naranja	Real	Paja
Buey	48 x 48	1	48	144	1 152	20 736
Surco	8 x 6		1	3	24	432
Naranja	8 x 2			1	8	144
Real	2 x 1 1/2				1	18
Paja	1/3 por 1/4					1

Tabla de datas circulares

Medida	Dedo	Pulgada	Cm
Buey	54	40.6	94.5
Surco	7.7	5.86	13.28
Naranja	4.5	3.38	7.8
Real	1.57	1.2	2.7
Paja	0.33	0.25	0.6

Tabla conversión de pulgadas con centímetros

Medida	Pulg	Cm
Buey	40.6	94.5
Surco	5.86	13.28
Naranja	3.3.8	7.8
Real	1.2	2.7
Paja	0.25	0.6

Tabla de equivalencias

Equivalencias	
Pulg.	1.33 dedos
Pulg.	2.33 cm
Dedo	1.75 cm